

Efecto del uso de ácidos húmicos, fúlvicos y su interacción con fertilizante nitrogenado en el crecimiento de plántulas de café (*Coffea arabica* L.) en vivero

**Jesús Humberto Ochoa Molina
German Jose Licon Callejas**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2017

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Efecto del uso de ácidos húmicos, fúlvicos y su interacción con fertilizante nitrogenado en el crecimiento de plántulas de café (*Coffea arabica* L.) en vivero

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

Presentado por

Jesús Humberto Ochoa Molina
German Jose Licona Callejas

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2017

Efecto del uso de ácidos húmicos, fúlvicos y su interacción con fertilizante nitrogenado en el crecimiento de plántulas de café (*Coffea arabica* L.) en vivero

Jesús Humberto Ochoa Molina
German Jose Licona Callejas

Resumen. El manejo durante la formación de plántula determina el éxito o fracaso de una plantación. La alternativa viable para el éxito productivo es mantener una planta sana, nutrida, con un buen desarrollo radicular para mitigar los efectos de las enfermedades y cambio climático. El objetivo de este experimento fue determinar los efectos bioestimulantes de los ácidos húmicos, fúlvicos y la interacción con fertilizante nitrogenado en el crecimiento de plántulas de café (*Coffea arabica* L.) en vivero. Se evaluaron ocho tratamientos en un diseño de bloques completos al azar. Las unidades experimentales estuvieron conformadas por nueve plántulas, con un arreglo factorial 3×2 . Los tratamientos fueron aplicados al momento del trasplante y posteriormente en intervalos de 15 días hasta completar cuatro aplicaciones en el experimento. EL sustrato fue aplicado con 5 ml de ácido húmico y 4 g de fertilizante nitrogenado, el ácido fúlvico se aplicó en forma foliar utilizando una solución al 0.3% diluido en agua y distribuido según los tratamientos. La aplicación de ácido húmico solo o en interacción no mejoró el crecimiento de plántulas de café en vivero. El fertilizante nitrogenado aplicado solo, tuvo una mayor altura de planta, el ácido fúlvico interactuando con ácido húmico o fertilizante nitrogenado, mejoró el crecimiento vegetativo de la planta.

Palabras clave: Aplicación foliar, aplicación al sustrato, chapola, plántulas.

Abstract. The management during the development of seedlings determines the success or failure of a plantation. A viable alternative for the productive success is to maintain healthy, well-nourished plants with good root development to mitigate the effects of diseases and climate change. The objective of this experiment was to identify the bio stimulating effects of humic and fulvic acids and the interaction with nitrogen fertilizers in the development of coffee seedlings (*Coffea Arabica* L.) in plant nursery. Eight treatments were evaluated in a complete randomized blocks design. The experimental units were composed of nine plants each with a factorial arrangement 3×2 . The treatments were applied during transplant and afterwards in 15 day intervals until completing 4 applications during the whole experiment. The substrate was applied with 5ml of humic acids and 4 g of nitrogen fertilizer, fulvic acid was applied foliar using a solution at 0.3% diluted in water and distributed according to the treatment. Nitrogen fertilizer applied by itself had a significant effect in the vegetative development of the plant. Humic acid applied by itself or in interaction, does not improve the growth of coffee in nursery. Nitrogen fertilizer applied by itself had a higher plant, fulvic acid in interaction with humic acid or nitrogen fertilizer, improved the vegetative growth of the plant.

Key words: Chapola, foliar application, seedlings, substrate application

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de Cuadros	v
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	6
4. CONCLUSIONES.....	13
5. RECOMENDACIONES.....	14
6. LITERATURA CITADA	15

