



**El caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp) y su respuesta a la aplicación de ácidos húmicos (AH's)
en el Cantón Jipijapa en Ecuador**

**The cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) and its response to the application of humic acids
(HA's) in Canton Jipijapa in Ecuador**

Ayón Fernando, Veliz Diana, Gabriel Julio*

Datos del Artículo

Facultad de Ciencias Naturales y de la Agricultura, Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM), km 11/2 vía Noboa s/n Campus los Ángeles, Jipijapa, Ecuador.

***Dirección de contacto:**

Julio Gabriel.
Facultad de Ciencias Naturales y de la Agricultura, Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM), km 11/2 vía Noboa s/n Campus los Ángeles, Jipijapa, Ecuador. Telf. +05-2600229.

E-mail: j.gabriel@proinpa.org

Palabras clave:

Época,
vaina,
longitud,
tratamiento,
TRM.

***J Selva Andina Biosph.*
2017; 5(1):4-14.**

Historial del artículo.

Recibido Julio, 2016.
Devuelto septiembre 2016
Aceptado marzo, 2017.
Disponible en línea, mayo 2017.

***Editado por:
Selva Andina
Research Society***

Key words:

Time,
pod,
length,
treatment,
MRR.

Resumen

Esta investigación se realizó en el cantón Jipijapa, provincia Manabí del Ecuador, con los siguientes objetivos: i) identificar la dosis de aplicación foliar de los ácido húmico (AH's) en el cultivo de Caupí, ii) determinar la época de aplicación foliar de los AH's y iii) determinar la tasa de retorno marginal en base al costo/beneficio. Se implementó una parcela en diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA) con arreglo factorial de 4 x 3 con cuatro repeticiones. Se evaluaron las variables altura de planta (AP), diámetro de tallo (DT), longitud de vaina (LV), número de mazos (NM) y peso promedio de los mazos (PPM). Los resultados mostraron que, para mejorar la producción de caupí se requiere la adición de cantidades significativas de hierro. La dosis de aplicación foliar fue de 1000 cm³/ha de AH's, la mayor AP fue de 48.76 cm y DT de 9.66 mm. La época de aplicación foliar de los AH's fue a los 30 días, se obtuvo una longitud de vaina con 21.16 cm y números de mazos con 14.34. Para el peso de los mazos, el tratamiento fue la aplicación a los 15 días después de la siembra. Se observó correlación alta y significativa entre AP y DT (0.54). Al realizar el análisis económico el tratamiento T8, se utilizó 1000 cm³/ha de AH's, aplicado a los 30 días después de la siembra, se tuvo la tasa de retorno marginal con 271.43%.

© 2017. *Journal of the Selva Andina Biosph. Bolivia. Todos los derechos reservados.*

Abstract

This research was carried out in the Jipijapa canton, Manabi province of Ecuador, with the following objectives: i) to identify the dose of humic acid in the caupí crop, ii) to determine the time for foliar application of humic acid, and iii) determine the marginal rate of return in terms of cost/benefit. A plot in experimental design of completely randomized blocks (DCRB) with factorial arrangement of 4 x 3 with four replications was implemented. The variables plant height (PH), stem diameter (SD), sheath length (SL), number of decks (ND) and average weight of decks (AWD) were evaluated. The results showed that to improve cowpea production, the addition of significant amounts of iron is required. The dose of leaf application was 1000 cm³/ha of humic acids, the PH was 48.76 cm and SD of 9.66 mm. The time for foliar application of humic acids was at 30 days, the length of pod was obtained with 21.16 cm and numbers of decks with 14.34. For the weight of the mallets, the treatment was the application to the 15 days after the sowing. There was a high and significant correlation between PH and SD (0.54). When the economic analysis was carried out, the T8 treatment, 1000 cm³/ha of humic acid was applied, applied 30 days after sowing was the one with the marginal return rate with 271.43%.

© 2017. *Journal of the Selva Andina Biosph. Bolivia. All rights reserved.*

Introducción

Las leguminosas son fuentes importantes de proteínas, después de los granos, son considerados como las fuentes secundarias de importancia para el consumo humano. La tasa de proteínas en los granos de leguminosas llegan a ser dos a tres veces mayor que cualquier otro grano de cereales, con 10 a 20 veces más que los tubérculos, como la papa (Kouchaki & BanayanAval 2007). Caupí, nombre científico de *Vigna sinensis* una leguminosa cultivada en países tropicales y subtropicales particularmente, África y Sudamérica (Marschner 1995).

