

**Dosificación de biol en pasto Transvala  
(*Digitaria eriantha* Steud.) como fuente de  
nitrógeno en suelo franco, Zamorano  
Honduras**

**Juan Misael Sánchez Rodríguez**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano  
Honduras**

Noviembre, 2013

ZAMORANO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN AMBIENTE Y DESARROLLO

**Dosificación de biol en pasto Transvala  
(*Digitaria eriantha* Steud.) como fuente de  
nitrógeno en suelo franco, Zamorano  
Honduras**

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

Presentado por

**Juan Misael Sánchez Rodríguez**

**Zamorano, Honduras**

Noviembre, 2013

# **Dosificación de biol en pasto Transvala (*Digitaria eriantha* Steud.) como fuente de nitrógeno en suelo franco, Zamorano Honduras**

Presentado por:

Juan Misael Sánchez Rodríguez

Aprobado:

---

Gloria Arévalo, M.Sc.  
Asesora principal

---

Laura Suazo, Ph.D.  
Directora  
Departamento de Ambiente  
y Desarrollo

---

Victoria Cortés, M.Sc.  
Asesora

---

Raúl Zelaya, Ph.D.  
Decano Académico

## Dosificación de biol en pasto Transvala (*Digitaria eriantha* Steud.) como fuente de nitrógeno en suelo franco, Zamorano Honduras

Juan Misael Sánchez Rodríguez

**Resumen:** El objetivo del estudio fue determinar el efecto de diferentes dosis de nitrógeno mediante la aplicación de biol, fertilizante orgánico obtenido de digestores anaerobios, en el desarrollo del pasto Transvala (*Digitaria eriantha* Steud.). Se realizó una caracterización química del biol y del suelo al inicio y al final del experimento. Se utilizaron macetas de tamaño, 24 × 23 × 24 cm bajo sistema de riego por goteo y bajo macrotúnel, en una de las parcelas experimentales del CEPIRS de la Unidad de Maquinaria y Riegos, Escuela Agrícola Panamericana. Se evaluó el efecto de cinco dosis de biol equivalentes a 0, 250, 300, 400 y 500 kg N/ha/año aplicado a los 15, 29 y 40 DDS (días después de siembra) durante un ciclo de cultivo, sobre el desarrollo de la planta en: el número de brotes por maceta, la longitud promedio de tallo, el número promedio de tallos por yema y el número promedio de ramificaciones primarias por tallo a los 22, 30, 45 y 60 DDS. La biomasa, la longitud y el peso de las raíces se midieron a la fecha de corte. Se utilizó un DCA (diseño completamente al azar), se realizó un ANDEVA con la prueba de Duncan y una prueba t ( $P < 0.05$ ). Bajo las condiciones de este estudio, la utilización de biol como fertilizante orgánico líquido a una dosis equivalente a 400 kg de N/ha/año es efectivo al aplicarlo en pasto Transvala (*Digitaria eriantha* Steud.) ya que promueve su desarrollo.

**Palabras clave:** Aguas residuales, análisis, biodigestor, estolón, macetas, macrotúnel.

**Abstract:** This study aims to determine the effect of different doses of nitrogen by applying biol, organic fertilizer obtained from anaerobic digesters for Transvala grass (*Digitaria eriantha* Steud.) development. A chemical characterization of the biol and the soil at the beginning and at the end of the experiment was made. Pots of size 24 × 23 × 24 cm and a drip irrigation system were used and under macrotunnel, in one of the experimental plots of CEPIRS from the Unit of Irrigation and Machinery in Zamorano University. It evaluates the effect of five biological doses equivalent to 0, 250, 300, 400 and 500 kg N / ha / year in applied at 15, 29 and 40 DAS (days after sowing) during one growing season, on the development of the plant: number of shoots per pot, stem length, number of stems per yolk and average number of branches per stem, primaries at 22, 30, 45 and 60 DAS. Biomass, root length and weight were measured at court date. A DCA (completely randomized design) was used; ANOVA was performed with the Duncan test for mean separation and t-test ( $P < 0.05$ ). Under the conditions of this study, the use of biological liquid organic fertilizer at a dose equivalent to 400 kg N / ha / year is effective when applied in Transvala grass (*Digitaria eriantha* Steud.) this because physiological development of the same is promote.