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadros	Página
1. Tratamientos evaluados durante el experimento.	4
2. Prueba de significancia para las variables diámetro de tallo y altura de planta en plántulas de café variedad Lempira, a 60 días después de trasplante en etapa de vivero.	6
3. Efecto de la aplicación de ácido húmico en la variable diámetro de tallo en plántulas de café variedad Lempira, a 60 días después de trasplante en etapa de vivero.	6
4. Efecto de la aplicación de ácido húmico × ácido fúlvico en la variable diámetro de tallo en plántulas de café variedad Lempira, a 60 días después de trasplante en etapa de vivero.	7
5. Efecto de la aplicación de ácido húmico y fertilizante nitrogenado en la variable altura de planta en plántulas de café variedad Lempira, a 60 días después de trasplante en etapa de vivero.	8
6. Prueba de significancia para las variables peso seco de raíz, longitud de raíz y volumen de raíz en plántulas de café variedad Lempira, a 60 días después de trasplante en etapa de vivero.	8
7. Efecto de la aplicación de ácido húmico y fertilizante nitrogenado en la variable peso seco de raíz en plántulas de café variedad Lempira, a 60 días después de trasplante en etapa de vivero.	9
8. Efecto de la aplicación de ácido húmico × fertilizante nitrogenado en la variable peso seco de raíz en plántulas de café variedad Lempira, a 60 días después de trasplante en etapa de vivero.	9
9. Efecto de la aplicación de ácido fúlvico × fertilizante nitrogenado en la variable peso seco de raíz en plántulas de café variedad Lempira, a 60 días después de trasplante en etapa de vivero.	10
10. Efecto de la aplicación de ácido húmico y fertilizante nitrogenado en la variable longitud de raíz en plántulas de café variedad Lempira, a 60 días después de trasplante en etapa de vivero.	10
11. Efecto de la aplicación de ácido húmico × fertilizante nitrogenado en la variable longitud de raíz en plántulas de café variedad Lempira, a 60 días después de trasplante en etapa de vivero.	11
12. Efecto de la aplicación de ácido húmico y fertilizante nitrogenado en la variable volumen de raíz en plántulas de café variedad Lempira, a 60 días después de trasplante en etapa de vivero.	11

13. Efecto de la aplicación de ácido húmico × ácido fúlvico en la variable volumen de raíz en plántulas de café variedad Lempira, a 60 días después de trasplante en etapa de vivero.....	11
14. Efecto de la aplicación de ácido húmico × fertilizante nitrogenado en la variable volumen de raíz en plántulas de café variedad Lempira, a 60 días después de trasplante en etapa de vivero.	12

1. INTRODUCCIÓN

El café es la principal fuente de ingreso para más de 100,000 familias hondureñas, siendo el producto de mayor importancia económica del país generando más de un millón de empleos directos e indirectos con un impacto en el producto interno bruto (PIB) nacional del 14% y del 33% en el PIB agrícola. En el 2011 se reportó un ingreso por exportaciones de 1,240 millones de dólares. Actualmente en Honduras se cultiva más de 280,000 hectáreas (Arguijo 2011). Honduras es el sexto mayor exportador de café del mundo, tercero en Latinoamérica y número uno en Centro América, esto alcanzado gracias a su calidad, sabor y buen aroma (Asoexport 2013).

El promedio de la productividad en Honduras oscila alrededor de 1,100 kg por hectárea aproximadamente, muy por debajo de la productividad esperada que debería de ser 16,000 kg por hectárea debido básicamente al mal manejo en la nutrición y control de las enfermedades. En la cosecha para los años 2015-2016, 95,471 familias hondureñas reportaron cosechas en un área cultivada de 296,853 hectáreas (IHCAFE 2017).

La alternativa viable para obtener una buena productividad es mantener una planta sana, bien nutrida, con un buen sistema radicular para mitigar los efectos de las enfermedades y cambio climático. De igual forma la fluctuación de precio en el mercado internacional sumado a los altos costos de producción dificulta la inversión para aumentar los rendimientos (La Nación 2013) y esto es un factor importante para investigación.

La raíz es el principal órgano encargado de absorber el agua y nutrientes. Un buen suministro de agua, fertilizantes, drenaje, ausencia de capas duras en el suelo, son importantes para el desarrollo radicular. El manejo durante la formación de plántula determina el éxito o fracaso de una plantación (Anacafé 2011). De allí se deriva la importancia de este estudio.

La materia orgánica es producto de restos vegetales, animales y microorganismos descompuestos por procesos de mineralización y biosíntesis, creando sustancias no húmicas y húmicas. Las sustancias húmicas son materiales amorfos sin vestigio, de color oscuro y de alto grado de transformación agrupados en ácidos fúlvicos (AF) y ácidos húmicos (AH) (Montoya et al. 2012). Los ácidos fúlvicos estimulan el desarrollo del sistema radicular por otro lado, los ácidos húmicos influyen en la nutrición de la planta ya que son transportadores de nutrientes, estabilizan el pH, aumentan la aireación, permeabilidad y la capacidad de retención de agua del suelo (Payeras 2016).

Existen estudios que señalan que la materia orgánica promueve el desarrollo y producción de las plantas, esto va de la mano con la nutrición, agua, aire, radiación entre otros factores.

Debido a que sustancias húmicas que son una fracción de la materia orgánica del suelo mejoran la translocación y capacidad de absorción de los nutrientes, también ayudan de forma indirecta a la planta mejorando la capacidad de retención de agua, aumenta el intercambio catiónico y la actividad microbiana del suelo. Para que la planta obtenga estos beneficios se requiere que estas sustancias se absorban de forma adecuada, su rápida absorción se debe a que tienen un bajo peso molecular, en este sentido destacan los ácidos fúlvicos en comparación a los ácidos húmicos por su fácil absorción (Ramos 2000).