Los ácidos húmicos (AH's) se obtienen de diferentes fuentes, como suelo, humus, turba, lignito oxidado y el carbón. El AH's, puede presentar directamente efectos positivos sobre el crecimiento de la planta incrementando su desarrollo, en los brotes, raíces, permitiendo mejor absorción de nitrógeno, potasio, calcio, magnesio y fósforo por la planta. El AH's, es natural y no es peligroso para las plantas, ni para el medio ambiente (Haghighi *et al.* 2011, Motaghi & Nejad 2014). Abdel-Mawgoud *et al.* (2007) establecen que los AH's incrementan el crecimiento del cultivar a través de nutrientes de diferentes quelantes, haciendo que los cultivares superen la falta de nutrientes, contribuyen al crecimiento, producción, mejora de la calidad de productos agrícolas, por su contenido en compuestos hormonales (Motaghi & Nejad 2014). Este fertilizante orgánico, económicamente rentable, estimula la actividad de microorganismos útiles en el suelo (micorriza y antagonistas) produciendo un equilibrio biológico a nivel de las raíces, por su gran contenido de materia humificada, además de S, B, Ca, P, H, Fe, Mg, Mn, O, K, Na, Zn, permitiendo así el óptimo desarrollo de los cultivos, esta serie de efectos

físico-químicos y biológicos mejoran las condiciones de desarrollo de los cultivos.

El asperjado con AH's foliar tiene efectos notables en el crecimiento vegetativo, la actividad fotosintética, el índice de área foliar (Ghorbani *et al.* 2010). Los resultados de la investigación en trigo dieron un efecto interactivo a diferentes concentraciones de AH's en tres aplicaciones foliares (Sabzevari & Khazaei 2009). Sharif *et al.* (2002) mencionan que los AH's podrían componer los tejidos fotosintéticos aumentando el peso seco total.

Se debe mencionar que en el cantón Jipijapa de la provincia Manabí en Ecuador, existe una alta degradación y contaminación de suelos. Los agricultores no cuentan con una diversidad de cultivares, para realizar las rotaciones, que repercutan cada año, de ahí la reducción en la producción (Veliz 2013). En esta investigación se introdujo el caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp), como cultivo para diversificar la producción y mejorar el suelo, en el mismo se estudió el incremento de rendimiento por la aplicación foliar de AH's en diferentes dosis y épocas, para así ofertar a los agricultores un cultivo alternativo rentable. El AH utilizado fue el STARLITE® (Mundo Verde 2013), la cual es comercial.

STARLITE® es un fertilizante humorgánico con sílica activa y extractos de microalgas. Tiene un gran contenido de materia humificada, además de S, B, Ca, P, H, Fe, Mg, Mn, O, K, Na, Zn, Auxinas y Citoquininas, ejerce sobre el suelo una importante acción coloidal sobre las arcillas, el aumento de la capacidad intercambio catiónico, acción quelante de macro y micro elementos y estimulación de la microfauna y microflora del suelo, desbloqueando los nutrientes del suelo, permitiendo así el óptimo desarrollo de los cultivos, esta serie de efectos físico-

químicos y biológicos mejoran las condiciones de desarrollo de los cultivos. STARLITE® influye en la capacidad de un suelo para retener y poner a disposición de la planta tanto aniones como cationes. La Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C.) está dada por el ácido fúlvico y húmico afectando de manera positiva la disponibilidad de nitrógeno (en su forma amoniacal), potasio, calcio, magnesio, cobre, hierro, manganeso y zinc.

Por lo mencionado, la investigación tuvo como objetivos: i) identificar la dosis de aplicación foliar de los ácidos húmicos (AH's) en el cultivo de Caupí, ii) determinar la época de aplicación foliar de los AH's y iii) determinar la mejor tasa de retorno marginal en base al costo/beneficio.

Materiales y métodos

Características de la zona de estudio. La presente investigación se la realizó en predios de la cooperativa Cabo de Hacha, en el Cantón Jipijapa, ubicado al sur de la provincia Manabí (Ecuador) a 17 M 0548924 y UTM 9850593, a 358 msnm, un bosque tropical seco, según la clasificación de Holdridge. La zona presenta una temperatura promedio de 26 °C, precipitación anual media de 400 mm, HR de 75%. Con una topografía irregular, suelos de textura arcillosa, con drenaje natural y pH 6.5. El experimento de campo fue realizado durante cinco meses en la época invernal que va desde febrero a julio de la campaña agrícola 2013.

Implementación y manejo

Análisis de suelo. Se recolectó la muestra de suelo en el área verde la cooperativa Cabo De Hacha antes y después de la investigación, y se envió al laboratorio del INIAP Porto Viejo para su análisis.

El experimento fue implementado en campo, la parcela fue alojada en un diseño de tratamiento fac-

torial 3 x 4 y distribuido en un diseño experimental de bloques completos al azar (DBCA) con cuatro repeticiones (Gabriel *et al.* 2017), para controlar el efecto de la pendiente que fue de 5%. Cada unidad experimental tuvo 20 m² de superficie con una densidad de 55 plantas, la distancia de surcos fue de 1 m y la distancia entre plantas de 0.5 m, separadas a 2 m de distancia entre cada unidad experimental. La siembra fue realizada con espeque por golpe. La superficie total del experimento fue de 1517 m².

