

Efecto de la aplicación de sustancias húmicas, fúlvicas y fertilización en el desarrollo de plántulas de plátano en vivero

Carlos Andres Barragán Valenzuela

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano

Honduras

Noviembre, 2017

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERIA AGRONÓMICA

Efecto de la aplicación de sustancias húmicas, fúlvicas y fertilización en el desarrollo de plántulas de plátano en vivero

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Carlos Andres Barragán Valenzuela

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2017

Efecto de la aplicación de sustancias húmicas, fúlvicas y fertilización en el desarrollo de plántulas de plátano en vivero.

Carlos Andres Barragán Valenzuela

Resumen. Estudio realizado en la unidad de Ornamentales, plántulas y propagación de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. El objetivo del estudio fue determinar el efecto de aplicación de sustancias húmicas, fúlvicas y la interacción con el plan de fertilización convencional, en el desarrollo vegetativo y radicular de plántulas de plátano (*Musa paradisiaca* L.), variedad curaré enano en vivero. Se realizaron ocho tratamientos con un arreglo en bloques completamente al azar (BCA). Se aplicaron 25 mL·planta⁻¹ de ácido húmico cada quince días al sustrato cuatro aplicaciones, 3 mL·L⁻¹ de ácido fúlvico foliarmente cuatro aplicaciones y fertilización al sustrato. Se utilizó un arreglo factorial 2 × 2 × 2 con tres factores. En altura de la planta, diámetro del tallo y peso de raíces, los mejores resultados fueron al utilizar ácido fúlvico y la interacción de ácido húmico con ácido fúlvico y fertilización. Usar ácido húmico con fertilización no causa ningún beneficio, pero el utilizarlos por si solos mostró resultados desfavorables. La combinación de ácido fúlvico con fertilización demostró que usar solo ácido fúlvico mejora el peso de raíces y la interacción no es favorable sobre esta variable. La combinación ácido húmico y fúlvico logró mayor número de raíces, solo usar ácido fúlvico no tuvo diferencia significativa y solo ácido húmico mostró menor número de raíces. Este efecto se elimina al hacer la combinación con ácido fúlvico. Se demostró que el uso de ácido fúlvico favorece desarrollo vegetativo y radicular de plántulas de plátano.

Palabras clave: Cormo, cloruro de potasio (KCl), curaré enano, fosfato diamónico (DAP), urea.

Abstract. Study carried out at the Ornamental, seedlings and propagation unit of the Panamerican Agricultural School, Zamorano, Honduras. The objective of the study was to determine the effect of application of humic, fulvic substances and the interaction with the conventional fertilization plan, of the vegetative and radicular development of plantain (*Musa paradisiaca* L.), variety small curaré in a nursery. Eight treatments were performed with a completely randomized arrangement (BCA). 25 mL · plant⁻¹ of humic acid was applied every fifteen days to the substrate four applications, 3 mL · L⁻¹ of fulvic acid foliarly four applications and fertilization to the substrate. A 2 × 2 × 2 factorial arrangements were used with three factor. In plant height, stem diameter and root weight, the best results were using fulvic acid and the interaction of humic acid, fulvic acid and fertilization. Using humic acid with fertilization causes no benefit, but using them alone showed unfavorable results. The combination of fulvic acid with fertilization showed that using fulvic acid only improves root weight and the interactions is not favorable on this variable. The combination humic and fulvic acid achieved greater number of roots, only using fulvic acid had no significant difference and only humic acid showed fewer roots. This effect is eliminated by combining with fulvic acid. It was shown that the use of fulvic acid favors the vegetative and radicular development of plantain seedlings.

Key words: Cormo, diamonic phosphate (DAP), small curaré, potassium chloride (KCl), urea.

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de Cuadros	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. METODOLOGÍA.....	4
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	8
4. CONCLUSIÓN.....	14
5. RECOMENDACIONES	15
6. LITERATURA CITADA.....	16

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadros	Página
1. Aplicaciones de ácidos utilizados en plántulas de plátano variedad curaré enano en la EAP Zamorano con sus respectivos días de aplicación y dosis utilizadas..	5
2. Plan de fertilización utilizado en plántulas de plátano variedad curaré enano en la EAP Zamorano con sus respectivas cantidades y días de aplicación.	5
3. Descripción de los tratamientos en la evaluación de la aplicación de ácido húmico, fúlvico y fertilización en plántulas de plátano variedad curaré enano en la EAP Zamorano.	6
4. Prueba de significancia en las variables altura, diámetro tallo, número de raíces y peso de las raíces, en plantas de plátano en vivero 120 días después de siembra en el lote de ornamentales, plántulas y propagación de la EAP Zamorano.	8
5. Efecto de la aplicación de ácido húmico × ácido fúlvico × fertilización sobre la altura, diámetro del tallo y peso de raíces de las plantas de plátano variedad curaré enano 120 días después de siembra en la EAP Zamorano.	12
6. Efecto de la aplicación de ácido húmico × fertilización sobre la altura, diámetro del tallo, número y peso de raíces de las plantas de plátano variedad curaré enano 120 días después de siembra en la EAP Zamorano.	13
7. Efecto de la aplicación de ácido fúlvico, sobre la altura, diámetro de tallo, número y peso de raíces de las plantas de plátano variedad curaré enano 120 días después de siembra en la EAP Zamorano.	13
8. Efecto de la aplicación de ácido húmico × ácido fúlvico sobre el número de raíces y ácido fúlvico × Fertilización en el peso de raíces de las plantas de plátano variedad curaré enano 120 días después de siembra en la EAP Zamorano.	13

1. INTRODUCCIÓN

El plátano (*Musa paradisiaca* L.) es una planta herbácea perteneciente a la familia Musáceas, cultivo muy importante en el trópico americano y diferentes zonas cálidas del mundo (Álvarez et al. 2013). Se origina en el sureste asiático, introducido al continente americano por los europeos, actualmente es un cultivo con amplia distribución geográfica en los trópicos y subtropicos debido a su adaptación en diferentes condiciones climáticas, sin embargo cabe destacar que la mayoría de plantaciones comerciales son encontradas en los trópicos húmedos (Cedillos y Berríos 2002).

