

**Efecto de los ácidos carboxílicos como  
acondicionador de suelo Promesol<sup>®</sup> 5X y  
bioestimulante radicular Nutrisorb<sup>®</sup> L y  
micorriza Mycoral R en el suelo y la variedad  
de frijol Amadeus 77**

**Gerardo Antonio Abascal Ponciano**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano**

**Honduras**

Noviembre, 2018

ZAMORANO  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**Efecto de los ácidos carboxílicos como  
acondicionador de suelo Promesol<sup>®</sup> 5X y  
bioestimulante radicular Nutrisorb<sup>®</sup> L y  
micorriza Mycoral R en el suelo y la variedad  
de frijol Amadeus 77**

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

Presentado por:

**Gerardo Antonio Abascal Ponciano**

**Zamorano, Honduras**

Noviembre, 2018

# **Efecto de los ácidos carboxílicos como acondicionador de suelo Promesol® 5X y bioestimulante radicular Nutrisorb® L y micorriza Mycoral R en el suelo y la variedad de frijol Amadeus 77**

**Gerardo Antonio Abascal Ponciano**

**Resumen.** El uso de bioestimulantes radiculares puede influir positivamente en el desarrollo de la planta, mejorando la absorción de nutrientes y las características físico-químicas del suelo. El objetivo del estudio fue comparar el efecto de un acondicionador de suelo y dos bioestimulantes radiculares Mycoral R y Nutrisorb® L (orgánico) sobre el crecimiento de frijol común y su impacto en el suelo. El estudio se realizó en casa malla del Programa de Investigaciones en Frijol, Zamorano, Honduras. Se evaluaron seis tratamientos de tres productos: 1) Promesol® 5X, 2) Nutrisorb® L, 3) Mycoral R (micorriza vesículo-arbuscular), 4) Promesol® 5X + Nutrisorb® L, 5) Promesol® 5X + Mycoral R) y 6) testigo, en dos tipos de suelo. Se utilizó un arreglo factorial  $6 \times 2$  en un diseño de bloques completos aleatorizados con tres repeticiones. El análisis estadístico se realizó con el programa SAS® 9.4 por comparaciones múltiples DMS Fisher al 5%. El mejor rendimiento se obtuvo al aplicar acondicionador de suelo y bioestimulante. Hubo una correlación positiva entre el rendimiento y la longitud y volumen de raíces, que fueron significativamente diferentes ( $P \leq 0.05$ ) a los obtenidos con la micorriza y el testigo. No hubo interacción entre producto  $\times$  tipo de suelo. No hubo diferencias en los dos tipos de suelos para pH y CIC entre los productos y el testigo. El uso de Promesol® 5X, Nutrisorb® L y la combinación entre estos, presentaron un efecto positivo sobre el incremento de rendimiento en comparación con el testigo y el uso de Mycoral R. Económicamente es mejor no aplicar ningún producto.

**Palabras clave:** Absorción de nutrientes, estructura, materia orgánica, raíz, rendimiento.

**Abstract.** The use of radicular biostimulants can positively influence plant development, improving nutrient absorption and soil physicochemical characteristics. The objective of the study was to compare the effect of a soil conditioner and two radicular biostimulants Mycoral R and Nutrisorb® L (organic) on the growth of dry bean and its impact in the soil. The study was carried out in the greenhouses of the Bean Research Project, Zamorano, Honduras. Six treatments were evaluated using three products: 1) Promesol® 5X, 2) Nutrisorb® L, 3) Mycoral R (arbuscular vesicular mycorrhiza), 4) Promesol® 5X + Nutrisorb® L, 5) Promesol® 5X + Mycoral R) and 6) control, in two soil types. A  $6 \times 2$  factorial arrangement was used in a completely randomized block design with three repetitions. The statistical analysis was carried out using the program SAS® 9.4 with the multiple comparison LSD Fisher method at 5%. The best yield was obtained when a soil conditioner and biostimulant were applied. A positive correlation was observed between yield and root length and volume, there were significantly different to those obtained with the use of mycorrhizae and the control. There was no interaction between product  $\times$  soil types. No differences were presented in the two types of soils for pH and CIC between the the products and the control. The use of Promesol® 5X, Nutrisorb® L and the combination of these, had a positive effect on the increase in yield compared to the control and the use of Mycoral R. Economically it is better to not apply any product

**Key words:** Nutrient absorption, organic matter, root, structure, yield.

## CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de Cuadros y Figuras.....	v
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>3</b>
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>9</b>
<b>4. CONCLUSIONES.....</b>	<b>17</b>
<b>5. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>18</b>
<b>6. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>19</b>

## ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadros	Páginas
1. Resultados de los análisis de suelos de los lotes Parcela y Vega 4. Zamorano, Honduras, 2018.....	3
2. Etapas de desarrollo de la planta de frijol variedad Amadeus 77. Fuente: INTA (2009). .....	4
3. Volumen de riego diario por etapa del cultivo de frijol var. amadeus 77, para determinar el efecto de un acondicionador de suelos (Promesol® 5X) y dos bioestimulantes (Mycoral R y Nutrisorb® L), Casa malla, proyecto PIF, EAP, Zamorano, Hondura.....	5
4. Tratamientos para determinar el efecto de un acondicionador de suelos (Promesol® 5X) y dos bioestimulantes (Mycoral R y Nutrisorb® L), en el suelo y el cultivo de frijol común var. Amadeus 77, Casa malla, proyecto PIF, EAP, Zamorano, Honduras. ....	7
5. Precios de los productos establecidos por la casa comercial utilizados para la evaluación de frijol variedad Amadeus 77 en dos tipos de suelos. Zamorano, Honduras.....	8
6. Efecto de un acondicionador de suelo, bioestimulante radicular y micorriza sobre en número de granos por planta, número de vainas por planta y rendimiento en frijol común var. Amadeus 77. Zamorano, Honduras.....	9
7. Efecto del factor suelo y su interacción con el producto en número de granos por planta, numero de vainas por planta y rendimiento en frijol común var. Amadeus 77. Zamorano, Honduras. ....	10
8. Efecto de un acondicionador de suelo, bioestimulante radicular y micorriza sobre la longitud, diámetro y volumen de raíz en frijol común var. Amadeus 77. PIF, Zamorano, Honduras. ....	11
9. Efecto del factor suelo sobre la longitud, diámetro y volumen de raíz en frijol común var. Amadeus 77. PIF, Zamorano, Honduras. ....	12
10. Efecto de la interacción de un acondicionador de suelo, bioestimulante radicular y micorriza con dos suelos sobre el diámetro de raíz en frijol común var. Amadeus 77. PIF, Zamorano, Honduras. ....	13
11. Correlación entre rendimiento, longitud, diámetro y volumen de raíz de frijol común var. Amadeus 77. Zamorano, Honduras. ....	13
12. Efecto en el suelo de los productos acondicionador de suelo, bioestimulante radicular y micorriza sobre las variables pH y CIC, para suelos de Parcela (Franco limoso) y Lote Vega 4 (Franco). Zamorano, Honduras. ....	14
13. Efecto de un acondicionador de suelo, bioestimulante radicular y micorriza sobre la estructura de los suelos. Zamorano, Honduras. ....	15

14. Cálculo de los beneficios netos y tasa marginal de retorno obtenidos a la aplicación de un acondicionador de suelos y un bioestimulante radicular a base de ácidos húmicos y micorriza sobre el rendimiento del frijol var. Amadeus 77. Zamorano, Honduras.....	16
---	----

# 1. INTRODUCCIÓN

A medida en que la población incrementa y se intenta disminuir el avance de la frontera agrícola para el sostén de los bosques, surge la necesidad de lograr una mayor producción sobre el mismo espacio de suelo manteniendo sus características productivas (FAO 2017). Para esto la tecnología ha desarrollado varias herramientas como lo son nutrientes, variedades mejoradas, acondicionadores de suelo y bioestimulantes entre otros. Esta última es a menudo relacionada con los fertilizantes y a pesar de que estos puedan trabajar en conjunto, una gran diferencia es la composición química y su mecanismo de acción sobre el metabolismo de las plantas para ayudar a su crecimiento y modificar la conformación radicular (Russo y Berlyn 1991).