Antes de la siembra se hizo la preparación del terreno. Se utilizó semillas de caupí de la variedad INIAP 634 (INIAP 2005, 2010). El control de malezas se realizó manualmente. No se realizó ningún riego. Durante el ciclo del cultivo, se aplicó clorpirifos (Lorsban) en dosis de 0.8 L/ha a los 25 días después de la siembra, para el control de plagas. La cosecha se realizó a los 65 días después de la siembra cuando el cultivo alcanzó la madurez fisiológica.

Factores de estudio

Factor A: Dosis de ácido húmico (AH) (STARLITE®). El STARLITE es un regulador agrícola que contiene ácidos húmicos 12.0 %, Corg. 1.5%, Sílica Activa 1.5, Microalgas 3.63% (Mundo verde 2013)

A1. 0 cm³/ha (Testigo absoluto)

A2. 500 cm³/ha

A3. 1000 cm³/ha

A4. 1500 cm³/ha

Factor B: Épocas de aplicación

B1. Aplicación a los 15 días después de la siembra

B2. Aplicación a los 30 días después de la siembra

B3. Aplicación a los 45 días después de la siembra

Tratamientos. Las aplicaciones y/o los tratamientos con AH's fueron realizados con una mochila manual de 20 L de capacidad en las primeras horas de la mañana o en las últimas horas de la tarde, para los fuertes soles que se dan en la zona. Los tratamientos aplicados (tabla 1) fueron los siguientes.

Tabla 1 Tratamientos de ácido húmico e intervalos de aplicación

Nº	Dosis de Acido húmico	Intervalos de aplicación
T1	0 cm ³ /ha (Testigo absoluto)	Aplicación 15 días después de la siembra
T2	0 cm ³ /ha (Testigo absoluto)	Aplicación 30 días después de la siembra
T3	0 cm ³ /ha (Testigo absoluto)	Aplicación 45 días después de la siembra
T4	500 cm ³ /ha	Aplicación 15 días después de la siembra
T5	500 cm ³ /ha	Aplicación 30 días después de la siembra
T6	500 cm ³ /ha	Aplicación 45 días después de la siembra
T7	1000 cm ³ /ha	Aplicación 15 días después de la siembra
T8	1000 cm ³ /ha	Aplicación 30 días después de la siembra
T9	1000 cm ³ /ha	Aplicación 45 días después de la siembra
T10	1500 cm ³ /ha	Aplicación 15 días después de la siembra
T11	1500 cm ³ /ha	Aplicación 30 días después de la siembra
T12	1500 cm ³ /ha	Aplicación 45 días después de la siembra

La aplicación de AH se realizó con una mochila manual JACTO

Variables de respuesta. Para la medición de las variables de respuesta se eligieron 10 plantas al azar en cada unidad experimental. Las evaluaciones se realizaron a los 15 días después de la siembra y posteriormente cada siete días. Se consideró las siguientes variables de respuesta:

Dosis y época de aplicación de AH en el cultivo de Cauquí.

Rendimiento del cultivo de Cauquí.

Altura de planta (cm). Se evaluó a los 15 días después de la siembra, posteriormente cada semana. Para la toma de esta variable se utilizó una cinta métrica desde el ras del suelo hasta el ápice de la planta.

Diámetro del tallo (mm). Se utilizó un calibrador vernier, se evaluó a los 15 días después de la siembra y luego cada semana hasta la cosecha.

Longitud de vaina (mm). Se midió con una cinta métrica cada vaina cosechada.

Número de mazos comerciales. Se contaron los frutos comerciales, formando mazos de 20 vainas.

Peso de los mazos comerciales (g).

Análisis económico. Para el análisis económico de los tratamientos se empleó el cálculo de Presupuesto Parcial sugerida por el CIMMYT (1988), que con-

sidera los Costos Variables y Beneficios Neto de cada tratamiento.

Se determinaron los Beneficios Brutos, Total de Costos Variables y Beneficios Netos por Tratamiento. Con el Análisis de Dominancia se eliminaron los tratamientos con Beneficios Netos menores o igual a los de un tratamiento de Costo Variable más bajo. Con los tratamientos que resultan dominantes, se efectuó el Análisis mediante la diferencia entre los Beneficios Netos y Retorno Requerido, que se estimó en base a una Tasa Mínima de Retorno de 100 %, con lo que se consideró como mejor alternativa al tratamiento con mayor diferencia.