**Keywords:** Analysis, digester, macrotunnel, pots, sewage, stolon.

## CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas .....	ii
Resumen .....	iii
Contenido .....	iv
Índice de cuadros, figuras y anexos.....	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>15</b>
<b>5. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>16</b>
<b>6. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>17</b>
<b>7. ANEXOS .....</b>	<b>19</b>

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Resultado de análisis de suelo proveniente del Lote CEPIRS antes y después de la ejecución del experimento con pasto Transvala ( <i>Digitaria eriantha</i> Steud.) Zamorano, Honduras .....	4
2. Aporte de nutrientes basado en las dosis de biol aplicados por parte. Zamorano, Honduras.....	5
3. Aplicación de biol en macetas y en hectárea en suelo franco. Zamorano, Honduras.....	7
4. Variables agronómicas en pasto Transvala ( <i>Digitaria eriantha</i> Steud.) a los 61 días después de siembra bajo diferentes dosificaciones de biol, Zamorano, Honduras.....	13

Figuras	Página
1. Número promedio de brotes por maceta como respuesta a diferentes dosificaciones de biol como fuente de nitrógeno en pasto Transvala en macetas bajo macrotúnel, Zamorano Honduras. CV 14, $R^2$ 0.5, $P = 0.7$ .....	9
2. Número de brotes vivos de pasto Transvala a través de los días de desarrollo en macetas bajo macrotúnel, Zamorano Honduras. ....	10
3. Longitud promedio de tallos del pasto Transvala como respuesta a diferentes dosificaciones de biol como fuente de nitrógeno. En macetas bajo condición de macrotúnel, Zamorano Honduras. CV 14.6, $R^2$ 0.9, $P = 0.4$ .....	10
4. Longitud del tallo a través del tiempo como respuesta a diferentes dosificaciones de biol como fuente de nitrógeno en pasto Transvala en macetas, bajo condición de macrotúnel, Zamorano Honduras. ....	11
5. Número promedio de tallos emergidos por yema con diferentes dosis de biol como fuente de nitrógeno en pasto Transvala, en macetas bajo macrotúnel, Zamorano Honduras. CV 13.1, $R^2$ 0.9, $P = 0.04$ .....	11
6. Número promedio de tallos emergidos por yema a través del tiempo en el desarrollo del pasto Transvala con diferentes dosis de biol como fuente de nitrógeno, en macetas bajo macrotúnel, Zamorano Honduras. ....	12
7. Número promedio de ramificaciones primarias por tallo en respuesta a diferentes dosis de biol como fuente de nitrógeno en pasto Transvala, en macetas bajo macrotúnel. Zamorano Honduras. CV 28.1, $R^2$ 0.9 $P = 0.01$ .....	12
8. Número promedio de ramificaciones primarias por tallo a través del tiempo en respuesta a diferentes dosis de biol como fuente de nitrógeno, en pasto Transvala en macetas bajo macrotúnel. Zamorano, Honduras.....	13

1. Macrotúnel y diseño de área experimental antes de su construcción ubicada en el CEPIRS de la Unidad de Maquinaria y Riegos en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras..... 19
2. Instalación de sistema de riego por goteo canalizado por varillas de bambú dentro del macrotúnel y desarrollo del cultivo a los 40 DDS, experimento desarrollado en una de las parcelas experimentales del CEPIRS de la Unidad de Maquinaria y Riegos en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.. ..... 19

## 1. INTRODUCCIÓN

El deterioro progresivo de los suelos agrícolas generalmente por una sobreexplotación, exceso de fertilización, contaminación por pesticidas y una salinización cada vez más extendida, obliga a optar por tecnologías adecuadas para solucionar dichos problemas. La búsqueda de herramientas disponibles en regiones de escasos recursos económicos es otra razón para disminuir costos (García *et al.* 2009).