La planta de plátano está compuesta de un tallo subterráneo llamado cormo, del cual brota un pseudotallo aéreo, el cormo emite raíces y yemas laterales lo cual forma nuevos colinos o hijuelos (Lardizabal 2007). Existen dos tipos de colinos en plátano, el primero son los hijos de espada llamados así por su forma al momento de iniciar su desarrollo vegetativo, estos brotan de yemas aderidas al cormo de la planta madre y aprovechan todos los nutrientes de esta para remplazar a la planta madre una vez cumplido su ciclo productivo, estos hijos son comúnmente utilizados para realizar nuevas plantaciones en forma directa. El segundo tipo son llamados hijuelos de agua, los cuales brotan de forma individual alejados de la madre y desarrollan su propio sistema radicular utilizados comunmete para viveros (Coto 2009).

La materia orgánica es de gran importancia ya que aporta a la productividad de los suelos y pueden tener diversos usos en la agricultura. Muchos de los efectos de la materia orgánica han sido bien documentados científicamente, pero en algunos casos, están tan íntimamente asociados a otros factores del suelo, que es difícil atribuirlos en exclusiva a la materia orgánica (Payeras 2011). El término humus es utilizado como sinónimo de materia orgánica, o para referirse a toda la materia orgánica descompuesta presente en el suelo, incluidos los ácidos húmicos (FAO 2005).

En el campo de la ciencia que estudia la naturaleza del suelo, el término humus se utiliza sólo para las sustancias húmicas, ácidos húmicos formados por sustancias complejas que permanecen en el suelo después de la descomposición de los residuos orgánicos. Los ácidos fúlvicos están ligados a los macroagregados. Los azúcares, los aminoácidos y los fosfolípidos son las fuentes de nitrógeno, fósforo y azufre para los microorganismos y el crecimiento de las plantas (Restrepo et al. 2014).

La importancia de los ácidos húmicos en el suelo radica en el mantenimiento de cationes en forma disponible para las plantas, además de favorecer su transporte hacia la raíz (Serrano et al. 2015). Las diferentes prácticas de mejoramiento en la nutrición con aplicaciones húmicas y fúlvicas ayudaran a los productores de plátano a obtener mejor

rendimientos y con esto obtener mejoras en producción y manejo de cormos de plátano (Doblado 2015).

Los ácidos húmicos son una mezcla de ácidos orgánicos con cadenas de carbono débiles y compuestos anillados aromáticos, los cuales no logran ser solubles en agua bajo condiciones de acidificación, pero si logran ser solubles en agua cuando se encuentran en condiciones alcalinas. Son la fracción de sustancias húmicas las cuales se precipitan en soluciones acuosas cuyo pH se encuentra por debajo de dos, además son polidispersores térmicos debido a sus características químicas muy variables (Albert 2015). Aproximadamente el 35% de las moléculas de los ácidos húmicos son aromáticas es decir anillos de carbono, mientras que el componente residual son moléculas alifáticas es decir son cadenas de carbono. Tienen un peso molecular que se encuentra alrededor de 10000 a 100000, los diferentes polímeros de estos ácidos se mezclan con arcillas para así formar compuestos orgánicos de arcilla estables (Escobar 2015).

El poro periférico en un polímero de ácido húmico es capaz de acomodar de manera sencilla químicos orgánicos, sintéticos y naturales, estos ácidos son capaces de formar fácilmente sales con elementos minerales traza inorgánicos. Al realizar un análisis de extractos de ácidos húmicos que ocurren de manera natural se puede revelar la presencia de cantidades mayores a 60 elementos minerales presentes (Tene 2016). Estos elementos traza se encuentran unidos a las moléculas de los ácidos húmicos de tal forma que estos puedan ser utilizados por varios organismos vivos. Como resultado se tiene que la función de los ácidos húmicos es de gran importancia como los diferentes sistemas de intercambio de iones y sistemas quelatantes como los metales complejos (Pettit 2012).

Los ácidos fúlvicos son la mezcla de ácidos orgánicos alifáticos débiles y aromáticos los cuales son solubles en todas las condiciones de pH ya sea ácido, neutro u alcalino. La composición y forma es muy variable, en comparación con los ácidos húmicos, los ácidos fúlvicos son más pequeños, con un peso molecular que va desde 1000 a 10000 (Rodríguez 2009). Además, contienen una cantidad de oxígeno que es dos veces mayor a que contienen los ácidos húmicos, también contienen muchos más grupos hidroxilos (COH) y carboxílicos (COOH). En consecuencia, a esto son compuestos químicamente más reactivos. La capacidad de intercambio anicónico y catiónico es el doble que la que presentan los ácidos húmicos, esta capacidad tan alta de intercambio es debido al número total de grupos carboxilos que se encuentran presentes (Ron 2004).