Análisis estadístico

Se utilizó el diseño de tratamientos factorial 3 x 4 en DBCA con cuatro repeticiones para controlar solo el factor fertilidad. El análisis de varianza (ANVA) para dosis y épocas, fue realizado utilizando el Proc GLM del SAS (SAS 2004, Gabriel *et al.* 2017), previa comprobación de la distribución normal y la homogeneidad de varianzas. También se realizó una comparación de medias mediante contrastes de los grados de libertad a través del Proc GLM del SAS (SAS 2004; Gabriel *et al.* 2017), para determinar rendimientos. Finalmente se hizo un análisis de correlación utilizando el coeficiente de Pearson para todas las variables (SAS 2004, Gabriel *et al.* 2017).

Resultados

Análisis de suelo antes y después de la investigación. Los resultados del análisis de suelo antes de comenzar (Tabla 2) indica que es un suelo bajo en

Nitrógeno (N), Fosforo (P), Azufre (S), Zinc (Zn), Manganeso (Mn) y Boro (B), con altos contenidos en Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Cobre (Cu) e Hierro (Fe).

Tabla 2 Análisis de suelo antes de la investigación

ppm		meq/100mL			Ppm					
N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B
10 B	4 B	0.50 A	17 A	5.5 A	3 B	1.4 B	5.3 A	76 A	5.5 B	0.50 B

B = Bajo, A = Alto

Los resultados al terminar el ensayo (Tabla 3) señalan que el suelo aún tenía bajo Nitrógeno (N), Fosforo (P), Azufre (S), Zinc (Zn), Hierro (Fe), Manganeso (Mn) y Boro (B), con altos contenidos en

Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Cobre (Cu). Sin embargo, el Nitrógeno (N) subió de 10 a 12 ppm, el Fosforo (P) de 4 a 6 ppm, el Azufre (S) de 3 a 9 ppm, también subieron el Magnesio (Mg) de 5.5 a 6 ppm, Cobre (Cu) de 5.3 a 7.8 ppm.

Tabla 3 Análisis de suelo después de la investigación

ppm		meq/100mL			Ppm					
N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B
12 B	6 B	0.47 A	13 A	6.0 A	9 B	1.1 B	7.8 A	15 B	3.9 B	0.33 B

B = Bajo, A = Alto

Análisis de varianza (ANVA). El ANVA para altura de planta (AP), diámetro de tallo (DT), largo de vaina (LV), número de mazos (NM) y peso promedio de mazos (PPM) mostró un coeficiente de variabilidad (CV) entre 5 a 23%, apropiado para este tipo de experimentos (Tabla 4).

Asimismo, se observó diferencias altamente notables ($p < 0.01$) para repetición, dosis, época e interacción dosis por época, para las variables AP, DT, LV, NM y PPM. Indicando esto que al menos uno de los tratamientos fue diferente.

Tabla 4 Análisis de varianza para altura de planta (AP), diámetro de tallo (DT), largo de vaina (LV), número de mazos (NM) y peso promedio de mazos (PPM)

FV	gl	AP	DT	LV	NM	PPM
Rep	3	892.90 **	84.68 **	3.20 *	133.47 **	1904.20 **
Dosis	3	2571.16 **	54.64 **	20.11 **	526.33 **	5196.68 **
Época	2	5794.28 **	167.81 **	50.37 **	932.82 **	779.39 **
Dosis x Época	6	3034.86 **	94.08 **	50.37 **	511.22 **	3037.47 **
Error	1137	84.63	3.36	1.12	6.56	135.94
Total	1151					
CV (%)		22.58	23.03	5.10	20.38	11.32

AP = Altura de planta (cm), LV = Longitud de Vaina (cm), NM = Número de mazos (kg), PPM = Peso Promedio de mazos (kg), DT = Diámetro de tallos (mm), * = Notable al 5% de probabilidad, ** = Altamente notable al 1% de probabilidad.

El análisis de comparación de medias mediante la prueba de tukey al $p < 0.05$ de probabilidad, indica que hubo diferencias notables para la dosis A3 (1000 cm^3/ha), para las variables AP, DT y NM (Tabla 5). En cambio, hubo diferencias notables

($p < 0.05$) de la dosis A2 (500 cm^3/ha) para LV y la dosis A4 (1500 cm^3/ha) para PPM. Se debe observar que todas las dosis fueron notables ($p < 0.05$) respecto de la dosis testigo (A1=0 cm^3/ha).

Tabla 5 Comparación de medias mediante la prueba de tukey para dosis

AP	DT	LV	NM	PPM
(A3) 43.59 a	(A3)8.57 a	(A2)21.05 a	(A3)13.88 a	(A4) 107.62 a
(A4) 42.32 a	(A4)8.16 ab	(A4)20.91 ab	(A4)13.10 b	(A2) 104.24 b
(A2) 40.24 b	(A2)7.75 ab	(A3)20.74 b	(A2)12.58 b	(A3) 162.20 b
(A1) 36.75 c	(A1)7.33 c	(A1)20.43 c	(A1)10.70 c	(A1) 97.42 c
DMS = 1.97	DMS = 0.48	DMS = 0.23	DMS = 0.54	DMS = 2.49

AP = Altura de planta (cm), LV = Longitud de Vaina (cm), NM = Número de mazos (kg), PPM = Peso Promedio de mazos (kg), DT = Diámetro de tallos (mm), * = Notable al 5% de probabilidad, ** = Altamente notable al 1% de probabilidad.