El biol es un efluente proveniente de la descomposición en condiciones anaeróbicas de la materia orgánica (biodigestores) cuya función es promover las actividades fisiológicas y fitoregulatoras de crecimiento, en el desarrollo de las plantas (Gomero 2005 y Siura s.f.). El estiércol bovino es utilizado como sustrato y fuente de organismos metanogénicos en la operación de los biodigestores ubicados en la Zona 2 de la Escuela Agrícola Panamericana. La utilización de una mezcla de aguas residuales y el aprovechamiento de las condiciones idóneas del medio, permiten obtener como productos: el metano (CH<sub>4</sub>), el biosólido (materia sólida o lodos) y el bio<sup>1</sup>.

La utilización del biol obtenido como subproducto de los biodigestores, permite lograr una gestión proactiva de toda una cadena de desperdicios desde orígenes domésticos hasta industriales. El aprovechamiento de los nutrientes que contiene el biol representa una ventaja (Karki 2006), sin embargo se presenta la problemática asociada al uso de los abonos orgánicos, que radica en que estos son aplicados al suelo sin conocimiento de sus contenidos nutrimentales (Flores 2008?) y por ende no hay certeza en los beneficios de esta actividad. Su utilización como fertilizante líquido en los suelos permeables genera alta probabilidad que algunos de sus componentes se lixivien o volatilicen al aplicarlo en los suelos secos. De esta manera su aplicación puede contaminar las fuentes de aguas y a alterar los ecosistemas acuáticos (Soria *et al.* 2001).

La información necesaria para el cálculo de una dosis de abono orgánico incluye la caracterización del sitio, el conocimiento del suelo, los aspectos nutricionales del cultivo, las características físico-químicas del abono y considerar otras fuentes de nutrientes que pudieran ingresar al sistema suelo-planta de interés, como el riego con aguas residuales ricas en nutrientes (Cogger y Sullivan 1999). La utilización del biol puede contribuir en la reducción de los costos de fertilización (Fokhrul 2006) para los productores, siempre y cuando se lleven a cabo análisis y determinación de dosificaciones (Escobar Morán y Ronquillo Molina 2012) que no afecten la cadena trófica entre planta y ser humano.

---

<sup>1</sup> Cortés Matamoros, V.A. 2013. Profesora Asociada del Departamento de Ambiente y Desarrollo. Escuela Agrícola Panamericana-Zamorano. Comunicación Personal.

El objetivo de este estudio fue determinar la dosis de biol basado en el aporte de nitrógeno en dosis de 0, 250,300, 400 y 500 kg N/ha/año y establecer el efecto del mismo en el desarrollo del pasto Transvala (*Digitaria eriantha* Steud.) utilizando suelo franco como sustrato. Es indispensable conocer la concentración de metales pesados (Rodríguez *et al.* 2012) y la presencia o ausencia de microorganismos patógenos, para garantizar su utilización en diferentes cultivos (Carhuancho *et al.* 2012)

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó durante agosto y septiembre de 2013 en las instalaciones del CEPIRS (Centro para la Producción e Innovación Rural Sostenible) de la Unidad de Maquinaria y Riegos en la Escuela Agrícola Panamericana-Zamorano. Ubicado en el Departamento de Francisco Morazán, 32 km al Este de Tegucigalpa, Honduras.

Se utilizó pasto Transvala (*Digitaria eriantha* Steud.) como cultivo de ensayo, sembrado en macetas (24 × 23 × 24 cm). Propagándose 25 estolones con tres yemas cada uno en promedio por maceta. Se dejó dos yemas enterradas y una expuesta al aire por cada estolón. La longitud de cada estolón fue de 20 cm. Adicionalmente, se dotó cada maceta con siete kg de suelo franco (arena 48, limo 32 y arcilla 20).

El experimento se desarrolló bajo condiciones controladas, se usó un macrotúnel en un lote de 4.5 × 5.5 m con una temperatura promedio de 24.5 °C en horario 06:00 a.m., datos registrados en el último mes del experimento. El macrotúnel fue construido con tubos PVC de media pulgada, cubierto por nylon transparente (K-50 AC KLERK'S). Se soportó con varillas contra efectos de vientos fuertes y precipitación.

Se utilizó el sistema de riego por goteo, se canalizó para cinco filas de siete macetas cada una. Las cintas de goteo contaban con un emisor por cada maceta logrando aplicar 143 L de agua/maceta durante el periodo del cultivo.