Se han realizado varias investigaciones del efecto que tienen las sustancias húmicas sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas, observando efectos positivos en indicadores anatómicos como ser: longitud de raíces, diámetro del tallo, masa fresca y seca de raíces y número de hojas. Existen dos formas por la cual las sustancias húmicas tienen estos efectos los cuales pueden ser directos e indirectos sobre las plantas, de forma directa actúan sobre el transporte iones la cual ayuda a la absorción, aumentan la velocidad de síntesis de ácidos nucleicos, mejora la síntesis y actividad de diversas enzimas, aumenta la respiración y la velocidad de reacciones enzimáticas del ciclo de Krebs, que da como resultado mayor producción de ATP. De forma indirecta se refiere al entorno planta-sustrato donde las sustancias húmicas mejoran la actividad microbiana, la retención de humedad y textura del suelo (Casa 2010).

Dada la problemática, se realiza la presente investigación con el objetivo de:

- Determinar los efectos bioestimulantes de los ácidos húmicos, fúlvicos y la interacción con fertilizante nitrogenado en el crecimiento de plántulas de café (*Coffea arabica* L.) en vivero.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del estudio.

La etapa de germinación y de trasplante se realizaron en la Unidad de Propagación y la Unidad de frutales de la Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano respectivamente, durante los meses de Junio a Agosto, a 30 km de la ciudad de Tegucigalpa, Honduras, con una precipitación acumulada de 681 mm y una temperatura promedio de 23.2 °C.

Germinación.

Se utilizó la variedad Lempira por ser resistente a enfermedades como roya y por ser una de las variedades más cultivadas en Honduras. Se realizó un tratamiento de pre germinación a las semillas de café con el fin de acelerar el proceso de germinación, el cual consistió en sumergir las semillas en agua por 12 horas y luego se dejaron secar 12 horas fuera del agua bajo sombra, este proceso se repitió durante tres días. Al cuarto día se sembró en semilleros de la unidad de Propagación de plantas, se utilizó como sustrato arena, para realizar la siembra se colocaron las semillas en bandas evitando colocar una sobre otra a un cm de profundidad posteriormente se taparon con arena. A los 60 días después de siembra en semillero, las plántulas en estado de chapola (estado juvenil) fueron trasplantadas. La fase de germinación no fue evaluada para este experimento.

Trasplante.

Se utilizó como sustrato una mezcla de suelo, compost, casulla de arroz y arena en relación (2-2-2-1). Se llenaron bolsas plásticas de 8 × 9 pulgadas con el sustrato. Previo al trasplante se realizó una aplicación preventiva utilizando un fungicida compuesto por fosetil aluminio y propomocarb a una dosis de 2 mL/L y 30 días después de trasplante se hizo una segunda aplicación. Para el trasplante se seleccionaron plántulas según su raíz con los siguientes parámetros: totalmente vertical, sin deformidades ni presencia de enfermedades. Se estandarizó una longitud de raíz de seis centímetros como base del experimento, cortando las raíces que estaban por encima de esta medida. Se aplicó al momento de trasplante a cada planta una solución arrancadora de DAP (18-46-0) cuatro gramos por planta, esto para estimular el crecimiento radicular de las plántulas y por ser una práctica cultural en los productores. Al momento de trasplante se presionó el sustrato alrededor de las plántulas para evitar dejar cámaras de aire logrando un buen contacto entre raíz y sustrato además de disminuir el estrés provocado por la manipulación.

Tratamientos.

Las plantas que formaron parte del tratamiento con ácido húmico recibieron cuatro aplicaciones al sustrato. En la primera aplicación se preparó una solución con un volumen total de 1.5 litros compuesta de 50% del producto BIOCAT 15 (ácido húmico) a una concentración de 16.5% p/v y 50% de agua aplicando 10 mL al sustrato. La dilución se

preparó para proteger la plántula de un mayor estrés por el trasplante y la aplicación. En las siguientes aplicaciones se colocó 5 mL del BIOCAT 15 sin diluir con un intervalo de 15 días.

Para el ácido fúlvico se preparó una solución con 3 mL del producto Cator al 31% p/v de ácido fúlvico en un litro de agua con una dosis de 1 mL por planta aplicado vía foliar. A esta solución se le agregó la dosis del coadyuvante (copolímero polyther-polymethyl xiloxane) un mL de producto por litro de agua, para mejorar la adhesión del producto sobre el follaje, evitando el lavado por lluvia. Al trasplante no se realizó aplicación por que las plántulas aun no contaban con hojas verdaderas. A los 15 días del trasplante se realizó la primera aplicación, seguida de dos aplicaciones más con intervalos de 15 días.