Los bioestimulantes son diversos en cuanto a su composición. Según Zhang *et al.* (2003) estos son “materiales que, en cantidades diminutas, promueven el crecimiento de las plantas”. Estos compuestos son compatibles con la agricultura orgánica ya que no contienen químicos añadidos ni reguladores de crecimiento sintéticos y trabajan para mejorar la eficiencia en absorción y translocación de nutrientes y hormonas dentro de las plantas. Así mismo incrementan la resistencia a condiciones adversas para el crecimiento (Berlyn y Sivaramakrishnan 1996). Por ende, los bioestimulantes tienen funciones benéficas importantes para el organismo y sus procesos naturales, lo cual beneficia al desarrollo y rendimiento del cultivo actuando directamente sobre el metabolismo y fisiología o mejorando las condiciones del suelo y biodisponibilidad de nutrientes (Nardi *et al.* 2009). Existen bioestimulantes aplicados al suelo o aplicados al área foliar de la planta dependiendo de su composición y resultados deseados (Kunicki *et al.* 2010).

Un buen desarrollo radicular del cultivo equivale a una mayor área de absorción para la planta cuando los nutrientes son disponibles y la longitud de las raíces han demostrado ser un factor importante para la absorción de nutrientes poco móviles (Lynch 2007; White *et al.* 2013). Para apoyar el desarrollo radicular, existen productos en el mercado ya sea químicos orgánicos al igual que hongos y bacterias benéficas que trabajan en simbiosis con las raíces (du Jardin 2015; Colla *et al.* 2015; Rouphael *et al.* 2017).

Existen bioestimulantes a base de compuestos químicos orgánicos como lo son los ácidos carboxílicos, los cuales forman parte de los ácidos húmicos. Estos ácidos provenientes del humus, última fase de la materia orgánica descompuesta, poseen una alta conductividad eléctrica gracias a los grupos funcionales que conforman la cadena. Sin embargo, las cargas de estos ácidos son variables ya que son extremadamente diversos y nunca tiene la misma estructura (Berkowitz *et al.* 1974). Ambos ácidos se adhieren a las raíces de la planta y gracias a sus cargas negativas son capaces de atraer más cationes al mismo tiempo que ayudan a la raíz a expandirse en búsqueda de estos.

Los ácidos húmicos también ayudan en el acondicionamiento de suelo al proveer una mejor estructura gracias a su capacidad de retención de agua y estabilidad de los agregados (Piccolo *et al.* 1997)

Los bioestimulantes basados en el uso de microorganismos trabajan en simbiosis con las raíces para ayudar en la absorción de nutrientes presentes en el suelo. En el caso del hongo micorriza (VAM por sus siglas en inglés), este es atraído por los exudados de la raíz los cuales le proveen carbohidratos. A cambio, el hongo absorbe nutrientes a través de sus filamentos y los transporta hasta el interior de la raíz (Vásquez *et al.* 2000). La alianza interdependiente de los filamentos del hongo con la raíz causa una expansión en el área radical de la planta y, por ende, tanto raíz como filamentos, pueden alcanzar una mayor cantidad de nutrientes.

El frijol común (*Phaseolus vulgaris L.*) es un grano básico consumido por la mayoría de los hondureños, siendo este el segundo grano básico después del maíz. Es una de las principales fuentes de proteína y calorías para la población (Escoto 2004). Existen factores de suma importancia para el crecimiento y desarrollo de esta leguminosa que son el genotipo y el clima que dictan la duración de cada etapa del cultivo. El crecimiento del cultivo también depende del suelo en el que se le cultive (Rosas 2003). Las condiciones edafológicas adecuadas para este cultivo son suelos poco profundos de texturas franco arenosa y franco arcilloso con pH de 5.5 a 7.5 (INIFAP 1994).

Existen pocos estudios que comparan el uso de hongos benéficos con aplicaciones de ácidos orgánicos aplicados al suelo y la interacción entre ambos. En leguminosas, estos estudios son limitados por lo que se tiene poca información sobre el efecto de la interacción de estos dos factores sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo.

Basado en esto, se definió la hipótesis que al incrementar el volumen de raíces y pelos absorbentes se pretende obtener mejor desarrollo y rendimiento del cultivo en cuanto a producción en comparación a un testigo. Dado esto, el objetivo de este estudio fue:

- Determinar el efecto del uso de micorriza VAM, bioestimulante radicular y acondicionador de suelo a base de ácidos húmicos, en el cultivo del frijol variedad Amadeus 77 y dos tipos de suelo.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en casa malla del Programa de Investigaciones en Frijol (PIF) y en el Laboratorio de Suelos de la Escuela Agrícola Panamericana (EAP) ubicada a 30 km al SE de la ciudad de Tegucigalpa, Honduras, a una altura de 800 msnm, temperatura promedio de 23 °C y una precipitación anual de 374 mm durante el experimento de junio a agosto del 2018.

**El experimento.** Se utilizaron maceteros de 40 cm de altura con 20 cm de diámetro en la parte superior y 15 cm en la base. Se realizó un proceso de lavado y desinfección de los maceteros una solución de hipoclorito de sodio a una concentración de 2.5%. Posteriormente se agregó suelo hasta los 35 cm. Se compararon dos suelos, uno con textura franca y otro con textura franco limosa. Se utilizó un total de 312 maceteros, colocados en filas con un ancho de cuatro maceteros, espaciados a 2.5 cm entre sí. Los maceteros se ubicaron en tarimas de un metro de ancho y 10 metros de largo con una altura de 40 cm. Cada tarima representó una repetición. Los maceteros ubicados en los bordes de cada tarima no fueron evaluados para evitar el efecto de borde.

**Suelo.** Se evaluó el suelo en el Laboratorio de Suelos de la EAP previo a su colocación en los maceteros. El cual evidencia las diferencias entre los dos suelos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Resultados de los análisis de suelos de los lotes Parcela y Vega 4. Zamorano, Honduras, 2018.