El biol fue extraído de uno de los biodigestores de Zona 2 (de la unidad de energía renovable EAP). Se realizaron análisis químicos del biol y del suelo. Basado en los resultados y requerimientos nutricionales del cultivo se hizo la dosificación. La aplicación del biol se fraccionó tomando en cuenta que se realizan cinco ciclos de corte al año bajo condición de macrotúnel y en cada ciclo se hacen tres aplicaciones equivalentes cada una.

Se fertilizó en los días 15, 29 y 40 DDS (días después de siembra) basados en la dosificación establecida en cada tratamiento. El biol se aplicó de manera atomizado disuelto en un litro de agua/maceta. Para la aplicación de biol a los 29 y 40 DDS fue necesario desinstalar el sistema de riego dentro del macrotúnel y distanciar las macetas para evitar rociar cada unidad experimental con otros tratamientos (dosis).

**I Etapa.** Después de establecido el macrotúnel con una orientación norte-sur (la parte larga) por razones de luminosidad y viento, se procedió a la limpieza del tanque de almacenamiento de agua. Se instaló un filtro de malla para evitar la obstrucción en las cintas de goteo. Se hicieron perforaciones de las macetas recicladas, luego un proceso de lavado.

Se recolectó suelo del sitio donde se desarrolló el experimento y se mandó una muestra al laboratorio de suelos de la EAP (Escuela Agrícola Panamericana) para su análisis. Luego haberse mandado las muestras para su análisis químico, se procedió al llenado de cada maceta con 11 kg de suelo calculado con anterioridad. Se usó un total de 0.5 m<sup>3</sup> de suelo como sustrato para todas las macetas.

Una muestra de biol fue analizada en el laboratorio de suelos para su análisis químico. Se almacenó 19 L de biol por una semana a temperatura ambiente para la primera aplicación. Para las otras aplicaciones de biol no hubo necesidad de su almacenamiento ya que se extrajo del biodigestor en el mismo día en que se aplicó al experimento.

**II Etapa. Análisis de suelos.** Se realizó una caracterización química del suelo al inicio y al final del experimento (Cuadro 1). Las muestras fueron tomadas después de hacer una mezcla del sustrato suelo.

Cuadro 1. Resultado de análisis de suelo proveniente del Lote CEPIRS antes y después de la ejecución del experimento con pasto Transvala (*Digitaria eriantha* Steud.), Zamorano, Honduras.

Etapa de Muestreo	TΩ	%			pH	%		mg/kg (extractable)				
		A	L	Ar		M.O.	N total	P	K	Ca	Mg	Na
Inicio	F	48	32	20	5.57	2.81	0.14	36	470	1651	200	20
Final					5.98	2.73	0.14	33	394	1680	200	73

TΩ: Textura; F: Franco; A: Arena; L: Limo; Ar: Arcilla; M.O.: Materia Orgánica; N: nitrógeno; P: Fósforo; K: Potasio; Ca: Calcio; Mg: Magnesio; Na: Sodio.

Los métodos utilizados para el análisis de suelo son:

K, Ca, Mg y Na: solución extractora Mehlich III, determinados por espectrofotometría de absorción atómica. P: Solución extractora Mehlich III, determinado por colorimetría.

M.O. en %: Método de Walkley & Black. % N total: 5% de M.O. H: Relación suelo: agua; 1:1. (Arévalo y Gauggel 2013).

**Análisis de biol.** El resultado de análisis químico de biol antes de su aplicación fue de 279, 83 y 340 mg/kg de nitrógeno total, fósforo y potasio respectivamente con una densidad de 1kg/L. con número de muestra 13-0-2990 proveniente del biodigestor de Zona 2, Zamorano. Los métodos utilizados para el análisis de biol fueron: Potasio: Digestión húmeda y cuantificación por Espectrofotometría de Absorción Atómica. Fósforo: Digestión húmeda y cuantificación por colorimetría. Nitrógeno total: Método de Kjeldahl (Wolf 1982).