Para las plantas que formaron parte del tratamiento con fertilizante nitrogenado recibieron cuatro aplicaciones al sustrato. La primera aplicación se realizó el día del trasplante y las demás con un intervalo de 15 días. El fertilizante nitrogenado utilizado en este ensayo fue urea (46-0-0). Se utilizó cuatro gramos de urea de forma granular a un costado de la plántula para evitar quemadura o intoxicación.

Para evaluar el efecto de los ácidos húmicos, fúlvicos y fertilizante nitrogenado en el crecimiento de plántulas de café se realizaron ocho tratamientos en los cuales se obtuvo las interacciones de los tres factores.

Cuadro 1. Tratamientos evaluados durante el experimento.

Tratamiento	Ácido húmico	Ácido fúlvico	Fertilizante nitrogenado
Ácido húmico	Presente	Ausente	Ausente
Ácido fúlvico	Ausente	Presente	Ausente
Fertilizante nitrogenado	Ausente	Ausente	Presente
Ácido húmico × Ácido fúlvico	Presente	Presente	Ausente
Ácido húmico × Fertilizante nitrogenado	Presente	Ausente	Presente
Ácido fúlvico × Fertilizante nitrogenado	Ausente	Presente	Presente
Ácido húmico × Ácido fúlvico × Fertilizante nitrogenado	Presente	Presente	Presente
Testigo	Ausente	Ausente	Ausente

Variables a medir.

Se realizó una sola toma de datos a los 60 días después de trasplante empezando por la extracción de las plántulas de las bolsas plásticas. Luego se lavó con agua las plántulas para quitarles el excedente de sustrato adherido a las raíces y se procedió a la identificación y toma de datos.

Diámetro de tallo y Altura de planta. Ambas variables se midieron en centímetros utilizando un pie de rey. Para la variable diámetro de tallo se tomó el dato a un centímetro

arriba de la base del tallo. La altura de planta se tomó el dato en la base del tallo hasta la última cruz formada por la plántula.

Longitud y Volumen de raíz. Para estas variables se utilizó el programa WinRhizo. Se cortó la raíz y se colocó en un recipiente con agua, con dimensiones de 30×22 cm y 3 cm de profundidad, con agua donde se sumergió la raíz y se estiró, se colocó el recipiente sobre el escáner y se procedió a escanear. La imagen se guardó para ser analizada en el programa WinRhizo obteniendo los datos para las variables longitud de raíz en centímetros y volumen de raíz en centímetros cúbicos.

Peso seco de raíz. La raíz se introdujo en una bolsa de papel kraft y se sometió a 105 °C durante 24 horas en el horno. Luego, en una balanza analítica, se pesó solamente la raíz tomando el dato de la variable.

Diseño experimental.

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (BCA) con un arreglo factorial de 3×2 donde se evaluaron tres factores y dos niveles siendo el ácido húmico (presente, ausente) el primer factor, ácido fúlvico (presente, ausente) el segundo factor, y fertilizante nitrogenado (presente, ausente) el tercer factor. Se evaluaron ocho tratamientos con cuatro repeticiones. Las unidades experimentales estuvieron compuestas por nueve plántulas obteniendo un total de 288 unidades muestrales.

Análisis estadístico. Se realizó un análisis de varianza con un modelo lineal general (GLM), separación de medias con LSMeans para las interacciones y DUNCAN para los factores individuales con el programa Statistical Analysis System (SAS® 2014) con un nivel de significancia de $P \leq 0.05$.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Diámetro de tallo.

El uso de ácido húmico y la interacción de ácido húmico × ácido fúlvico presentaron diferencia significativa en cuanto al diámetro de tallo (Cuadro 2), mientras los demás tratamientos no presentaron ningún efecto.

Cuadro 2. Prueba de significancia para las variables diámetro de tallo y altura de planta en plántulas de café variedad Lempira, a 60 días después de trasplante en etapa de vivero.

Tratamiento	Diámetro de tallo (cm)	Altura de planta (cm)
Ácido húmico	*	*
Ácido fúlvico	Ns	Ns
Fertilizante nitrogenado	Ns	*
Ácido húmico × Ácido fúlvico	*	Ns
Ácido húmico × Fertilizante nitrogenado	Ns	Ns
Ácido fúlvico × Fertilizante nitrogenado	Ns	Ns
Ácido húmico × Ácido fúlvico × Fertilizante nitrogenado	Ns	Ns

* Diferencia significativa ($P < 0.05$), Ns: No significativo.