Suelo	Textura <sup>c</sup>	pH <sup>Σ</sup>	%		P <sup>Φ</sup>	mg/kg (extractable)				cmol/kg CIC <sub>u</sub>
			MO <sup>Θ</sup>	N total <sup>Υ</sup>		K <sup>ϑ</sup>	Ca <sup>ϑ</sup>	Mg <sup>ϑ</sup>	Na <sup>ϑ</sup>	
Lote Parcela	Franco Limoso	5.53	2.85	0.14	30	545	1,982	244	12	10.8
Lote Vega 4	Franco	5.94	1.96	0.10	6	456	1,634	221	64	14.2
Rango Medio			2	0.2	13	Por: Saturación de bases				
			4	0.5	30					

<sup>Σ</sup>Relación suelo, agua 1:1. <sup>Θ</sup>Método de Walkley y Black (1947). <sup>Υ</sup>Estimado como el 5% de la materia orgánica. <sup>Φ</sup>Solución Extractora Mehlich 3, determinado por colorimetría. <sup>ϑ</sup>Solución extractora Mehlich 3, determinado por espectrofotometría de absorción atómica. <sup>u</sup>Método de acetato de amonio pH 7. <sup>ϑ</sup>Método de Bouyoucos.

**El cultivo.** Se utilizó la variedad de frijol rojo Amadeus 77 liberada por el Programa de Investigaciones en Frijol (PIF) de la EAP. Esta variedad que presenta un hábito de crecimiento arbustivo indeterminado, tipo II, la cual tiene una madurez intermedia alcanzando la madurez fisiológica a los 69 días (Rosas 2002).

**Siembra.** Posterior a la preparación de los maceteros se colocó la semilla de frijol variedad Amadeus 77 en cajas de plástico con papel humedecido para su germinación, estas se ubicaron por un periodo de tres días dentro del laboratorio del PIF. Posterior a la germinación se realizó el trasplante colocando dos plantas germinadas por macetero, a los 10 días posteriores del trasplante se realizó un raleo conservando la planta que presento el mayor vigor y eliminando la planta con menor vigor.

**Riego y fertilización.** El riego de los maceteros se realizó tomando en cuenta el requerimiento hídrico del cultivo utilizando el coeficiente del cultivo (Kc) en las fases, inicial, desarrollo, media y final del mismo según Arias *et al.* (2017) . Las etapas del cultivo se definieron basado en la información obtenida de INTA (2009) (Cuadro 2). Se utilizaron los datos de la evapotranspiración de referencia (Eto) y el coeficiente del cultivo (Kc) para determinar la evapotranspiración real (Etc) y suplir a la planta la cantidad adecuada de agua. Para determinar el volumen se utilizó la lámina de agua evapotranspirada (Etc) y el área del macetero (0.0314 m<sup>2</sup>). Finalmente se obtuvo el volumen a aplicar por macetero el cual varió entre las etapas del cultivo 0.66, 3.36, 5.70 y 2.10 para un total de 11.82 L/macetero (Cuadro 2).

Cuadro 2. Etapas de desarrollo de la planta de frijol variedad Amadeus 77. Fuente: INTA (2009).

Fase	Etapas	Código	DDS
Vegetativa	Germinación	V0	0-5
	Emergencia	V1	5-7
	Hojas primarias	V2	7-11
	Primera hoja trifoliada	V3	11-16
	Tercera hoja trifoliada	V4	16-23
Reproductiva	Prefloración	R5	23-32
	Floración	R6	32-36
	Formación de vainas	R7	36-44
	Llenado de vainas	R8	44-62
	Maduración	R9	62-77

DDS= días después e siembra.

Cuadro 3. Volumen de riego diario por etapa del cultivo de frijol var. amadeus 77, para determinar el efecto de un acondicionador de suelos (Promesol® 5X) y dos bioestimulantes (Mycoral R y Nutrisorb® L), Casa malla, proyecto PIF, EAP, Zamorano, Honduras.

Etapa fenológica	Kc	Duración días	Eto (mm)	Etc etapa (mm)	Volumen	
					mm/día	L/planta/etapa
Germinación-Hojas primarias	0.4	11	5	22	2.0	0.66
Primera hoja trifoliada-Prefloración	1.0	21	5	165	5.0	5.28
Floración-Llenado de vainas	1.2	30	5	108	6.0	3.42
Maduración	0.9	15	5	63	4.5	2.1.0

Se realizó una fertilización basada en Urea (46-0-0) y DAP (18-46-0) para suplir adecuadamente los requerimientos nutricionales de la planta. La dosis fue establecida con base en el análisis de suelos y la recomendación realizada por el Laboratorio de Suelos de Zamorano. El DAP fue utilizado para cubrir el requerimiento de fósforo, aplicando 0.5 g por planta en el suelo franco limoso y 0.6 g por planta en el suelo franco siete días después de trasplante (DDT). La urea por su parte suplió los requerimientos de nitrógeno, se aplicó de forma granulada en banda a una dosis de 0.5 g por planta en ambos suelos en el día 28 DDT.

**Prácticas culturales.** Se realizó un tutorado 14 DDT, para lo cual se colocó una estaca de bambú al lado del tallo de cada planta y se sujetó el tallo al bambú utilizando alambre para proveer soporte al mismo. A los 10 días de colocar las estacas se realizó otro amarre en la parte superior de la planta para proveer sostén al tallo que sostiene el área foliar formado posterior al primer amarre. Se realizó una poda de las guías del cultivo para mantener la planta a una altura aproximada de 80 cm.

**Variables.** El efecto del uso de los distintos productos, del suelo y la interacción entre ellos fue evaluado en los parámetros de biomasa radicular, agronómicos y características del suelo.

La biomasa radicular se midió en dos plantas ubicadas en el centro de cada repetición por tratamiento. Se separó el sistema radicular del sustrato con el cuidado de no dañar el mismo, esto se realizó a los 32 DDT, en la etapa de prefloración. Las raíces fueron limpiadas, utilizando panas con agua y jabón líquido; se removió el suelo y se enjuagó con agua. Las impurezas se retiraron manualmente. La raíz se almacenó en una solución de alcohol al 30% en envases de cristal. Se utilizó el equipo Epson® Scan Perfection V700, para escanearlas. Con las imágenes y el programa WinRHIZO® se obtuvo el diámetro (mm), volumen (cm<sup>3</sup>) y longitud de las raíces (m).

El rendimiento y crecimiento se evaluaron tomando las plantas de la unidad experimental que no se utilizaron para el análisis de la biomasa radicular. Se cosecharon a madurez (77

DDT), cuando se contó el número de vainas, semillas y el peso de semillas (g/planta). Las vainas luego de ser contadas fueron desgranadas para determinar el número de granos por planta. Los granos se colocaron dentro de un horno a 35 °C por dos días, hasta obtener una humedad de 14% y finalmente se pesaron en una balanza semi analítica.

El suelo se analizó previo a realizar la siembra para obtener una línea base de las condiciones del mismo. Se evaluaron los parámetros de textura, pH, materia orgánica (M.O.), nitrógeno, fósforo, potasio, sodio y capacidad de intercambio catiónico (CIC) (Cuadro 2). Al finalizar la cosecha se realizó un muestreo de suelo utilizando un barreno Hoffer, se tomaron dos muestras por macetero. El suelo de los maceteros del mismo tratamiento y repetición se homogenizaron en una bolsa y se analizaron en el Laboratorio de Suelos de Zamorano, para determinar la capacidad de intercambio catiónico y el pH. La estructura se evaluó cualitativamente a través del Slake Test (USDA 1999) donde categoriza la estructura del suelo según estabilidad siendo seis el suelo más estable y uno el más inestable.