La dosificación de biol se calculó basada en los requerimientos nutricionales del cultivo enfocado principalmente en nitrógeno, tomando en cuenta las recomendaciones (Morales *et al.* 2003) sugeridas. La dosis fue calculada tomando en cuenta que el cultivo tiene cinco ciclos al año, las dosis fueron: 0, 250, 300, 400 y 500 kg N/ha/año. El biol se aplicó tres veces por cada ciclo del cultivo en proporciones equivalentes (Morales *et al.* 2013). Al saber que el biol aporta además de N, P y K, se calculó el aporte de cada elemento con las dosis estudiadas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Aporte de nutrientes basado en las dosis de biol aplicados por fracción. Zamorano, Honduras.

Tratamientos Dosis Biol	kg/ha/año		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	0	0	0
2	250	173	367
3	300	208	440
4	400	277	587
5	500	346	734

N: nitrógeno; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: Expresión comercial fósforo; K<sub>2</sub>O: Expresión comercial potasio; kg: kilogramo; ha: hectárea

Después de la formulación de las dosis, el biol fue diluido en agua para su aplicación, se complementó un litro de mezcla biol-agua. La cantidad de biol contenido por litro de solución fue de 0, 329, 394, 526, 657 mL/L respectivamente, siendo 0 el testigo al cual no se le suministró biol sino agua solamente.

Los cálculos de dosis aplicados en el experimento se muestran a continuación:

**Cálculo del peso de suelo en cada maceta.** La fórmula para el cálculo de peso del suelo fue despejada de la siguiente ecuación. La densidad aparente del suelo en este caso fue estimada en 0.9 g/cm<sup>3</sup>.

$$D = \frac{P}{V} \quad [1]$$

Donde:

D = Densidad del suelo: 0.9 g/cm<sup>3</sup> (tomando en cuenta que el suelo fue disturbado.)

P = Peso del suelo: g.

V = Volumen de la maceta: (24 cm × 23 cm × 24 cm).

De la ecuación [1] se despeja el peso.

$$P = D \times V \quad [2]$$

Donde:

P = Peso del suelo en la maceta.

D: Densidad: 0.9 g/cm<sup>3</sup>.

V: Volumen de la maceta: 13,248 cm<sup>3</sup>.

Despejando:

P = 11 kg de suelo/maceta.

**Cálculo de la dosificación de biol.** Se ilustra el cálculo de una de las dosificaciones (250 kg N/ha/año) de biol como fuente de nitrógeno.

Requerimiento del Cultivo (RC) = 250 kg N/ha/año.

Donde:

RC = Requerimiento del cultivo: = 250,000 g N/ha/año.

P/ha= Peso equivalente de una hectárea de suelo a 20 cm de profundidad en kg, con una densidad aparente de 1t/m<sup>3</sup>.

P/ha= 2'000,000 kg de suelo.

$$RC = \frac{250,000 \text{ g N/ha/año}}{2'000,000 \text{ kg suelo/ha}} \quad [3]$$

RC = 0.125 g N/kg de suelo/año.

### **Necesidad de N por ciclo**

$$NCC = (RC - AS)/NCA \quad [4]$$

Donde:

NCC: Necesidad del cultivo/corte.

AS: Aporte del suelo (g).

NCA: Número de cortes/año.

Según resultados del análisis de suelo la cantidad de nitrógeno no es disponible para las plantas (Cuadro 1) por lo tanto, de la ecuación [4] se despeja:

$$NCC = \frac{(0.125 \text{ g N/kg de suelo/año} - 0 \text{ g N/kg de suelo})}{5 \text{ ciclos/año}} = 0.025 \text{ g N/kg de suelo/ciclo}$$

NCC = 0.025 g N/kg de suelo/ciclo

### **Necesidad de N/aplicación**

$$NCD = NCC/CF \quad [5]$$

Donde:

NCD: Necesidad del cultivo/dosis a aplicar/kg de suelo.

NCC: Necesidad del cultivo/corte.

CF: Cantidad de fertilización por ciclo del cultivo.

$$NCD = \frac{0.025 \text{ g N/kg de suelo/ciclo}}{3 \text{ aplicaciones/ciclo}} = 0.008 \text{ g N/kg de suelo/aplicación}$$

### Necesidad de biol/aplicación

$$NB = (NCD/AB) \times CS \quad [6]$$

Donde:

NB: Necesidad de biol/aplicación.

NCD: Necesidad del cultivo/dosis a aplicar/kg de suelo.

AB: Aporte del biol (g/L).