Según el análisis de medias mediante la prueba de tukey, se observaron diferencias notables al $p < 0.05$ de probabilidad (Tabla 6). En este análisis se encontró que la mejor época de aplicación fue para la época de aplicación B2 (aplicación a los 30 días

después de la siembra), para las variables AP, DT, LV y NM y no así para PPM, en la que hubo mejor respuesta para la época de aplicación B1 (aplicación a los 15 días después de la siembra).

Tabla 6 Comparación de medias mediante la prueba de tukey para épocas

AP	DT	LV	NM	PPM
(B2) 45.20 a	(B2)8.88 a	(B2) 21.19 a	(B2)14.34 a	(B1)104.44 a
(B3) 38.77 b	(B3)7.64 b	(B1) 20.66 b	(B1)11.96 b	(B2)102.89 ab
(B1) 38.21 b	(B1)7.35 b	(B3) 20.49 b	(B3)11.40 b	(B3)101.59 b
DMS = 1.55	DMS = 0.38	DMS = 0.17	DMS = 0.43	DMS = 1.97

AP = Altura de planta (cm), LV = Longitud de Vaina (cm), NM = Número de mazos (kg), PPM = Peso Promedio de mazos (kg), DT = Diámetro de tallos (mm), * = Notable al 5% de probabilidad, ** = Altamente notable al 1% de probabilidad.

Análisis de correlación. El análisis de correlación mediante el coeficiente de Pearson, evidenció una alta correlación altamente notable ($p < 0.01$) entre las variables AP y DT (Tabla 7). Las correlaciones entre las variables AP, LV y NM fueron bajas y

notables. Es importante mencionar que las correlaciones entre las variables AP, LV y NM fueron bajas y notables. Esto muestra una tendencia de algún efecto de relación, pero no fue notorio. No hubo ninguna correlación entre AP, DT con PPM.

Tabla 7 Análisis de correlación mediante el coeficiente de Pearson para las variables AP, DT, LV, NM y PPM

	AP	DT	LV	NM	PPM
AP	1.00	0.54 **	0.18 **	0.39 **	0.06 ns
DT		1.00	0.23 **	0.36 **	0.04 ns
LV			1.00	0.33 **	0.06 *
NM				1.00	0.19 **
PPM					1.00

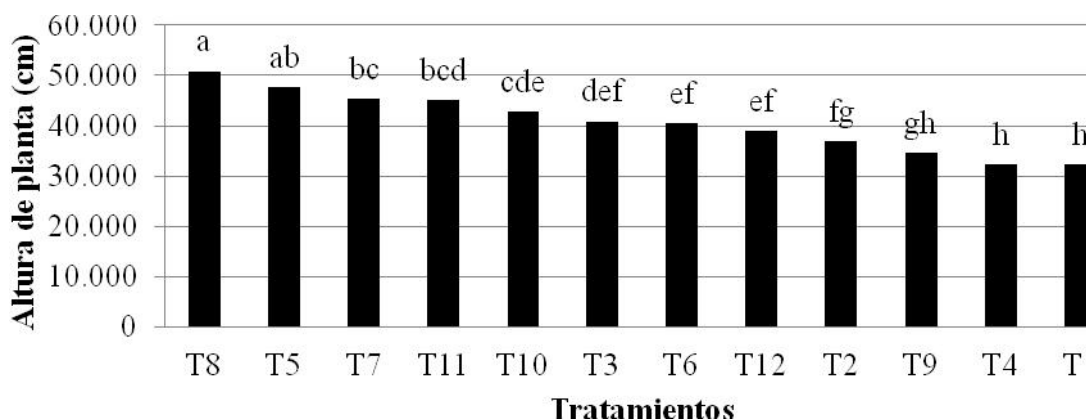
AP = Crecimiento en cm, LV = Longitud de Vaina (cm), NM = Número de mazos (kg), PPM = Peso Promedio de mazos (kg), DT = Diámetro de tallos (mm), * = Notable al 5% de probabilidad, ** = Altamente notable al 1% de probabilidad.

Análisis del efecto de los de los tratamientos de ácido húmico e intervalos de aplicación. Para este análisis solo se consideraron las variables altamente notables ($p < 0.01$) correlacionadas.

La Figura 1 expresa que los tratamientos T5 y T8 fueron superiores al testigo T1 en relaciona a todos

los demás tratamientos. En otras palabras, la aplicación de 500 cm³/ha y 1000 cm³/ha a los 30 días después de la siembra, resultaron los mejores tratamientos.