**Tratamientos.** Los factores fueron: productos aplicados y el tipo de suelo. Para los productos se evaluó el uso de un bioestimulante a base de ácidos húmicos (Nutrisorb<sup>®</sup> L), un acondicionador de suelo a base de ácidos húmicos (Promesol<sup>®</sup> 5X) y otro a base de micorrizas (Mycoral R), la combinación del bioestimulante y el acondicionador de suelo, la combinación de micorrizas y el acondicionador de suelo y un testigo sin la aplicación de ningún producto. Por otro lado, se utilizaron dos tipos de suelos provenientes del Lote Parcela con una textura Franco Limosa (FL) y el Lote Vega 4 de las vegas de Monteredondo de la EAP Zamorano con textura Franca (F) (Cuadro 4).

Cuadro 4. Tratamientos para determinar el efecto de un acondicionador de suelos (Promesol® 5X) y dos bioestimulantes (Mycoral R y Nutrisorb® L), en el suelo y el cultivo de frijol común var. Amadeus 77, Casa malla, proyecto PIF, EAP, Zamorano, Honduras.

<b>Textura del suelo</b>	<b>Agente</b>	<b>Producto</b>
Franco Limoso (FL)	Testigo	Sin producto
Franco Limoso (FL)	Acondicionador (A)	Promesol® 5X
Franco Limoso (FL)	Bioestimulante (B)	Nutrisorb® L
Franco Limoso (FL)	Micorriza (VAM)	Mycoral R
Franco Limoso (FL)	A + B	Promesol® 5X + Nutrisorb® L
Franco Limoso (FL)	A + (VAM)	Promesol® 5X + Mycoral R
Franco (F)	Testigo	Sin producto
Franco (F)	Acondicionador (A)	Promesol® 5X
Franco (F)	Bioestimulante (B)	Nutrisorb® L
Franco (F)	Micorriza (VAM)	Mycoral R
Franco (F)	A + B	Promesol® 5X + Nutrisorb® L
Franco (F)	A + (VAM)	Promesol® 5X + Mycoral R

En el caso del acondicionador de suelo las aplicaciones se realizaron con una dosis por planta de 0.12 mL del producto Promesol® 5X en 100 mL de agua, aplicadas a los 0 y 28 DDT. El bioestimulante Nutrisorb® L se aplicó a una dosis por planta de 0.018 mL en 100 mL de agua, a los 0, 21 y 42 DDT y la micorriza (Mycoral R) se aplicó al momento del trasplante y a los 10 DDT, colocando 2.5 gramos por planta y un gramo por planta, respectivamente. Este producto presentó un conteo de seis esporas por gramo.

**Diseño experimental.** Bloques Completos al Azar (BCA) con arreglo factorial  $6 \times 2$  siendo seis los productos aplicados y dos los suelos como factores, con tres repeticiones por tratamiento, 36 unidades experimentales con ocho plantas por unidad experimental de las cuales las cuatro centrales se usaron para medir las variables.

**Análisis estadístico.** Los resultados fueron evaluados utilizando un análisis de varianza (ANDEVA) y una separación de medias por diferencia mínima significativa con un nivel de confianza del 95% ( $P \leq 0.05$ ). El análisis estadístico se realizó utilizando el programa Statistical Analysis Systems (SAS®) versión 9.4. Se establecieron correlaciones de Pearson entre las variables rendimiento, longitud de raíz, volumen de raíz y diámetro de raíz. El análisis de la estructura del suelo categoriza la estructura del suelo según la prueba de campo Slake Test según la estabilidad de los agregados. Para el análisis económico se realizó un análisis de costo-beneficio según los precios comerciales de los productos (Cuadro 5) y con los datos en rendimiento con una densidad de 166,666 plantas/hectárea con precios del frijol obtenidos del reporte semanal de precios de venta de productos agrícolas de la FHIA (2018) que indica un valor de HNL 2000 por 200 libras de frijol.

Cuadro 5. Precios de los productos establecidos por la casa comercial utilizados para la evaluación de frijol variedad Amadeus 77 en dos tipos de suelos. Zamorano, Honduras.

<b>Producto</b>	<b>Precio<sup>1</sup></b>	<b>Cantidad</b>
Promesol <sup>®</sup> 5X	HNL 5,000/ 20 litros	20 L/ha
Nutrisorb <sup>®</sup> L	HNL 6,500/ 20 litros	3 L/ha
Mycoral R	HNL 600/ 45 kg	584 kg/ha

<sup>1</sup>HNL 24.04/\$

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Variables agronómicas.

El factor producto en la aplicación de acondicionador de suelo, bioestimulante radicular y la combinación de acondicionador de suelo + bioestimulante radicular presentaron una diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) en comparación al testigo y la aplicación de micorriza en cuanto al rendimiento. La combinación de acondicionador + micorrizas presentó una diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) en el número de vainas en relación al testigo y la aplicación de micorrizas (Cuadro 6). El factor suelo (S) y la interacción producto  $\times$  suelo no presentó diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) para el número de granos, número de vainas y rendimiento. Las variables se pueden apreciar en el cuadro del efecto (Cuadro 7).

Cuadro 6. Efecto de un acondicionador de suelo, bioestimulante radicular y micorriza sobre en número de granos por planta, número de vainas por planta y rendimiento en frijol común var. Amadeus 77. Zamorano, Honduras.

Producto	Granos/planta	Vainas/planta	Rendimiento (kg/ha)
Acondicionador (A)	29.33	6.33 ab	1,396 a
Bioestimulante (B)	28.67	6.17 ab	1,406 a
Micorriza (VAM)	27.25	5.50 b	1,259 bc
A+B	28.25	6.25 ab	1,341 ab
A+VAM	28.33	7.08 a	1,286 abc
Testigo	25.75	5.83 b	1,164 c
Valor P	0.195 <sup>ns</sup>	0.04*	0.012*

<sup>ns, \*</sup> No significativo y significativo al  $P \leq 0.05$ . Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas

Cuadro 7. Efecto del factor suelo y su interacción con el producto en número de granos por planta, número de vainas por planta y rendimiento en frijol común var. Amadeus 77. Zamorano, Honduras.

Suelo	Granos/planta	Vainas/planta	Rendimiento (kg/ha)
Franco Limoso	27.72	6.11	7.70
Franco	28.14	6.28	8.02
Valor P	0.612 <sup>ns</sup>	0.526 <sup>ns</sup>	0.186 <sup>ns</sup>
P × S	0.178 <sup>ns</sup>	0.920 <sup>ns</sup>	0.230 <sup>ns</sup>

<sup>ns, \*</sup> No significativo y significativo al  $P \leq 0.05$ . Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas

El mayor rendimiento se obtuvo al aplicar bioestimulante radicular, aunque este no difiere significativamente ( $P > 0.05$ ) de la aplicación de acondicionador de suelo, la combinación acondicionador + bioestimulante y acondicionador + micorriza. Sin embargo, las aplicaciones de bioestimulante y acondicionador si difieren con el testigo y aplicación de micorriza. Estos datos concuerdan con (Bakry *et al.* 2014) quien comparó el uso de ácidos húmicos, micorriza y la combinación de estos en el rendimiento en semilla de lino (*Linum usitatissimum*), mostrando mejor rendimiento en la aplicación de ácidos húmicos en comparación con el testigo y micorriza, mientras que la aplicación de ácido húmico + micorriza no presentó ninguna diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) para esta variable. Así mismo, afectan de forma positiva la biodisponibilidad de nutrientes al aumentar la capacidad de intercambio catiónico (CIC), la cual se ve positivamente influenciada por la adición de ácidos húmicos según Ali y Mindari (2016). Al tener una mayor CIC, la absorción de nutrientes incrementa por la capacidad de los suelos de retener cationes y evitar que estos se lixivien (Cornell University 2010). Una investigación realizada por Paladines Cueva (2017) mostró resultados similares en cuanto al rendimiento para la variedad Amadeus 77, en donde no se encontró diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) entre la aplicación de micorriza y el testigo.