El número de carboxilos presentes en los ácidos fúlvicos se encuentra entre 520 a 1120 cmol (H⁺) /kg. Estos son colectados de diferentes lugares y que son sometidos a diferentes procesos de análisis, no muestran presencia de grupos de metoxi (CH₃). Estos ácidos tienen una carga menor de fenoles y compuestos aromáticos al ser comparados con los ácidos húmicos los cuales son extraídos de el mismo lugar (Russo et al. 1994). Debido al tamaño menor que tienen son capaces de permeabilizar más rápido las membranas de los tallos hojas y raíces de las plantas. Una vez son aplicados de manera foliar permiten que los minerales traza se transporten directamente a lugares metabólicos dentro de las células de las plantas. Además, son el compuesto quelatante el cual contiene el carbón más efectivo que se conoce. Son muy compatibles con las plantas no son tóxicos, al ser aplicados en concentraciones bajas (Sánchez y Juárez 2000).

Objetivo:

- Determinar el efecto de aplicación de sustancias húmicas, fúlvicas y la interacción con el plan de fertilización convencional en el desarrollo vegetativo y radicular de plántulas de plátano (*Musa paradisiaca* L.), variedad curaré enano en vivero.

2. METODOLOGÍA

Localización. El estudio se desarrolló entre los meses de mayo a agosto del 2017 en la unidad de ornamentales de la Escuela Agrícola Panamericana (EAP), Zamorano, ubicada en el valle del río Yeguaré, Departamento de Francisco Morazán, a 32 km NE de Tegucigalpa, Honduras, a una altura de 800 msnm, temperatura promedio en los meses del experimento de 24°C y una precipitación de 390 mm.

Recolección de cormos. Se recolectó cormos de los lotes de producción Zorrales 7 y lotes 0-5 de zona 2 de la EAP con un peso entre 250 y 400 g (Belalcázar 2002) y fueron transportados a la unidad de ornamentales, plantulas y propagación dentro de la misma universidad.

Preparación del sustrato. Para este experimento se utilizó el medio que usualmente utiliza la unidad de ornamentales, plántulas y propagación de la EAP. El cual consta de 28.6% tierra, 14.3% arena, 28.6% casulla de arroz, 28.6% compost y dos libras de cal como regulador de pH.

Desinfección del sustrato. Se aplicó el fungicida Prevalor sl 840; antes de la siembra, un día después de la siembra y treinta días después de la siembra en drech. para evitar la contaminación del medio, se utilizó una concentración de 2 ml·L⁻¹ de agua.

Calibración de equipo de aplicación. Se utilizó un pulverizador manual de 750 ml, se llenó de agua y se asperjó a nueve plantas, se tomó el número de veces que se presiono el pulverizador hasta cubrir las nueve plantas hasta punto de rocío. Se repitió el proceso cinco veces y se anotó de la cantidad de compresiones. Se realizaron calculos necesarios para obtener la media de compresiones necesario para asperjar nueve plantas. El procedimiento se ejecuto en cada aplicación.

Aforo del equipo de aplicación. Se depositó agua en el pulverizador, en una probeta se presionó el pulverizador el promedio de veces obtenido en la calibración. Se midió la cantidad de agua asperjada, se repitió el procedimiento cinco veces y se tomó nota de las cantidades. Se calculó la media de suspensión necesaria para asperjar las nueve plantas. El procedimiento se ejecutó en cada aplicación.

Preparación del ácido húmico. Se mezclaron 25 mL de agua más 25 mL de ácido húmico en un recipiente, luego se aplicó la solución en el sustrato de cada planta.

Preparación del ácido fúlvico. Se mezclaron 3 mL de producto en 1 L de agua, y se aplicó la mezcla a las plantas en forma foliar, utilizando un pulverizador manual.

Fertilización foliar. Como parte del manejo del cultivo se hizo una aplicación foliar de fertilizante triple veinte a los 90 días después de la siembra. Se utilizó una solución al 0.5% de triple veinte diluidos en agua.

Aplicación de ácido húmico. Se aplicó la suspensión previamente preparada al sustrato con una probeta. Se realizaron cuatro aplicaciones, una a la siembra y posteriormente cada quince días después de la siembra (Cuadro 1).

Aplicación de ácido fúlvico. Se aplicó la suspensión previamente preparada de manera foliar con el pulverizador. Se aplicó cada quince días después de que la planta hubo emitido cuatro hojas sin contar la hoja bandera a 60 días después de la siembra. Se realizaron cuatro aplicaciones, se utilizó una pantalla para evitar la deriva del producto hacia otros tratamientos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Aplicaciones de ácidos utilizados en plántulas de plátano variedad curaré enano en la EAP Zamorano con sus respectivos días de aplicación y dosis utilizadas.

Días de aplicación (DDS)	Ácido húmico (mL·planta ⁻¹)	Ácido fúlvico (mL·L ⁻¹)
0	25	0
15	25	0
30	25	0
45	25	0
60	0	3
75	0	3
90	0	3
105	0	3

DDS: Días después de siembra.

Fertilización. Para la fertilización de los tratamientos se siguió un plan establecido basado en la tesis de (Samudio 2010) modificado por el autor el cual se muestra en el (Cuadro 2).

Cuadro 2. Plan de fertilización utilizado en plántulas de plátano variedad curaré enano en la EAP Zamorano con sus respectivas cantidades y días de aplicación.