La aplicación de ácido húmico presentó diferencia significativa (Cuadro 3). Hubo un menor diámetro de tallo al realizar la aplicación, retrasando el crecimiento de la planta. Las plantas sin aplicación de ácido húmico resultaron con mayor diámetro de tallo.

Cuadro 3. Efecto de la aplicación de ácido húmico en la variable diámetro de tallo en plántulas de café variedad Lempira, a 60 días después de trasplante en etapa de vivero.

Factor	Aplicación	Diámetro de tallo (cm)
Ácido húmico	Presente	0.22 b [¥]
	Ausente	0.23 a

[¥] Medias con distinta letra en la misma columna indican diferencia significativa ($P < 0.05$).

Para la interacción de ácido húmico y ácido fúlvico no existen diferencias significativas entre aplicar o no aplicar los factores, pero si difieren cuando se aplican juntos resultando un menor diámetro de tallo (Cuadro 4).

El efecto del ácido húmico concuerda con los resultados obtenidos por Ramos (2000) donde evaluaron distintas fuentes de ácido húmico en plantas de tomate quienes encontraron que los ácidos provenientes de extractos vegetales reducen la producción de biomasa contrario a los ácidos provenientes de minerales (leonardita). Esto se atribuye a que los extractos vegetales y turba tienden a tener una solubilidad (tamaño molecular) variable siendo este un factor determinante para que ocurra un crecimiento o la inhibición de la absorción de algunos micronutrientes.

En otro estudio se evaluó distintas diluciones de ácidos húmicos encontrando resultados favorables en el diámetro de tallo trabajando en plántulas de tomate aplicando la dosis de 1/30 v/v (Casa 2010). Esto ocurre debido a que las sustancias húmicas cumplen una función en los procesos de respiración celular, actuando en la transferencia de electrones. Así mismo, tienen efectos positivos en desarrollo vegetativo, bioestimulando procesos fisiológicos y bioquímicos en las plantas.

Cuadro 4. Efecto de la aplicación de ácido húmico × ácido fúlvico en la variable diámetro de tallo en plántulas de café variedad Lempira, a 60 días después de trasplante en etapa de vivero.

Ácido húmico	Ácido fúlvico	Diámetro de tallo (cm)
Ausente	Presente	0.23 a [¥]
Ausente	Ausente	0.22 ab
Presente	Ausente	0.22 ab
Presente	Presente	0.21 b

[¥] Medias con distinta letra en la misma columna indican diferencia significativa (P<0.05).

Altura de planta.

El uso de ácidos húmicos y de fertilizante nitrogenado individualmente presentaron diferencias significativas en la altura de planta, mientras los demás tratamientos no presentaron diferencias.

El uso de ácido húmico y fertilizante nitrogenado presentaron diferencias significativas. El ácido húmico tuvo una menor altura de planta al realizar la aplicación en comparación del testigo, resultando mejor no aplicar obteniendo plántulas más altas (Cuadro 5). El fertilizante nitrogenado tuvo un mayor efecto en la altura de la planta al realizar la aplicación, esto gracias a que el nitrógeno promueve el desarrollo de la biomasa de las plantas (Ramírez et al. 2012).

Para la variable altura de planta el efecto del ácido húmico es similar con los resultados obtenidos por Ramos (2000) quien evaluó fuentes de ácidos provenientes de mineral (leonardita) y residuos vegetales, donde el origen mineral no tuvo diferencias significativas con el testigo mientras que los provenientes de residuos vegetales presentaron una disminución de la altura total. Esto se puede atribuir al peso molecular de esta fuente la cual puede afectar la absorción de micronutrientes esenciales para el desarrollo de la planta.

El efecto del fertilizante nitrogenado concuerda con los resultados de Ramírez et al. (2012) quienes evaluaron, en café, diferentes dosis crecientes que llegan hasta 150% de las dosis recomendadas por el fabricante obteniendo resultados positivos para la altura de planta. Esto se atribuye a que cumple un papel muy importante en la nutrición de las plantas como un factor de crecimiento y desarrollo vegetativo.

Cuadro 5. Efecto de la aplicación de ácido húmico y fertilizante nitrogenado en la variable altura de planta en plántulas de café variedad Lempira, a 60 días después de trasplante en etapa de vivero.

Factor	Aplicación	Altura de planta (cm)
Ácido húmico	Presente	6.67 b [‡]
	Ausente	7.19 a
Fertilizante nitrogenado	Presente	7.21 a [‡]
	Ausente	6.68 b

[‡] Medias con distinta letra en la misma columna indican diferencia significativa (P<0.05).