En la variable número de vainas, testigo y aplicación de micorrizas se presentó la menor producción, mientras que la combinación de acondicionador + micorriza mostró diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) en relación a los dos tratamientos previamente mencionados. Resultados similares a los obtenidos por Vijayakumari *et al.* (2012) en cultivo de soya (*Glycine max* L.), aplicando ácidos húmicos y micorriza no mostraron una diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) en relación al control. Sin embargo, la combinación de estos productos si muestran un incremento significativo ( $P \leq 0.05$ ) en el número de vainas.

El número de granos no tuvo diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) con ninguna de las aplicaciones. Estudio realizado por Mohajerani *et al.* (2016) en el cual se aplicó ácido húmico en tres variedades de frijol, no se encontraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) en el número de granos para la variedad D81083 con hábito de crecimiento indeterminado, observando diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) con uso de diferentes variedades. Por

consiguiente, la variedad o hábito de crecimiento del frijol puede tener un efecto sobre el número de semillas y número de vainas bajo aplicación de ácidos húmicos.

No se observó diferencia significativa ( $P>0.05$ ) para el factor suelo, respecto a las variables medidas. La composición físico-química de los suelos afectan la disponibilidad de nutrientes (Crouse 2017). Siendo estos de características similares, por consiguiente, no se presenta una diferencia significativa ( $P>0.05$ ) en los tratamientos por parte del factor suelo, ni la interacción producto  $\times$  suelo.

#### **VARIABLES DE RAÍZ.**

No hubo una diferencia significativa ( $P>0.05$ ) de los productos aplicados, tipo de suelo e interacción producto  $\times$  suelo para las variables de longitud y volumen de raíz (Cuadro 8). Los suelos no presentaron diferencias significativas ( $P>0.05$ ) en las tres variables previamente mencionadas. Y la interacción producto  $\times$  suelo presentó diferencias significativas ( $P\leq 0.05$ ) para la variable diámetro, únicamente (Cuadro 9). El único tratamiento que mostró un efecto positivo ( $P\leq 0.05$ ) fue la aplicación de acondicionador + bioestimulante.

Cuadro 8. Efecto de un acondicionador de suelo, bioestimulante radicular y micorriza sobre la longitud, diámetro y volumen de raíz en frijol común var. Amadeus 77. PIF, Zamorano, Honduras.

<b>Producto</b>	<b>Longitud (m)</b>	<b>Diámetro (mm)</b>	<b>Volumen (cm<sup>3</sup>)</b>
Acondicionador (A)	107.32	0.31 bc	7.92
Bioestimulante (B)	89.25	0.31 bc	6.57
Micorriza (VAM)	88.94	0.31 c	6.29
A+B	81.37	0.33 a	6.59
A+VAM	84.30	0.32 ab	6.56
Testigo	79.06	0.32 ab	6.53
Valor P	0.346 <sup>ns</sup>	0.033*	0.661 <sup>ns</sup>

<sup>ns,\*</sup> No significativo y significativo al  $P\leq 0.05$ . Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas.

Cuadro 9. Efecto del factor suelo sobre la longitud, diámetro y volumen de raíz en frijol común var. Amadeus 77. PIF, Zamorano, Honduras.

Suelo	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Volumen (cm <sup>3</sup> )
Franco Limoso	88.22	0.32	6.71
Franco	88.52	0.31	6.79
Valor P	0.969 <sup>ns</sup>	0.650 <sup>ns</sup>	0.895 <sup>ns</sup>
P × S	0.224 <sup>ns</sup>	0.002*	0.684 <sup>ns</sup>

<sup>ns</sup>, \* No significativo y significativo al  $P \leq 0.05$ . Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas.

Erdinc *et al.* (2016) quienes realizaron un estudio en inoculación de micorriza de varios genotipos de frijol común, observaron que el diámetro, longitud y volumen de raíz, obtuvieron variación en relación al control, dependiendo del genotipo y la cepa de micorriza utilizada. Estudios previos han reportado variaciones en la colonización de micorriza sobre la raíz de diferentes genotipos de frijol (Hacisalihoglu *et al.* 2005; Chalk *et al.* 2006; AbdelFattah *et al.* 2011), lo cual es una posible razón por la que no existe una diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) entre aplicación de micorriza y testigo. Por otro lado, Mylonas y McCants (1980) llegaron a la conclusión que la concentración de ácido húmico aplicado también afecta positivamente la longitud de raíz. Según estudios en el cultivo de tabaco, indican que concentraciones muy bajas (10 ppm) o muy altas (>250 ppm) de ácido húmico no generan diferencia con el control o pueden incluso llegar a tener valores inferiores a este. Adicionalmente, Turkmen *et al.* (2005) involucraron el uso de ácidos húmicos, micorriza y la combinación de estos para medir el efecto sobre el sistema radicular del chile pimienta (*Capsicum annum*), determinando que el uso en conjunto de estos productos no influye sobre la longitud y peso de la raíz, lo cual apoya los resultados de este estudio.

Marzban *et al.* (2017) evaluaron el uso de micorriza y rhizobium en los cultivos de ejote (*Phaseolus vulgaris*) /maíz en sistema monocultivo e intercalado, al aplicar micorriza en el sistema monocultivo el diámetro de las raíces fue significativamente ( $P \leq 0.05$ ) menor en relación al control, lo cual apoya los resultados obtenidos en este estudio dado que posiblemente la micorriza extiende sus hifas y la planta no gasta energía en la producción de raíces. Chen *et al.* (2017) evaluaron la respuesta de las raíces a la aplicación de ácido húmico y fertilizante urea y determinaron que al usar ácido húmico únicamente, se obtuvo mayor diámetro de raíz, lo cual concuerda con este estudio.

La aplicación de los productos acondicionador + bioestimulante en un suelo franco limoso presentó diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.001$ ) y positivas en relación a la aplicación de estos productos individualmente en ambos suelos y aplicados en conjunto en un suelo franco. Así mismo difiere del testigo del suelo franco y la aplicación de micorrizas en ambos suelos (Cuadro 10).

Cuadro 10. Efecto de la interacción de un acondicionador de suelo, bioestimulante radicular y micorriza con dos suelos sobre el diámetro de raíz en frijol común var. Amadeus 77. PIF, Zamorano, Honduras.