Fertilizante	Cantidad (g)	Días fertilización (DDS)
DAP (18-46-0)	50	0
Urea (46-0-0)	6	15
Urea (46-0-0) + KCl (0-0-60)	6+6	30
Urea (46-0-0) + KCl (0-0-60)	6+6	45
Urea (46-0-0) + KCl (0-0-60)	12+12	105

Adaptado de (Samudio 2010)

VARIABLES MEDIDAS. Para determinar el efecto de los tratamientos en el vivero se midieron cuatro variables las cuales se describen a continuación:

Altura de la planta. Medido en centímetros, para lo cual se utilizó una regla de 100 cm: medido desde el inicio del tallo hasta la intersección donde inicia la hoja candela.

Diámetro del tallo. Medido en milímetros, se utilizó vernier o pie de rey a cuatro centímetros la base de la planta.

Número de raíces. Se extrajeron las plantas de las bolsas con sumo cuidado, para eliminar todo el sustrato y se dejó la planta sin rastros del mismo. Luego se contó el número de raíces procedentes del cormo.

Peso húmedo de la raíz. Medido en gramos, se cortó el tallo de la planta, se lavó la raíz con abundante agua para eliminar restos de sustrato en la raíz. Se esperó cinco minutos para que la raíz seque y se colocó en una balanza para tomar la medición.

Tratamientos. Para evaluar el efecto de los ácidos húmicos, fúlvicos y fertilización en el desarrollo de plántulas de plátano se realizaron combinaciones de los tres productos, tomando en cuenta que la aplicación de ácido húmico y fertilizantes fue dirigida al sustrato y el ácido fúlvico es foliar (Cuadro 3).

Cuadro 3. Descripción de los tratamientos en la evaluación de la aplicación de ácido húmico, fúlvico y fertilización en plántulas de plátano variedad curaré enano en la EAP Zamorano.

Ácido húmico	Ácido fúlvico	Fertilización
presente	ausente	ausente
ausente	presente	ausente
presente	presente	presente
ausente	ausente	presente
ausente	ausente	ausente
presente	presente	ausente
presente	ausente	presente
ausente	presente	presente

Diseño experimental. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (B.C.A) con un arreglo factorial $2 \times 2 \times 2$ con tres factores y dos niveles donde el primer factor fue: ácido húmico (presencia y ausencia), el segundo factor fue ácido fúlvico (presencia y ausencia) y el tercer factor fue fertilización (presencia y ausencia), con ocho tratamientos, cuatro repeticiones. La unidad experimental estaba constituida por nueve plantas donde cada una de ellas era una unidad observacional, un total de doscientas ochenta y ocho plantas para el estudio.

Análisis estadístico. Se realizó un modelo lineal general (GLM) para obtener los niveles de significancia de los tratamientos, una separación de medias con LSMeans para las interacciones y un test de Tukey para los factores individuales del paquete estadístico (SAS® 2014) “Statistical Analysis System”; se exigió un nivel de significancia de $P \leq 0.05$.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El efecto de los tratamientos y sus interacciones en la altura de plántulas de plátano variedad curaré enano muestran un nivel de significancia del ácido fúlvico y de las interacciones ácido húmico × fertilización y la interacción triple de los factores. En el diámetro de tallo muestran un nivel de significancia el ácido fúlvico, las interacciones ácido húmico × fertilización y la interacción triple de los factores. En el número de raíces muestran un nivel de significancia el ácido fúlvico, ácido húmico × ácido fúlvico y ácido húmico × fertilización. En el peso de raíces muestran un nivel de significancia el ácido fúlvico, ácido húmico × fertilización, ácido fúlvico × fertilización y la interacción triple de los factores. Las variables se pueden apreciar en el cuadro de significancia (Cuadro 4). Cada interacción que muestre significancia será discutida a continuación.

Cuadro 4. Prueba de significancia en las variables altura, diámetro tallo, número de raíces y peso de las raíces, en plantas de plátano en vivero 120 días después de siembra en el lote de ornamentales, plántulas y propagación de la EAP Zamorano.

Tratamientos	Variable			
	Altura	Diámetro tallo	Número de raíces	Peso raíces
Ácido húmico	ns	ns	ns	ns
Ácido fúlvico	***	***	***	**
Fertilización	ns	ns	ns	ns
Ácido húmico × Ácido fúlvico	ns	ns	**	ns
Ácido húmico × Fertilización	***	***	**	***
Ácido fúlvico × Fertilización	ns	ns	ns	**
Ácido húmico × Ácido fúlvico × Fertilización	**	**	ns	***

ns: no significativo. **: moderadamente significativo ($P < 0.05$). ***: altamente significativo ($P \leq 0.0001$).

Altura. La mayor altura de planta se encontró con la aplicación de ácido fúlvico y no tuvo diferencia significativa con la combinación triple de los factores. La aplicación de fertilizante retrasa el crecimiento bien sea solo, o con aplicación de ácidos húmicos o ácidos fúlvico. Este efecto se elimina si aplica la fertilización junto con los dos ácidos. El uso de ácido fúlvico solo o en combinación con ácido húmico y fertilización promueve el crecimiento de las plántulas de plátano variedad curaré enano. Estos datos concuerdan con (Sánchez y Juárez 2000), quienes comprobaron que aplicar ácidos fulvicos de manera foliar

en plantas de tomate y encontraron diferencias significativas en su estudio, demostrando que los ácidos fúlvicos influyen de manera directa al desarrollo de los cultivos. Además, demuestra que los mejores resultados son los que proceden de la extracción de la leonardita. Albet (2015) menciona que el usar ácidos fúlvicos aplicados de manera foliar tienen un mayor efecto en el desarrollo vegetativo de las plantas.