Los tratamientos ácido húmico, fertilizante nitrogenado y ácido húmico × fertilizante nitrogenado presentaron diferencia significativa para las variables peso seco de raíz, longitud de raíz y volumen de raíz. Sin embargo, el tratamiento ácido fúlvico × fertilizante nitrogenado presentó diferencia significativa para la variable peso seco de raíz y el tratamiento ácido húmico × ácido fúlvico para la variable volumen de raíz. (Cuadro 6).

Cuadro 6. Prueba de significancia para las variables peso seco de raíz, longitud de raíz y volumen de raíz en plántulas de café variedad Lempira, a 60 días después de trasplante en etapa de vivero.

Tratamiento	Peso seco de raíz (g)	Longitud de raíz (cm)	Volumen de raíz (cm)
Ácido húmico	*	*	*
Ácido fúlvico	Ns	Ns	Ns
Fertilizante nitrogenado	*	*	*
Ácido húmico × Ácido fúlvico	Ns	Ns	*
Ácido húmico × Fertilizante nitrogenado	*	*	*
Ácido fúlvico × Fertilizante nitrogenado	*	Ns	Ns
Ácido húmico × Ácido fúlvico × Fertilizante nitrogenado	Ns	Ns	Ns

* Diferencia significativa (P<0.05), Ns: No significativo.

Peso seco de raíz.

El uso de ácido húmico y fertilizante nitrogenado presentaron diferencia significativa para peso seco de raíz. Ambos tratamientos tuvieron el mismo comportamiento hacia sus respectivas aplicaciones. Se obtuvo un mayor peso seco de raíz en plántulas no aplicadas, contrario a plántulas que si se aplicaron obteniendo un menor peso seco de raíz (Cuadro 7).

7. Efecto de la aplicación de ácido húmico y fertilizante nitrogenado en la variable peso seco de raíz en plántulas de café variedad Lempira, a 60 días después de trasplante en etapa de vivero.

Factor	Aplicación	Peso seco de raíz (g)
Ácido húmico	Presente	0.06 b [‡]
	Ausente	0.08 a
Fertilizante nitrogenado	Presente	0.06 b
	Ausente	0.08 a

[‡] Medias con distinta letra en la misma columna indican diferencia significativa (P<0.05).

El uso de ácido húmico × fertilizante nitrogenado presentó diferencia significativa, indicando que en la interacción el ácido húmico y el fertilizante nitrogenado no tuvieron un efecto sobre el peso seco de raíz (Cuadro 8).

Cuadro 8. Efecto de la aplicación de ácido húmico × fertilizante nitrogenado en la variable peso seco de raíz en plántulas de café variedad Lempira, a 60 días después de trasplante en etapa de vivero.

Ácido húmico	Fertilizante nitrogenado	Peso seco de raíz (g)
Ausente	Ausente	0.10 a [‡]
Presente	Ausente	0.07 bc
Ausente	Presente	0.06 bc
Presente	Presente	0.06 c

[‡] Medias con distinta letra en la misma columna indican diferencia significativa (P<0.05).

El uso de ácido fúlvico × fertilizante nitrogenado presentó diferencia significativa, indicando que en la interacción, el ácido fúlvico es el factor que provocó un mayor peso seco de raíz que el fertilizante nitrogenado (Cuadro 9).

El efecto de los ácidos húmicos y fúlvicos no concuerdan con los resultados obtenidos por Vázquez (2012) quien evaluó el efecto de los ácidos en la nutrición de acelga (*Beta vulgaris* var. cicla) demostrando que el mejor tratamiento para peso seco fue el de mayor dosis de ácido húmico (6mL/L) y el tratamiento con menor efecto fue el de mayor dosis de ácido fúlvico (6mL/L). Esto se atribuye al incremento en la permeabilidad de la membrana de la papa permitiendo la asimilación radial y aplicación foliar de nutrientes.

Diferentes concentraciones de ácido húmico fueron evaluadas en el crecimiento y desarrollo de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum*) bajo invernadero resultando 1280 ppm la mejor dosis para la variable peso seco de raíz (Castillo 2005). Esto se atribuye a los aumentos en la asimilación de los elementos nitrógeno, calcio, hierro, cobre y zinc en las raíces reflejándose en el peso seco de raíz.

Cuadro 9. Efecto de la aplicación de ácido fúlvico × fertilizante nitrogenado en la variable peso seco de raíz en plántulas de café variedad Lempira, a 60 días después de trasplante en etapa de vivero.

Ácido fúlvico	Fertilizante nitrogenado	Peso seco de raíz (g)
Presente	Ausente	0.09 a [¥]
Ausente	Ausente	0.08 b
Ausente	Presente	0.06 c
Presente	Presente	0.06 c

[¥] Medias con distinta letra en la misma columna indican diferencia significativa (P<0.05)

Longitud de raíz.