Suelo	Producto	Diámetro
		(mm)
Franco Limoso	Acondicionador (A)	0.299 d
Franco Limoso	Bioestimulante (B)	0.309 bcd
Franco Limoso	Micorriza (VAM)	0.303 cd
Franco Limoso	A+B	0.348 a
Franco Limoso	A+AVM	0.308 bcd
Franco Limoso	Testigo	0.324 ab
Franco	Acondicionador (A)	0.318 bcd
Franco	Bioestimulante (B)	0.310 bcd
Franco	Micorriza (VAM)	0.301 d
Franco	A+B	0.302 d
Franco	A+VAM	0.329 ab
Franco	Testigo	0.320 bcd
R <sup>2</sup>		0.76
CV%		4.03
Valor P		0.0003**

ns, \*\* No significativo y significativo al  $P \leq 0.001$ . Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas.

El efecto sucede en suelos más limitados, en este caso el suelo Franco limoso (Parcela) tenía menor materia orgánica (M.O.), CIC y pH. Existe una correlación significativa ( $P \leq 0.05$ ) entre el rendimiento y la longitud y volumen de raíz. Al igual que una relación negativa significativa ( $P \leq 0.05$ ) entre longitud y diámetro (Cuadro 11).

Cuadro 11. Correlación entre rendimiento, longitud, diámetro y volumen de raíz de frijol común var. Amadeus 77. Zamorano, Honduras.

Variable 1	Variable 2	Pearson	Valor P
Rendimiento	Longitud	0.63	0.0269*
Longitud	Diámetro	-0.63	0.0276*
Rendimiento	Diámetro	-0.22	0.4829 <sup>ns</sup>
Rendimiento	Volumen	0.58	0.0492*

ns, \* No significativo y significativo al  $P \leq 0.05$ .

Polania *et al.* (2017) al evaluar la raíz del frijol encontraron una correlación altamente significativa ( $P \leq 0.001$ ) entre la longitud y el diámetro de raíz en el cultivo de frijol común similar a este estudio. Estos resultados concuerdan con Jiang *et al.* (2012) quienes realizaron un estudio en guisante (*Pisum sativum*), donde se observa una reducción en el diámetro de la raíz a medida en que la longitud incrementa. Cahn *et al.* (1989) indican que la relación diámetro-longitud varía según del tipo de raíz. La aplicación de ácidos húmicos promueve el crecimiento y longitud de raíces fibrosas (Nakasha *et al.* 2014). Al aumentar la longitud y volumen de raíz, existe una correlación positiva con el rendimiento. Esto debido a que el área de absorción es mayor y la raíz puede llegar a más nutrientes en el suelo.

### Variables de suelo.

Los productos generaron una diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) para las variables pH y CIC con respecto a la medida inicial que fue tomada para los dos suelos (Cuadro 12).

Cuadro 12. Efecto en el suelo de los productos acondicionador de suelo, bioestimulante radicular y micorriza sobre las variables pH y CIC, para suelos de Parcela (Franco limoso) y Lote Vega 4 (Franco). Zamorano, Honduras.

Producto	Suelo Franco Limoso		Suelo Franco	
	pH	CIC	pH	CIC
Acondicionador (A)	5.48	17.40 a	5.47 b	17.73 ab
Bioestimulante (B)	5.38	18.00 a	5.62 ab	17.93 a
Micorriza (VAM)	5.44	18.07 a	5.50 ab	17.93 a
A+B	5.41	17.27 a	5.54 ab	16.60 bc
A+VAM	5.43	16.60 a	5.66 b	16.07 c
Testigo	5.36	17.37 a	5.50 ab	18.13 a
Suelo Inicial	5.53	10.80 b	5.94 c	14.20 d
R <sup>2</sup>	0.6	0.88	0.8	0.88
CV%	2.13	7.43	1.78	4.08
Valor P	0.101ns	0.0004*	0.003*	0.0002*

<sup>ns, \*</sup> No significativo y significativo al  $P \leq 0.05$ . Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas.

Todos los tratamientos presentaron un incremento significativo ( $P \leq 0.05$ ) en cuanto al CIC inicial del suelo. Los ácidos húmicos y fúlvicos contienen un alto CIC y pueden superar valores de 500 meq/100g (Harada e Ionoko 1975). Esto tiene un impacto directo en el suelo al incluir estas cargas en el perfil, aumentando el CIC del mismo (Crozier *et al.* 2009). Por su parte, las raíces exudan compuestos orgánicos que funcionan como quelatos, que contienen cargas negativas (Dakora y Phillips 2002), las cuales pueden influenciar el CIC

del suelo, sustentando los resultados de este estudio que indican un incremento en CIC al momento de desarrollar un cultivo en el medio.

**Estructura.**

En el estudio se observó un grado de estructura mayor cuando se aplicó la combinación de los productos acondicionador + bioestimulante. Todos los tratamientos presentaron una mejor estructura en relación al testigo (Cuadro 13).

Cuadro 13. Efecto de un acondicionador de suelo, bioestimulante radicular y micorriza sobre la estructura de los suelos. Zamorano, Honduras.

<b>Producto</b>	<b>Estructura</b>
Acondicionador (A)	5
Bioestimulante (B)	5
Micorriza (VAM)	5
A+B	6
A+VAM	5
Testigo	3

Estabilidad de los agregados categorizados de 1 a 6: 1 menor estabilidad – 6 mayor estabilidad.

Piccolo *et al.* (1997) exponen que el uso de ácidos húmicos promueve la estabilidad de los agregados ya que actúan como quelatos con partículas del suelo. Esta estabilidad de los agregados significa una mejor estructura.

**Análisis económico.**

Se observa una mayor ganancia al momento de aplicar bioestimulante radicular por sí solo, mientras los demás tratamientos presentan ganancias inferiores en comparación al testigo (Cuadro 14).

Cuadro 14. Cálculo de los beneficios netos y tasa marginal de retorno obtenidos a la aplicación de un acondicionador de suelos y un bioestimulante radicular a base de ácidos húmicos y micorriza sobre el rendimiento del frijol var. Amadeus 77. Zamorano, Honduras.

<b>Producto</b>	<b>Acondicionador (A)</b>	<b>Bioestimulante (B)</b>	<b>Micorriza (M)</b>	<b>A + B</b>	<b>A + M</b>	<b>Testigo</b>
<b>Rendimiento (kg/ha)</b>	1,396	1,406	1,259	1,341	1,286	1,164
<b>Ingreso bruto (HNL<sup>o</sup>/ha)</b>	30,712	30,932	27,698	29,502	28,292	25,608
Costo Producto (HNL/ha)	10,000	2,925	7,800	15,400	17,800	0
Coso de siembra y manejo (HNL/ha)	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000
<b>Costo Total (HNL/ha)</b>	20,000	12,925	17,800	25,400	27,800	10,000
<b>Beneficio neto (HNL/ha)</b>	10,712	18,007	9,898	4,102	492	15,608
<b>Tasa Marginal de Retorno</b>	54%	139%	56%	16%	2%	156%

<sup>o</sup>HNL 24.04/\$

#### **4. CONCLUSIONES**

- Los ácidos húmicos como acondicionador de suelo y bioestimulante radicular a base de ácido húmico generan un mayor rendimiento, mientras la micorriza VAM no tuvo efecto en esta variable del cultivo.
- El uso de ácidos húmicos como acondicionador o bioestimulante y las micorrizas VAM (Mycoral R), solos o en combinación mejoran la estructura del suelo.
- Los productos evaluados no generan ganancia a pesar de su efecto en rendimiento, sin embargo, el testigo presenta una mejor tasa marginal de retorno.