La interacción ácido húmico \times fertilización no genera efecto en la altura de las plántulas de plátano curaré enano. La aplicación independiente de fertilizante como ácido húmico al sustrato no tiene un efecto positivo sobre la altura de las plantas (Cuadro 6). Se infiere que el uso del ácido húmico y fertilizante no tienen un efecto positivo al ser usados por sí solos y no promueven al desarrollo de altura de las plántulas. Estos resultados se asemejan con (Sánchez y Juárez 2000) que compara diferentes fuentes de ácidos húmicos y fúlvicos en plantas de tomate y muestra resultados desfavorables al usar ácidos húmicos de extractos botánicos como es el caso de este estudio. Por lo cual el usar este ácido y la fertilización por sí solos resulta desfavorable e incluso puede retasar el crecimiento de las plantas.

El ácido fúlvico tiene un efecto significativo sobre la altura de plántulas de plátano variedad curaré enano. Ya que se aprecia una mayor altura al aplicar ácido fúlvico de manera foliar (Cuadro 7), lo cual concuerda con los estudios de Pettit (2012); Escobar (2015), quienes mencionan que el uso de ácidos fúlvicos aplicados de manera foliar promueve el crecimiento vegetativo de las plantas, ya que son sustancias que contienen el doble de oxígeno que los ácidos húmicos, por lo cual mejora sus funciones bioactivadoras y la absorción de nutrientes por parte de la planta. Además (Russo et al. 1994) demuestran que el uso de ácidos fúlvicos promueve el crecimiento de tallos, hojas y raíces por lo cual se presentan los resultados en este estudio que es el ácido fúlvico el promotor de raíces para las plantas mostrando los resultados más favorables cuando este ácido es usado.

Sánchez y Juárez (2000) mencionan que el ácido fúlvico tiene una relación directa con el funcionamiento de los tejidos y órganos de las plantas. Los resultados al usarlos son muy benéficos, debido a que las sustancias que lo componen logran almacenarse en los puntos de crecimiento de las plantas, y dan una mayor turgencia a las células alargando y engrosando los tallos, mejorando las funciones fisiológicas de las plantas y un desarrollo óptimo de todos los tejidos y órganos de la planta.

Pettit (2012) menciona que los ácidos fúlvicos aplicados al follaje pueden accionar rápidamente la entrada de nutrientes a las raíces, tallos y hojas de las plantas debido a tamaño de sus moléculas y su composición. Además, estos ácidos hacen que las plantas lleven minerales traza a lugares metabólicos que se encuentran en las células de las plantas y la superficie de los tejidos mejorando su desarrollo vegetativo. Los ácidos fúlvicos pueden llegar a ser un ingrediente clave de estimuladores para las fertilizaciones foliares de alta calidad. Mesa et al. (1992) mencionan que los ácidos fúlvicos aplicados al follaje ayudan a la absorción de nutrientes los cuales contienen minerales quelatados, los cuales en estados específicos de la planta estos pueden ser usados como una técnica de producción primaria para la maximización de la capacidad productiva de estas, concordando que el uso de ácidos fúlvicos es un impulsador de crecimiento de planta.

Diámetro del tallo. La combinación de ácido húmico × ácido fúlvico × fertilización desarrolla mayor diámetro de tallo y no difiere significativamente al usar solo el ácido fúlvico. La aplicación de fertilizante no promueve el engrosamiento del tallo ya sea aplicado solo, o en combinación con los ácidos. Se concluye que el uso del ácido fúlvico solo o en combinación con fertilización y ácido húmico promueve el desarrollo en el diámetro de las plántulas de plátano variedad curaré enano (Cuadro 5). Estos datos concuerdan con Rodríguez (2009) el cual utilizó ácidos húmicos y fúlvicos para bioestimular el desarrollo de cacao, encontrando que el uso de ácido fúlvico aplicado foliarmente influye en el desarrollo del diámetro de las plantas.

La interacción ácido húmico × fertilización no genera efecto sobre la altura y diámetro de tallo de las plántulas de plátano curaré enano. La aplicación tanto de fertilizante como ácido húmico al sustrato no tiene un efecto positivo, este efecto se puede eliminar al utilizar o no la combinación de estos. Se infiere que el uso del ácido húmico y fertilizante no tienen un efecto positivo al ser usados por si solos y no promueven al desarrollo del diámetro de tallo de las plántulas (Cuadro 6). Estos resultados se asemejan con (Sánchez y Juárez 2000) que compara diferentes fuentes de ácidos húmicos y fúlvicos en plantas de tomate y muestra resultados desfavorables al usar ácidos húmicos de extractos botánicos como es el caso de este estudio. Por lo cual el usar este ácido y la fertilización por si solos muestra resultados desfavorables e incluso puede retasar el crecimiento de las plantas.

El ácido fúlvico tiene un efecto significativo sobre el diámetro de tallo de plántulas de plátano variedad curaré enano. Donde se aprecia un mayor diámetro de tallo al aplicar ácido fúlvico de manera foliar (Cuadro 7).

Rodríguez (2009) menciona que el uso de ácidos fúlvicos en plantas mejora el desarrollo, además demuestra que las plantas tratadas con extractos fúlvicos tienen un mayor grosor. Los ácidos fúlvicos al tener moléculas de menor tamaño en comparación con los ácidos húmicos pueden ser usados de manera foliar, al estar presentes en la planta inician a regular algunos procesos de crecimiento y desarrollo. El uso de los ácidos fúlvicos incrementan el rendimiento y crecimiento de las plantas.