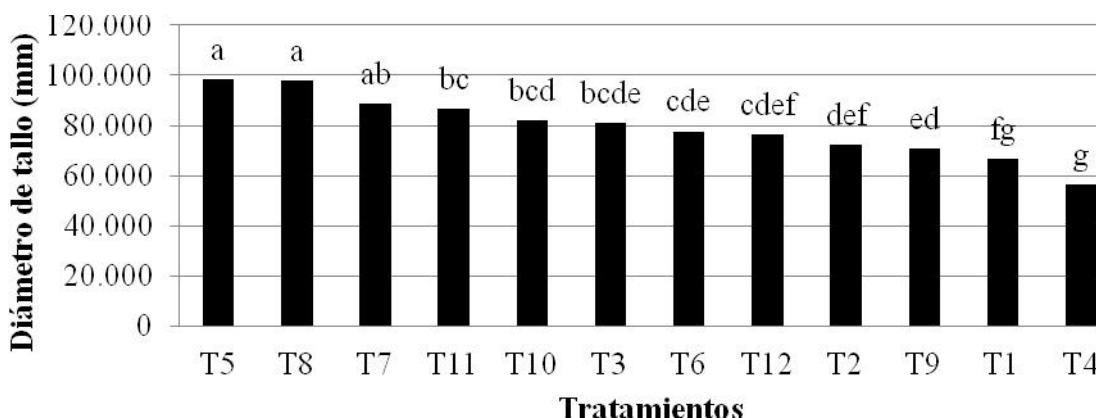
Figura 1 Efecto en la altura de planta (AP) de los tratamientos de ácido húmico e intervalos de aplicación



El la Figura 2 se observa que los tratamientos T5 y T8 fueron superiores al testigo T1 y a todos los demás tratamientos. En otras palabras la aplicación de

500 cm³/ha y 1000 cm³/ha a los 30 días después de la siembra, resultaron los mejores tratamientos.

Figura 2 Efecto en el diámetro de tallo (DT) de los tratamientos de ácido húmico e intervalos de aplicación



Análisis económico. La Tabla 8, muestra el cálculo del presupuesto parcial donde se observa que los

tratamientos T3 (0 cm³/ha x aplicación 45 días después de la siembra), T2 (0 cm³/ha x aplicación 30

días después de la siembra) y T1 (0 cm³/ha x aplicación 15 días después de la siembra), son los que presentan los menores costos variables. No así los tratamientos T11 (1500 cm³/ha x aplicación 30 días después de la siembra), T10 (1500 cm³/ha x aplica-

ción 15 días después de la siembra) y T12 (1500 cm³/ha /ha x aplicación 45 días después de la siembra), son los que presentan los costos variables más elevados.

Tabla 8 Cálculo de presupuesto parcial de los tratamientos

Concepto	Tratamientos											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Rendimiento (mazos/ha)	19680	20620	23960	19080	32620	23800	30000	32880	20460	26960	28600	23060.00
Beneficio Bruto (USD/ha)	984	1031	1198	954	1631	1190	1500.00	1644	1023	1348	1430	1153
Ácido húmico Starlite	0	0	0	3.5	3.5	3.5	7	7	7	10.5	10.5	10.5
Aplicación de Abono foliar y biocatalizador Agrícola	0	0	0	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Total de costos variables (USD/ha)	0	0	0	23	23	23.5	27	27	27	30.5	30.5	30.5
Beneficio Neto (USD/ha)	984	1031	1198	930	1607.5	1166.5	1473	1617	996	1317.5	1399.5	1122.5

Según el análisis de dominancia (Tabla 9), resultaron como tratamientos dominados al tratamiento T8 (1000 cm³/ha x aplicación 30 días después de la siembra), T5 (500 cm³/ha x Aplicación 30 días des-

pues de la siembra) y T7 (1000 cm³/ha x Aplicación 15 días después de la siembra).

Tabla 9 Análisis de dominancia de los tratamientos

Tratamientos	CV	BN	
T8	1000 cm ³ /ha x Aplicación 30 días después de la siembra	27.0	1617.0*
T5	500 cm ³ /ha x Aplicación 30 días después de la siembra	23.5	1607.5*
T7	1000 cm ³ /ha x Aplicación 15 días después de la siembra	27.0	1473.0*
T11	1500 cm ³ /ha x Aplicación 30 días después de la siembra	30.50	1399.5
T10	1500 cm ³ /ha x Aplicación 15 días después de la siembra	30.50	1317.5
T3	0 cm ³ /ha (Testigo absoluto) x Aplicación 45 días después de la siembra	0.00	1198.0
T6	500 cm ³ /ha x Aplicación 45 días después de la siembra	23.5	1166.5
T12	1500 cm ³ /ha x Aplicación 45 días después de la siembra	30.5	1122.5
T2	0 cm ³ /ha (Testigo absoluto) x Aplicación 30 días después de la siembra	0.0	1031.0
T9	1000 cm ³ /ha x Aplicación 45 días después de la siembra	27.0	996.0
T1	0 cm ³ /ha (Testigo absoluto) x Aplicación 15 días después de la siembra	0.0	984.0
T4	500 cm ³ /ha x Aplicación 15 días después de la siembra	23.5	930.5

* Tratamientos no dominados, BN=Beneficio Neto, CV=Costos Variables.