El uso de ácido húmico y fertilizante nitrogenado presentaron diferencia significativa para longitud de raíz. Ambos tratamientos tuvieron el mismo comportamiento hacia sus respectivas aplicaciones. Se obtuvo una mayor longitud de raíz al no realizar las aplicaciones, contrario a aplicar resultando en menor longitud de raíz (Cuadro 10).

Cuadro 10. Efecto de la aplicación de ácido húmico y fertilizante nitrogenado en la variable longitud de raíz en plántulas de café variedad Lempira, a 60 días después de trasplante en etapa de vivero.

Factor	Aplicación	Longitud de raíz (cm)
Ácido húmico	Presente	188.81 b [¥]
	Ausente	255.57 a
Fertilizante nitrogenado	Presente	179.84 b
	Ausente	250.82 a

[¥] Medias con distinta letra en la misma columna indican diferencia significativa (P<0.05).

El uso de ácido húmico × fertilizante nitrogenado presentó diferencia significativa. Este nos indica que, en la interacción el ácido húmico como el fertilizante nitrogenado, no tuvieron efecto para que la plántula expresara una longitud de raíz mayor (Cuadro 11).

En un estudio donde se evaluaron diferentes dosis de ácidos fúlvicos y con diferentes pH, estos extraídos de leonardita y evaluados en plantas de melón (*Cucumis melo* L) (Serrano et al. 2015). Se encontraron resultados que muestran que al aplicar ácidos fúlvicos aumenta el desarrollo del sistema radicular, promoviendo la longitud de raíz e induciendo el aumento de sus xilemas, el ácido fúlvico con pH de 6 obtuvo mayores rendimientos.

Cuadro 11. Efecto de la aplicación de ácido húmico × fertilizante nitrogenado en la variable longitud de raíz en plántulas de café variedad Lempira, a 60 días después de trasplante en etapa de vivero.

Ácido húmico	Fertilizante nitrogenado	Longitud de raíz (cm)
Ausente	Ausente	307.09 a [¥]
Presente	Ausente	196.10 b
Presente	Presente	179.72 b
Ausente	Presente	177.03 b

[¥] Medias con distinta letra en la misma columna indican diferencia significativa (P<0.05).

Volumen de raíz.

El uso de ácido húmico y fertilizante nitrogenado presentaron diferencia significativa. Ambos tratamientos tuvieron el mismo comportamiento hacia sus respectivas aplicaciones. Se obtuvo un mayor volumen de raíz al no realizar las aplicaciones, contrario a aplicarlas obteniendo un menor volumen de raíz (Cuadro 12).

Cuadro 12. Efecto de la aplicación de ácido húmico y fertilizante nitrogenado en la variable volumen de raíz en plántulas de café variedad Lempira, a 60 días después de trasplante en etapa de vivero.

Factor	Aplicación	Volumen de raíz (cm)
Ácido húmico	Presente	0.28 b [¥]
	Ausente	0.37 a
Fertilizante nitrogenado	Presente	0.29 b
	Ausente	0.35 a

[¥] Medias con distinta letra en la misma columna indican diferencia significativa (P<0.05).

El uso de ácido húmico × ácido fúlvico presentó diferencia significativa, indicando que en la interacción el ácido húmico tuvo menor efecto en volumen de raíz. El ácido fúlvico para la interacción obtuvo el mejor efecto resultando en un volumen de raíz mayor (Cuadro 13).

Cuadro 13. Efecto de la aplicación de ácido húmico × ácido fúlvico en la variable volumen de raíz en plántulas de café variedad Lempira, a 60 días después de trasplante en etapa de vivero.

Ácido húmico	Ácido fúlvico	Volumen de raíz (cm)
Ausente	Presente	0.38 a [¥]
Ausente	Ausente	0.33 bc
Presente	Ausente	0.29 bcd
Presente	Presente	0.27 cd

[¥] Medias con distinta letra en la misma columna indican diferencia significativa (P<0.05).

El uso de ácido húmico × fertilizante nitrogenado presentó diferencia significativa, indicando que en la interacción, el ácido húmico como el fertilizante nitrogenado, no tuvieron efecto sobre la combinación que presenta un mayor volumen de raíz (Cuadro 14).

Estos resultados no concuerdan con los obtenidos por Vázquez (2012) quien evaluó el efecto de ácido húmico y fúlvico en la nutrición de acelga (*Beta vulgaris* var. cicla) resultando con mayor efecto sobre el volumen de raíz, los tratamientos con las dosis de 4 y 6ml/L de ácido húmico, así como también el tratamiento con 4ml/L de ácido fúlvico presento un buen comportamiento.