Número de raíces. La combinación de ácido húmico × fertilización no tiene influencia alguna sobre el número de raíces, la aplicación tanto del ácido húmico como la fertilización no muestran una diferencia significativa. Sin embargo el utilizar por separado cada factor causa un menor número de raíces. Este efecto puede ser eliminado al utilizar o no la combinación de ácido húmico y fertilización (Cuadro 6). Se concluye que la ausencia o presencia de la combinación mencionada aumenta el número de raíces, pero el utilizar solo un factor es desfavorable para el número de raíces. Estos datos concuerdan con (Sánchez y Juárez 2000) el cual al utiliza ácidos húmicos de extractos botánicos a dosis recomendadas por el fabricante y logran encontrar diferencias significativas con el control llegando a obtener resultados negativos en el uso de este ácido.

Los resultados al aplicar ácido fúlvico foliar muestra un efecto significativo número de raíces de plántulas de plátano variedad curaré enano. Donde se aprecia un mayor número de raíces al aplicar este ácido (Cuadro 7).

La combinación ácido húmico × ácido fúlvico generan mayor número de raíces, pero no tiene diferencia significativa al utilizar el ácido fúlvico solo. La aplicación de esta combinación promueve el aumento de raíces, la ausencia de estos dos ácidos disminuye el desarrollo del número de raíces, pero el solo utilizar ácido húmico hay una menor producción de raíces. Este efecto se elimina al hacer la combinación con ácido fúlvico, se puede inferir que el uso de ácido fúlvico promueve el número de raíces de plántulas de plátano variedad curaré enano (Cuadro 8). Estos datos concuerdan con (Sánchez y Juárez 2000) en el que menciona que el ácido húmico de extractos botánicos tiende a detener el desarrollo radicular de las plantas y causa un efecto negativo en el desarrollo de número de raíces.

Peso de raíces. La aplicación tanto de fertilizante como de ácido húmico no promueve el peso en las raíces, ya sean aplicados solos o en combinación con el ácido fúlvico. El ácido fúlvico promueve el desarrollo de peso radicular no así combinado con ácido húmico y/o fertilización o las combinaciones de los tres. Este efecto se elimina al aplicar solo ácido fúlvico de manera foliar, se infiere que el uso de ácido fúlvico promueve el peso radicular de las plántulas de plátano variedad curaré enano (Cuadro 5). Estos datos son muy similares los obtenidos por (Sánchez y Juárez 2000) ya que en su estudio menciona que la mejor manera de promover el crecimiento de plantas es con ácido fúlvico y que la mejor forma de aplicación de este es foliar.

La combinación ácido húmico × fertilización demuestra que al tener ausencia de estos se obtiene el mayor peso de raíces en plántulas de plátano variedad curaré enano. Sin embargo, al tener ausencia del ácido húmico en la combinación se obtiene resultados desfavorables para el peso de raíces. Este efecto se puede eliminar al utilizar ácido húmico por si solo o en combinación con fertilización. Se infiere que el no uso de ácido húmico × fertilización promueve ganancia de peso en las raíces (Cuadro 6).

Los resultados obtenidos al aplicar el ácido fúlvico foliar tiene un efecto significativo sobre el peso de raíces de plántulas de plátano variedad curaré enano. Donde se aprecia un mayor peso de raíces aplicar ácido fúlvico (Cuadro 7) concordando con (Tene 2016).

La combinación ácido fúlvico × Fertilización demuestra que el usar ácido fúlvico tiene el mayor peso de raíces, y la combinación de estos factores no tiene un efecto positivo en el peso de las raíces, ya que se tiene un mayor peso de raíces al no usarlos juntos. Se puede inferir que el uso de ácido fúlvico es un promotor del peso de raíces, estos datos concuerdan con (Sánchez y Juárez 2000) en el cual menciona que el usar ácido fúlvico de manera foliar mejora el desarrollo y materia seca de la planta. Sin embargo, el solo utilizar fertilización presenta los resultados más bajos lo cual no concuerda con los datos obtenidos por (Albert 2015) ya que en su estudio si encuentra diferencias significativas al utilizar fertilización en plantas de tomate. Esto puede ser debido a la fuente de fertilizantes utilizada en el estudio ya que el utiliza nitrato de amonio y en este estudio se utilizo urea por lo cual puede ser un factor de diferencia entre estudios (Cuadro 8).

Serrano et al (2015) los ácidos húmicos y fúlvicos son excelentes portadores para realizar una aplicación de fertilizante foliar y también son activados de diferentes procesos metabólicos y enzimáticos. La aplicación de estos ácidos en combinación con macro

elementos u oligoelementos y otras fuentes de nutrientes para la planta de manera foliar, puede mejorar el crecimiento de raíces, frutos y follaje de las plantas. Al aumentar el desarrollo de crecimiento en la planta, dentro de las hojas se inicia un proceso de aumento en el contenido de carbohidratos en las raíces, tallos y hojas (Cuadro 8).

Mesa et al (1992) las moléculas de origen orgánico tienen capacidad de absorber diferentes elementos en su estado iónico y así mantener los nutrientes de manera que la planta pueda asimilarlos. Además, las moléculas en las cuales se encuentran retenidos tienen un tamaño menor por lo cual facilita su paso a las membranas de la raíz. Actuando como un mecanismo de transporte de los elementos necesarios. El cual origina un balance adecuado en la toma de los nutrientes por parte de la planta, logrando así un mejor desarrollo y una disminución en el uso de macro y micro elementos.