El Análisis marginal de los tratamientos no dominados (Tabla 10), determino en la variable rendimiento mazos por hectárea, que la mejor alternativa económica es el tratamiento T8, donde se utilizó 1000

cm³/ha de ácido húmico, aplicado a los 30 días después de la siembra, el mismo que presenta un beneficio neto de USD 1617.00 y un costo variable de

USD 27.00, lo cual establece una Tasa de Retorno

Marginal de 271.43 %.

Tabla 10 Calculo de presupuesto parcial de los tratamientos

	Tratamientos	BN (USD/ha)	CV (USD/ha)	IMBN (USD/ha)	IMCV (USD/ha)	TRM (%)
T8	1000 cm ³ /ha x Aplicación 30 días después de la siembra	1617.0	27.0	9.5	3.5	271.4
T5	500 cm ³ /ha x Aplicación 30 días después de la siembra	1607.5	23.5	134.5	-3.5	
T7	1000 cm ³ /ha x Aplicación 15 días después de la siembra	1473.0	27.0			

BN=Beneficio Neto, CV=Costos Variables, IMBN=Incremento Marginal de Beneficio Neto, IMCV=Incremento Marginal de Costos Variables, TRM=Tasa de Retorno Marginal.

Discusión

El cultivo de caupí tiene una marcada demanda de Fe, para su normal desarrollo. Chen & Aviad (1990) indican que los AH's pueden ser aplicados en suelo o follaje. La aplicación de AH's ayuda a mejorar la absorción de macro y micronutrientes, a través de un proceso de quelación, produciendo un mayor crecimiento de la planta incluyendo una mayor formación de raíces, aspectos que fueron ampliamente discutidos por Motaghi & Nejad (2014). En la investigación realizada, aunque no se evidenció la demanda alta de Fe, por parte del cultivo, será necesario en futuros estudios realizar mayores análisis al respecto.

Se observó mayor AP (48.76 cm) y DT (9.66 mm) para el tratamiento donde se utilizó una dosis de 1000 cm³/ha de AH's, lo que coincide con lo aplicado por El-Hefny (2010), quien indica que los AH's tienen una influencia positiva sobre la AP, DT, LR, NH así como en la masa fresca y seca de la raíz y área foliar. Además, menciona que dos cultivares de caupí tuvieron alto contenido de N, P, K en peso en planta fresca y en el rendimiento total de vainas. Mejorando además La tasa de las relaciones de K/Na y Ca/Na ratio. También el N, P, K, mejoró el contenido la proteína y carbohidrato en las semillas de caupí.

En este estudio, los datos indican que la mejor época de aplicación del AH's fue a los 30 días, logrando una longitud de vaina de 21.16 cm y 14.34 número de mazos en 10 plantas. Asimismo, se encontró que el PPM comerciales tuvo mejor rendimiento a los 15 días después de la siembra con 104.44 g, aspecto que coincide con los reportado por Guerrero-Ruiz (2012), quién señala que el uso de AH's y fúlvicos ayuda a obtener mejores rendimientos y calidad en cultivos hortícolas, que es una opción propicia para el productor.

Casco-Logroño & Martínez-Rosero (2011), aplicaron AH's en menos de 1 L/ha en un ensayo de frejol, obteniendo una ganancia de USD 1398.88/ha con una inversión de USD 1018.92 en 83 días. Similares resultados fueron logrados en caupí en la presente investigación, donde se observó que el tratamiento T8 (1000 cm³/ha de AH, aplicado a los 30 días después de la siembra), lográndose un beneficio neto de USD 1617.00 y un costo variable de USD 27.00, lo que establece una Tasa de Retorno Marginal de 271.43 %.

Se debe mencionar que no hubo correlación entre AP, DT con PPM, esto está indicando que ninguna de las variables evaluadas es útil para seleccionar los cultivares más productivos.

Finalmente se debe mencionar que investigadores como Hafiz & Damarany (2006), mencionan que

hay diferentes respuestas entre los diferentes genotipos de caupí a la aplicación de AH. Ellos evaluaron cinco cultivares de caupí en el norte de Egipto, el cultivar B-Crowder fue resistente a plagas, pero no hubo significancia sobre las vainas/planta y semillas/vaina, pero el cultivar TV u-21, produjo un alto peso de 1000 semilla (g). Esto está indicando que será necesario introducir nuevos cultivares de caupí para evaluar la respuesta de los genotipos a la fertilización con ácidos húmicos y fúlvicos.