## **5. RECOMENDACIONES**

- Realizar el estudio en diferentes tipos de suelo y en diferentes variedades de frijol común.
- Replicar el estudio en condiciones de campo para ver el efecto de este bajo diferentes condiciones.
- Evaluar el efecto de la aplicación de diferentes concentraciones de estos productos y sus interacciones.

## 6. LITERATURA CITADA

- Abdel-Fattah G, El-Haddad S, Hafez E, Rashad Y. 2011. Induction of defense responses in common bean plants by arbuscular mycorrhizal fungi. [internet]. [consultado 2018 ago 01] *Microbiological Research*, 166(4), 268–281. doi:10.1016/j.micres.2010.04.004
- Ali M, Mindari W. 2016. Effect of humic acid on soil chemical and physical characteristics of embankment. [internet]. [consultado 2018 ago 01] [https://www.mateconferences.org/articles/mateconf/pdf/2016/21/mateconf\\_bisstec\\_h2016\\_01028.pdf](https://www.mateconferences.org/articles/mateconf/pdf/2016/21/mateconf_bisstec_h2016_01028.pdf)
- Arias H, Rengifo T, Jaramillo M. 2007. Manual técnico: Buenas prácticas agrícolas (BPA): en la producción de frijol voluble. [internet]. Medellín: Corpoica; Mana; FAO. 167 p. [consultado 2018 ago 01] ISBN: 9253058277.
- Bakry A, Ibrahim O, Eid A, Badr E. 2014. Effect of humic acid, mycorrhiza inoculation, and biochar on yield and water use efficiency of flax under newly reclaimed sandy soil. [internet]. [consultado 2018 ago 01] [http://file.scirp.org/Html/8-3000927\\_52357.htm](http://file.scirp.org/Html/8-3000927_52357.htm)
- Berkowitz N, Moschopedis S, Wood J. 1974. On the structure of humic acids. Structure of humic acids. [internet]. [consultado 2018 ago 01] [https://web.anl.gov/PCS/acsfuel/preprint%20archive/Files/07\\_1\\_CINCINNATI\\_01-63\\_0001.pdf](https://web.anl.gov/PCS/acsfuel/preprint%20archive/Files/07_1_CINCINNATI_01-63_0001.pdf)
- Berlyn G, Sivaramakrishnan S. 1996. The use of organic biostimulants to reduce fertilizer use increase stress resistance, and promote growth. [internet]. USA: Yale University School of Forestry and Environmental Studies; [consultado 2018 ago 05]. <http://www.fcanet.org/proceedings/1996/berlyn.pdf>
- Cahn M, Zobel R, Bouldin D. 1989. Relationship between root elongation rate and diameter and duration of growth of lateral roots of maize. [internet]. *Plant and Soil*, 119(2), 271–279. [consultado 2018 ago 01] doi:10.1007/bf02370419
- Chalk D, Souza R, Urquiaga S, Alves B, Boddey R. 2006. The role of arbuscular mycorrhiza in legume symbiotic performance. [internet]. *Soil Biology and Biochemistry*, 38(9), 2944–2951. [consultado 2018 ago 01] doi:10.1016/j.soilbio.2006.05.005

- Chen X, Kou M, Tang Z, Zhang A, Li H, Wei M. 2017. Responses of root physiological characteristics and yield of sweet potato to humic acid urea fertilizer. [internet]. PLOS ONE, 12(12), e0189715. [consultado 2018 ago 01] doi:10.1371/journal.pone.0189715
- Colla G, Nardi S, Cardarelli M, Ertani A, Lucini L, Canaguier R, Rouphael Y. 2015. Protein hydrolysates as biostimulants in horticulture. [internet]. Scientia Horticulturae, 196, 28–38. [consultado 2018 ago 01] doi:10.1016/j.scienta.2015.08.037
- Cornell University. 2010. Describe how cation exchange capacity (CEC) influences nutrient mobility and uptake. Basic Concepts of Soil Fertility. [internet]. [consultado 2018 ago 01] <https://nrcca.cals.cornell.edu/nutrient/CA2/CA0210.php>
- Crouse D. 2017. Soils and Plant Nutrients, Chpt 1. In: K. Moore, and. K. Bradley (eds). North Carolina Extension Gardener Handbook. [internet]. NC State Extension, Raleigh, NC. <<https://content.ces.ncsu.edu/extension-gardener-handbook/1-soils-and-plant-nutrients>>
- Crozier C, Gehl O, Osmond D. 2009. Evaluating organic soil amendments and fertilizer enhancers. *Crops & Soils*. [internet]. [consultado 2018 ago 01] <https://certifiedcropadviser.org/files/certifications/certified/education/self-study/exam-pdfs/142.pdf>
- du Jardin P. 2015. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. [internet]. [consultado 2018 ago 01] Scientia Horticulturae, 196, 3–14. doi:10.1016/j.scienta.2015.09.021
- Dakora F, Phillips D. 2002. Root exudates as mediators of mineral acquisition in low-nutrient environments. [internet]. [consultado 2018 ago 01] *Plant & Soil* 245, pp. 35-47. [https://www.jstor.org/stable/24121066?seq=1#metadata\\_info\\_tab\\_contents](https://www.jstor.org/stable/24121066?seq=1#metadata_info_tab_contents)
- Erdinc C, Demeirer E, Ekincialp A, Sensoy S, Demir S. 2016. Variations in response of determinate common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes to arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) inoculation. [internet]. [consultado 2018 ago 01] <http://dergipark.gov.tr/download/article-file/411832>
- Escoto N. 2004. El cultivo del frijol: Manual técnico para uso de empresas privadas, consultores individuales y productores [internet]. Tegucigalpa: SAG-DICTA. [consultado 2018 ago 01] [http://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/PNAAV570.pdf](http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNAAV570.pdf)
- FAO. 2017. The future of food and agriculture: Trends and challenges. [internet]. Rome: FAO; [consultado 2018 jul 15]. <http://www.fao.org/3/a-i6583e.pdf>
- FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola). 2018. Reporte semanal de precios de venta de productos agrícolas. [internet]. Sistema de Información de Mercados de