Cuadro 14. Efecto de la aplicación de ácido húmico × fertilizante nitrogenado en la variable volumen de raíz en plántulas de café variedad Lempira, a 60 días después de trasplante en etapa de vivero.

Ácido húmico	Fertilizante nitrogenado	Volumen de raíz (cm)
Ausente	Ausente	0.42 a [¥]
Presente	Presente	0.30 b
Ausente	Presente	0.29 b
Presente	Ausente	0.27 b

[¥] Medias con distinta letra en la misma columna indican diferencia significativa (P<0.05)

4. CONCLUSIONES

- La aplicación de ácido húmico solo o en interacción no mejoró el crecimiento de plántulas de café en vivero.
- El fertilizante nitrogenado aplicado solo, tuvo efecto positivo sobre altura de planta, el ácido fúlvico interactuando con ácido húmico o fertilizante nitrogenado, mejoró el crecimiento vegetativo de la planta.

5. RECOMENDACIONES

- Utilizar diferentes tipos de sustratos o sustratos sin presencia de materia orgánica para evaluar el efecto de las sustancias húmicas sobre plántulas de café.
- Realizar estudio evaluando dos fuentes de sustancias húmicas, de extractos vegetales y de Leonardita en diferentes dosis.
- Evaluar los distintos parámetros utilizados para medir la eficiencia de las sustancias húmicas hasta el trasplante a campo.

6. LITERATURA CITADA

- Anacafé (Asociación Nacional del Café). 2011. Semilleros y almacigos. Guatemala; [consultado 2016 nov 28].
https://www.anacafe.org/glifos/index.php/Caficultura_SemillerosyAlmacigos
- Asoexport (Asociación Nacional de Exportadores de Café Colombia). 2013. Honduras es el sexto exportador de café del mundo. Colombia; [consultado 2016 nov 28].
<http://www.asoexport.org/Honduras-es-el-sexto-exportador-de-caf%C3%A9-del-mundo?page=5>
- Arguijo G. 2011. Exportación de Café en Honduras. Honduras; [consultado 2016 nov 27].
<http://exportaciondecafeenhonduras.blogspot.com/2011/08/importancia-nacional.html>.
- Casa M. 2010. Evaluación del efecto de los ácidos húmicos sobre los parámetros de calidad en plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) [Tesis]. Universidad Técnica de Cotopaxi-Ecuador. 64 p.
- Castillo F. 2005. Efecto de ácidos húmicos en el crecimiento y desarrollo de plántula de tomate (*Lycopersicon esculentum* mil) bajo invernadero [Tesis]. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro- México. 46 p.
- IHCAFE (Instituto Hondureño del Café). 2017. Preguntas más frecuentes. Honduras; [consultado 2016 nov 28]. http://www.ihcafe.hn/?page_id=3782
- JISA (Jiloca Industrial, S.A.). 2012. Ácidos húmicos. España; [consultado 2016 nov 28].
<http://www.acidoshumicos.com/blog/acidos-humicos/>
- La Nación. 2013. Precios y producción de café. La Nación; [actualizado 2013 nov 11; consultado 2016 nov 25]. http://www.nacion.com/opinion/editorial/Precios-produccion-cafe_0_1377662226.html
- Montoya J, Menjivar J, Bravo I. 2012. Fraccionamiento y cuantificación de la materia orgánica en andisoles bajo diferentes sistemas de producción [Tesis]. Universidad del Pacífico-Colombia. 7 p.

- Payeras A. 2016. Ácidos húmicos y fúlvicos en bonsái. España; Bonsai Menorca; [consultado 2016 nov 25].
<http://www.bonsaimenorca.com/articulos/articulos-tecnicos/acidos-humicos-y-acidos-fulvicos/>.
- Ramírez V, Miguel A, López J. 2012. Evaluación temprana de la deficiencia del nitrógeno en café [Tesis]. Centro Nacional de Investigaciones de Café-Colombia. 8 p.
- Ramos R. 2000. Aplicación de sustancias húmicas comerciales como productos de acción bioestimulante. Efecto frente al estrés salino [Tesis]. Universidad de Alicante-España. 350 p.
- Serrano R, Segura L, Gonzales L, Potisek G, Orozco M, Preciado J. 2015. Influencia de los ácidos fúlvicos sobre la estabilidad de agregados y la raíz de melón en casa sombra [Tesis]. Asociación Interciencia-Caracas, Venezuela. 8 p.
- Vázquez D. 2012. Efectos de los ácidos húmicos y fúlvicos en la nutrición de acelga (*Beta vulgaris* L.) bajo un sistema de raíz flotante [Tesis]. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro- México. 70 p.