Conflictos de intereses

Los autores declaran que la presente investigación no tiene conflictos de intereses con la Universidad Estatal del Sur de Manabí.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM) por el financiamiento para realizar la presente investigación.

Literatura citada

Abdel-Mawgoud AMR, El-Greadly NHM, Helmy YI, Singer SM. Responses of tomato plants to different rates of humic-based fertilizer and NPK fertilization. *J Appl Sci Res* 2007;3(2): 169-74.

Casco-Logroño CA, Martínez-Rosero AF. Efecto de la aplicación de cinco ácidos húmicos en el cultivo de dos variedades de frejol (*Phaseolus Vulgaris* L) en Carpuela, Imbabura. [Tesis de Licenciatura]. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ibarra, Ecuador. 2011.

Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). La formulación de reco-

mendaciones a partir de los datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. Edición completamente revisada. México, DF. México. CIMMYT. Programa de economía. 1988. p. 79.

Chen Y, Aviad T. Effects of humic substances on plant growth. Page 161-186 in MacCarthy, P., C.E. Clapp, R Malcolm and P.R. Bloom (eds.) *Humic Substances in Soil and Crop Sciences: Selected Reading ASA and SSSA*, Madison, Wisconsin, USA. 1990.

El-Hefny EM. Effect of saline irrigation water and humic acid application on growth and productivity of two cultivars of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). *Aust J Basic & Appl Sci* 2010;4(12):6154-68.

Gabriel J, Castro C, Valverde A, Indacochea B. Diseños experimentales: Teoría y práctica para experimentos agropecuarios. Grupo COMPAS, Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM), Jipijapa, Ecuador; 2017. p. 146.

Ghorbani S, Khazaei HR, Kafi M, BanayanAval M. The effect of adding humic acid to irrigation water on yield and yield components of corn. *J Agric Ecol* 2010;2:123-31.

Guerrero-Ruiz JC. Efecto de los ácidos húmicos en productividad de hortalizas. Investigador en el Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora, México. 30 de mayo, 2012. Disponible en: <http://www.hortalizas.com/articulo/27981/efecto-de-los-acidos-humicos-en-productividad-de-hortalizas>

Hafiz NA, Damarany AM. Variation in the susceptibility of some cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) genotypes to infestation with certain pests in upper Egypt. *Ass Univ Bull Environ Res* 2006;9(1):7-15.

- Haghighi S, Saki-Nejad T, Lack SH. Evaluation of changes the qualitative & quantitative yield of horse been (*Vicia faba* L.) plants in the levels of humic acid fertilizer. *Life Sci J* 2011;8(3): 583-8.
- INIAP. Estación Experimental Portoviejo Programa de Horticultura/Plegable Divulgativo No 218/ INIAP 463 Variedad de Caupí de grano blanco /Origen origen y características agronómicas/ Portoviejo. 2005.
- INIAP. Manual N° 84 de Buenas prácticas agrícola y estimación de costos de producción para cultivo de ciclo corto en Manabí / Caupí (*Vigna unguiculata*)/Antecedentes/pg. 54/ Portoviejo. 2010.
- Kouchaki A, BanayanAval M. Legumes Farming, Jihad Daneshgahi Publications, Mashad, 2007. p. 67-79.
- Marschner H. Mineral nutrition of higher plant .In: Marschner, H: Function of mineral nutrients: microelement. p. 313-324. 2nd edition, Academic press Inc. London. 1995.
- Motaghi S, Nejad TS. The effect of different levels of humic acid and potassium fertilizer on physiological indices of growth. *Int J Biosci* 2014; 5(2):99-105.
- Mundo verde. STARLITE®. Regulador Agrícola. 2013. Disponible en: <http://mundoverde.com.ec/pages/productos/starlite.htm>.
- Sabzevari SH, Khazaei R. The effect of foliar spray of different levels of humic acid on growth characteristics and yield of wheat, Pishtaz cultivar. *J Agric Ecol* 2009;1:53-63.
- SAS Institute Inc. SAS/STAT Users Guide, Version 9.2, Fourth Edition, Vol. 2, SAS Institute Inc., Cary, N.C. 2004.
- Sharifi M, khattak RA, Sarir MS. Effect of different levels of lignitic coal derived humic acid on growth of surface-irrigated wheat. *Agr Sci* 2002;52:207-10.
- Veliz DC. Respuesta del cultivo de caupí (*Vigna unguiculata*) a la aplicación foliar de dosis y épocas de ácido húmico sobre la producción. [Tesis de Licenciatura]. Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Manabí, Ecuador. 2013.
-