Pettit (2012) menciona que al utilizar ácidos fúlvicos la energía del metabolismo de las plantas se acelera y el contenido de clorofila en las hojas se aumenta debido a la presencia de sustancias fúlvicas. Con lo mencionado al aplicar ácidos fúlvicos a las hojas se obtiene un aumento en el contenido de clorofila y por ende hay un aumento correlacionado en la captación de oxígeno. El desarrollo de la clorofila es mayor en presencia de ácidos fúlvicos aplicados de manera foliar, ya que, con la ayuda de estos aumenta la concentración de ácidos ribonucleicos mensajeros (ARN m) en las células vegetales. El ARN mensajero es esencial para realizar un sinnúmero de procesos bioquímicos dentro de la célula, la activación de varios procesos bioquímicos es el resultado de un aumento en la síntesis de enzimas y del contenido de proteínas de las hojas y raíces.

Cuadro 5. Efecto de la aplicación de ácido húmico × ácido fúlvico × fertilización sobre la altura, diámetro del tallo y peso de raíces de las plantas de plátano variedad curaré enano 120 días después de siembra en la EAP Zamorano.

Tratamientos			Altura (cm)	Diámetro tallo (mm)	Peso de raíces (g)
Húmico al sustrato	Fúlvico foliar	Fertilización al sustrato			
ausencia	ausencia	ausencia	23.0 b [¥]	26.8 bc	342.9 b
ausencia	ausencia	presencia	20.1 c	22.8 d	205.4 d
ausencia	presencia	ausencia	27.7 a	30.8 a	425.5 a
ausencia	presencia	presencia	22.4 bc	25.5 c	245.9 cd
presencia	ausencia	ausencia	23.5 b	28.4 b	342.2 b
presencia	ausencia	presencia	22.8 bc	27.9 bc	223.8 cd
presencia	presencia	ausencia	22.7 b	27.4 bc	280.1 c
presencia	presencia	presencia	27.2 a	32.9 a	349.3 b

[¥]Medias en la misma columna con diferente letra representan una diferencia estadística (P<0.05).

Cuadro 6. Efecto de la aplicación de ácido húmico × fertilización sobre la altura, diámetro del tallo, número y peso de raíces de las plantas de plátano variedad curaré enano 120 días después de siembra en la EAP Zamorano.

Factores		Altura (cm)	Diámetro tallo (mm)	Número de raíces	Peso de raíces (g)
Húmico al sustrato	Fertilización al sustrato				
ausencia	ausencia	25.4 a [¥]	28.8ab	26.3 a	384.2 a
ausencia	presencia	21.3 c	24.2 c	19.1 b	225.6 c
presencia	ausencia	23.1 b	27.9 b	24.2 a	311.1 b
presencia	presencia	24.9 a	30.5 a	20.8 b	286.6 b

[¥]Medias en la misma columna con diferente letra representan una diferencia estadística (P<0.05).

Cuadro 7. Efecto de la aplicación de ácido fúlvico, sobre la altura, diámetro de tallo, número y peso de raíces de las plantas de plátano variedad curaré enano 120 después de siembra en la EAP Zamorano.

Ácido fúlvico	Altura (cm)	Diámetro tallo (mm)	Número de raíces	Peso de raíces (g)
presencia	25.2a [¥]	29.4 a	25.1 a	331.7 a
ausencia	22.5b	26.6 b	21.1 b	291.7 b

[¥]Medias en la misma columna con diferente letra representan una diferencia estadística (P<0.05).

Cuadro 8. Efecto de la aplicación de ácido húmico × ácido fúlvico sobre el número de raíces y ácido fúlvico × Fertilización en el peso de raíces de las plantas de plátano variedad curaré enano 120 días después de siembra en la EAP Zamorano.

Factores		Número de raíces	Factores		Peso de raíces (g)
Húmico	Fúlvico		Fúlvico	Fertilización	
ausencia	ausencia	21.6 bc [¥]	ausencia	ausencia	342.6 b [¥]
ausencia	presencia	23.8 ab	ausencia	presencia	214.6 d
presencia	ausencia	19.3 c	presencia	ausencia	352.8 a
presencia	presencia	25.6 a	presencia	presencia	297.6 c

[¥]Medias en la misma columna con diferente letra representan una diferencia estadística (P<0.05).

4. CONCLUSIÓN

- El uso de ácido fúlvico foliar o aplicarlo a la vez que se aplica ácido húmico y fertilización convencional al sustrato, generan una mayor altura, diámetro del tallo y peso radicular en las plántulas de plátano. La aplicación de ácidos húmicos y/o fertilización aplicados al sustrato solos o en combinación no muestra efecto positivo en el plátano variedad curaré enano a 120 días después de siembra en vivero.

5. RECOMENDACIONES

- Aplicar ácidos fúlvicos foliarmente a una dosis de $3 \text{ mL}\cdot\text{L}^{-1}$ mejora el desarrollo de plántulas de plátano variedad curaré enano en la etapa de vivero.
- Evaluar diferentes dosis de ácidos húmicos y fúlvicos para determinar su efecto en el desarrollo de plántulas de plátano variedad curaré enano.
- Realizar un estudio para evaluar el efecto en el desarrollo de plántulas de plátano, al aplicar ácidos fúlvicos al suelo o sustrato.
- Evaluar el efecto que tienen los ácidos húmicos y fúlvicos en las propiedades físicas del suelo o sustrato al ser aplicados a esos.
- Evaluar el efecto de ácidos húmicos extraídos de leonardita contra ácidos húmicos de extractos botánicos.
- Realizar un estudio de factibilidad y rentabilidad económica en el uso de sustancias húmicas y fúlvicas en plátano en la etapa de vivero.