- Productos Agrícolas de Honduras (SIMPAH). [consultado 2018 sep 20]. [http://www.fhia.org.hn/downloads/simpah\\_pdfs/4.4.MR\\_COMAYAGUA.pdf](http://www.fhia.org.hn/downloads/simpah_pdfs/4.4.MR_COMAYAGUA.pdf)
- Hacisalihoglu G, Duke E, Longo L. 2005. Differential response of common bean genotypes to mycorrhizal colonization. [internet]. Proc. Fla. State. Hort. Soc. 118:150-152. [consultado 2018 ago 01] <https://fshs.org/proceedings-o/2005-vol-118/118/150-152.pdf>
- Harada Y, Inoko A. 1975. Cation-exchange properties of soil organic matter. [internet]. Soil Science and Plant Nutrition, 21(4), 361–369. [consultado 2018 ago 01] doi:10.1080/00380768.1975.10432651
- INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria). 2009. Guía técnica para el cultivo de frijol en los municipios de Santa Lucía, Teustepe y San Lorenzo del Departamento de Boaco, Nicaragua. [internet]. [consultado 2018 ago 01] <http://repiica.iica.int/DOCS/B2170E/B2170E.PDF>
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias). 1994. Informe Técnico del Proyecto de Potencial Productivo de la Región de Chilatán, Michoacán. Morelia, Michoacán. 115 p. [internet]. [consultado 2018 ago 01] <http://www.inifapcirpac.gob.mx/PotencialProductivo/Nayarit/Santiago.pdf>
- Jiang F, Chen L, Belimov A, Shaposhnikov A, Gong F, Meng X, Dodd I. 2012. Multiple impacts of the plant growth-promoting rhizobacterium *Variovorax paradoxus* 5C-2 on nutrient and ABA relations of *Pisum sativum*. [internet]. [consultado 2018 ago 01] Journal of Experimental Botany, 63(18), 6421–6430. doi:10.1093/jxb/ers301
- Kunicki E, Grabowska A, Sękara A, Wojciechowska R. 2010. The effect of cultivar type, time of cultivation, and biostimulant treatment on the yield of spinach (*Spinacia oleracea* L.). [internet]. Folia Horticulturae, 22(2), 9–13. [consultado 2018 ago 01] doi:10.2478/fhort-2013-0153
- Lynch J. 2007. Roots of the second green revolution. [internet]. USA: University Park; [consultado 2018 jul 17]. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.873.3620&rep=rep1&type=pdf>
- Marzban Z, Faryabi T, Tora A. 2017. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and Rhizobium on onion content and root characteristics of green bean and maize under intercropping. [internet]. Acta Agriculturae Slovenica, 109(1), 79. [consultado 2018 ago 01] doi:10.14720/aas.2017.109.1.08

- Mohajerani S, Alavi M, Madani H, Lak S, Modhej A. 2016. Effect of the foliar application of humic acid on red bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.). [internet]. [consultado 2018 ago 01] [http://scihub.tw/http://www.jebas.org/Jou.Exp.Bio.Agr.Sci/00400531082016/10.18006\\_2016.4\(5\).519.524](http://scihub.tw/http://www.jebas.org/Jou.Exp.Bio.Agr.Sci/00400531082016/10.18006_2016.4(5).519.524)
- Mylonas V, McCants C. 1980. Effects of humic and fulvic acids on growth of tobacco: i. Root initiation and elongation. [internet]. *Plant and Soil*. Vol. 54, No. 3. Pp. 485-490. [consultado 2018 ago 01] [https://www.jstor.org/stable/42935257?seq=6#metadata\\_info\\_tab\\_contents](https://www.jstor.org/stable/42935257?seq=6#metadata_info_tab_contents)
- Nakasha J, Sinniah U, Puteh A, Hassan S. 2014. Potential regulatory role of gibberellic and humic acids in sprouting of *Chlorophytum borivilianum* tubers. *The Scientific World Journal*, 1–9. [consultado 2018 ago 01] doi:10.1155/2014/168950
- Nardi S, Carletti P, Pizzeghello D, Muscolo A. 2009. Biological activities of humic substances. [internet]. *Biophysico-chemical processes involving natural nonliving organic matter in environmental systems*. [consultado 2018 ago 01] doi.org/10.1002/9780470494950.ch8
- Paladines Cueva D. 2017. Evaluación de la respuesta del frijol común a la inoculación de *Rhizobium* y Micorriza Vesículo-Arbuscular. Tesis. [consultado 2018 ago 01] <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6117/1/CPA-2017-078.pdf>
- Piccolo A, Pietramellara G, Mbagwu J. 1997: Use of humic substances as soil conditioners to increase aggregate stability. [internet]. *Geoderma*, 75, 267-277. [consultado 2018 ago 01] doi.org/10.1016/S0016-7061(96)00092-4
- Polania J, Poschenrieder C, Rao I, Beebe S. 2017. Root traits and their potential links to plant ideotypes to improve drought resistance in common bean. [internet]. *Theoretical and Experimental Plant Physiology*. [consultado 2018 ago 01] <https://link.springer.com/article/10.1007/s40626-017-0090-1>
- Rosas J. 2002. Amadeus 77. Programa de Investigaciones en Frijol. [internet]. [consultado 2018 ago 01] <http://www.dicta.hn/files/2002-Amadeus-77,-f.pdf>
- Rosas J. 2003. El Cultivo del Frijol Común en América Tropical. 2da ed. [internet]. Tegucigalpa (Honduras). Imprenta Lito Com 57 p. [consultado 2018 ago 01] <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2424/1/prueba%2009.pdf>
- Rouphael Y, Colla G, Giordano M, El-Nakhel C, Kyriacou M, De Pascale S. 2017. Foliar applications of a legume-derived protein hydrolysate elicit dose-dependent increases of growth, leaf mineral composition, yield and fruit quality in two greenhouse tomato

- cultivars. [internet]. *Scientia Horticulturae*, 226, 353–360. [consultado 2018 ago 01] doi:10.1016/j.scienta.2017.09.007
- Russo R, Berlyn G. 1991. The use of organic biostimulants to help low input sustainable agriculture. [internet]. USA: Yale University; [consultado 2018 ago 01]. [http://dx.doi.org/10.1300/J064v01n02\\_04](http://dx.doi.org/10.1300/J064v01n02_04)
- Turkmen O, Demir S, Sensoy S, Dursun A. 2005. Effects of arbuscular mycorrhizal fungus and humic acid on the seedling development and nutrient content of pepper grown under saline conditions. [internet]. *Journal of Biological Sciences* 5 (5): 568-574. [consultado 2018 ago 01] <http://docsdrive.com/pdfs/ansinet/jbs/2005/568-574.pdf>
- USDA. 1999. Soil quality test kit guide. [internet]. [consultado 2018 ago 01] [https://efotg.sc.egov.usda.gov/references/public/WI/Soil\\_Quality\\_Test\\_Kit\\_Guide.pdf](https://efotg.sc.egov.usda.gov/references/public/WI/Soil_Quality_Test_Kit_Guide.pdf)
- Vásquez, M, César S, Azcón R, Barea J. 2000. Interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and other microbial inoculants (*Azospirillum*, *Pseudomonas*, *Trichoderma*) and their effects on microbial population and enzyme activities in the rhizosphere of maize plants. [internet]. *Applied Soil Ecology*, 15(3), 261–272. [consultado 2018 ago 01] doi:10.1016/s0929-1393(00)00075-5
- Vijayakumari B, Hiranmai R, Gowri P, Kandari L. 2012. Effect of panchagavya, humic acid and micro herbal fertilizer on the yield and post harvest oil of soya bean (*Glycine max* L.). [internet]. [consultado 2018 ago 01] <https://scialert.net/fulltextmobile/?doi=ajps.2012.83.86>
- White P, George T, Dupuy L, Karley A, Valentine T, Wiesel L, Wishart J. 2013. Root traits for infertile soils. [internet]. *Frontiers in Plant Science*, 4. [consultado 2018 ago 01] doi:10.3389/fpls.2013.00193
- Zhang X, Ervin E, Schmidt R. 2003. Physiological Effects of Liquid Applications of a Seaweed Extract and a Humic Acid on Creeping Bentgrass. [internet]. *American Society of Horticultural Sciences* 128(4):492-496. 2003. [consultado 2018 ago 01] <http://journal.ashspublications.org/content/128/4/492.full.pdf>