6. LITERATURA CITADA

- Albert MO. 2015. Efectos fisiológicos de las sustancias húmicas sobre los mecanismos de toma de hierro en plántulas de tomate [Tesis]. San Vicente del Raspeig (Alicante). Universidad de Alicante.
- Álvarez E, Ceballos G, Gañán L, Rodríguez S, David G, Pantoja A. 2013. Producción de material de 'siembra' limpio en el manejo de las enfermedades limitantes del plátano [Publicación periódica]. Cali, Colombia. CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). Vol. 384
- Belalcázar SC. 2002. El cultivo del plátano en el tropico. [Libro]. - Bogota, Colombia : Inibap (Instituto nacional de investigación para el banano y plátano)- Vol. 2.
- Cedillos MR, Berríos MG. 2002. Guía Técnica Cultivo de Plátano [Publicación periódica]. Santa Ana, Ciudad Arce. La Libertad, El Salvador. CENTA (Centro Nacional De Tecnología Agropecuaria y Forestal).
- Coto J. 2009. Guía para multiplicación rápida de cormos de plátano y banano. [Publicación periódica]. - La Lima, Cortés. FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola). Vol. 2.
- Doblado JD. 2015. Comparación productiva entre dos métodos de plantación en plátano (*Musa sp*), variedad Curaré enano en San Antonio de Flores, El Paraíso, Honduras [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 19p.
- Escobar EF. 2015. Efecto de bioestimulantes foliares en el rendimiento del cultivo de berenjena [Tesis]. Ocós, San Marcos. Universidad Rafael Landívar, 2015.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2005. Conservación de los recursos naturales para una Agricultura sostenible: Materia orgánica y actividad biológica. [consultado 2016 oct 04]. http://www.fao.org/ag/Ca/Training_Materials/CD27-panish/ba/organic_matter.pdf
- Lardizabal R. 2007. Manual de producción de plátano de alta densidad [Publicación periódica]. - La Lima, Cortés, Honduras. : EDA (Entrenamiento y Desarrollo de Agricultores).
- Mesa LJ, Castro J, Méndez P. 1992. Efecto de la aplicación de ácidos húmicos en hapiudit típico de los llanos orientales y su interacción con elementos micro nutrientes

- [Publicación periódica]. - Bogotá, Colombia: Agronomía Colombiana, Vol.160-178.
- Payeras A. 2011. Ácidos húmicos y Ácidos Fúlvicos. Escuela de Bonsái de Antoni Payeras. [consultado 2016 oct 04]. <http://www.bonsaimenorca.com/articulos/articulos-tecnicos/acidos-humicos-y-acidos-fulvicos/>.
- Pettit RE. 2012. Organic matter, humus, humate, humic acid, fulvic acid and humin: their importance in soil fertility and plant health. College Station, Texas, Unites States: Texas A&M University.
- Restrepo JM, Gómez J, Escobar R. 2014 Utilización de los residuos orgánicos en la agricultura [Publicación periódica]. Cali, Colombia. FIDAR (Fundación para la Investigación y el Desarrollo Agrícola). Vol. 1.
- Rodríguez FR. 2009. Evaluación de cuatro bioestimulantes comerciales en el desarrollo de plantas injertas de cacao (*Teobroma cacao* L.) cultivar nacional [Tesis]. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Ron AP. 2004. Ácidos húmicos y fúlvicos de origen orgánico en el crecimiento de plántula de tomate (*Lycopersicon esculentum mill.*) en invernadero [Tesis]. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Russo R, Lugo J, Arreola O, Arango O. 1994. Efecto de un bioestimulante húmico extraído del raquis de banano (pinzote) sobre el crecimiento de plántulas de banano (*Musa* AAA subgrupo "Cavendish" don 'Gran enano'), [Tesis]. San José, Costa Rica: EARTH (Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda).
- Sanchez J, Juárez M. 2000. Aplicación de sustancias húmicas comerciales como productos de acción bioestimulates. Efectos frente al estrés salino [Tesis]. San Vicente del Raspeig (Alicante): Universidad de Alicante.
- Samudio VC. 2010. Evaluación de la producción de plátano de la variedad curaré enano en función de dos épocas de siembra y tres programas de fertilización en Zamorano, Honduras [Tesis]. - Zamorano, Honduras : EAP(Escuela Agrícola Panamericana) -21 p.
- Serrano L, Castruita M, Cervantes G, Talavera, Potisek M, Vidal J, Rangel P. 2015. Influencia de los ácidos fúlvicos sobre la estabilidad de agregados y la raíz de melón en casa sombra [Publicación periódica]. Interciencia: Revista de ciencia y tecnología de América. 40(5) 317–323 p.
- Singh BK. 2002. Fertilización foliar de cultivos con ácidos húmicos. Principios Aplicaciones [Tesis]. Costa Rica: Universidad de Costa Rica Centro de Investigaciones Agronómicas Laboratorio de Suelos y Foliare. ACCS (Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo).101-104 p.

Tene WR. 2016. Efecto de bioestimulantes en fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) [Tesis]. En el cantón el guabo, provincia el oro. Guayaquil: Universidad Estatal de Guayaquil.