CS: Cantidad suelo.

$$NB = \frac{0.008 \text{ g N/kg de suelo/aplicación}}{0.279 \text{ g N/L en el biol}} = 0.0298686 \text{ L biol/kg de suelo/aplicación.}$$

Nota: El valor NB aparece con todos los decimales por razones de precisión en los cálculos. De tal manera no afectar el resultado final (Calculado en Excel).

### Requerimiento de biol/ha

$$RBH = NB \times AC \times CA \times P/ha \quad [7]$$

Donde:

RBH = Requerimiento de biol/ha.

NB = Necesidad de biol/aplicación.

AC = Número de aplicación/ciclo: 3.

CA = Número de ciclos del cultivo/año: 5.

P/ha= Peso equivalente de una hectárea de suelo a 20 cm de profundidad en kg.

$$RBH = 0.0298686 \times 3 \text{ aplicación/ciclo} \times 5 \text{ ciclos/año} \times 2'000,000 \text{ kg de suelo/ha}$$

$$RBH = 896 \text{ m}^3/\text{ha/año.}$$

De tal manera se calculó la cantidad de biol necesaria a aplicar en el experimento y su equivalente en el campo, el aporte de N por cada unidad experimental (Cuadro 3).

Cuadro 3. Aplicación de biol en macetas y en hectárea en suelo franco. Zamorano, Honduras.

Tratamientos (dosis) kg N/ha/año	Cantidad aplicado por cada fertilización		Equivalencia biol m <sup>3</sup> /ha/año
	biol (mL/maceta)	N (mg/maceta)	
0	0	0	0
250	329	30.3	896
300	394	43.3	1075
400	526	77.3	1433
500	657	120.2	1792

N: nitrógeno; mL: mililitros; mg: miligramos; L: litros; kg: kilogramos; ha: hectárea

Las variables determinadas fueron: número de brotes/maceta, longitud promedio de tallo, número promedio de tallos/yema, número promedio de ramificaciones primarias por tallo, fueron medidas a los 22, 30, 40 y 61 DDS. La biomasa, la longitud y el peso de las raíces se midieron al final del ciclo.

La longitud promedio de tallo y la longitud de las raíces fueron medidas con la utilización de una regla graduada en centímetros (cm); la biomasa y las raíces fueron colocadas en bolsas de papel y sometidas a un proceso de secado en horno en el laboratorio de suelos de la EAP. La temperatura manejada en el horno fue de 105°C durante 48 horas; se midió peso fresco y seco con una balanza electrónica.

Los brotes por macetas se refieren a la cantidad de yemas del cual emerge una nueva planta. Esta nueva planta puede tener uno o más tallos que salen de una sola yema. Debido a que la propagación del pasto Transvala es por estolón se contaron solamente las ramificaciones principales o primarias para disminuir la complejidad de conteo. Para la medición longitudinal de los tallos, se midió solamente el tallo más largo (en el caso de yemas con varios tallos). Fueron registradas las raíces más largas por unidad experimental (maceta). Fue necesario lavar las raíces para desprender los fragmentos de suelo y luego eliminar las partículas de agua al colocar las raíces sobre papel que absorbiese el agua.

Se aplicaron cinco tratamientos: 0, 250, 300, 400 y 500 kg de N/ha/año respectivamente. Se utilizó el Diseño Completamente al Azar (DCA) con cinco tratamientos y siete repeticiones en cada una. Fueron 35 unidades experimentales. Se realizó un análisis de varianza ANDEVA con la prueba de Duncan con nivel de significancia del 5%. Se utilizó una prueba t para determinar la diferencia entre la dosis 400 y 500 kg N/ha/año ya que se observó poca diferencia entre ellas. Se reporta el método agrupado ya que existe una igualdad de varianzas (0.44) según este análisis ( $P > 0.05$ ), con una confianza de 95% utilización del paquete estadístico “Statistical Analysis System” SAS<sup>®</sup> versión 9.3. Para el análisis de los resultados se presentan los datos de Coeficiente de Variación (CV); Coeficiente de determinación ( $R^2$ ) y la Probabilidad (P) con el fin de proveer mayor información referente a los cálculos estadísticos.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Variables agronómicas.** Número de brotes: No hubo diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) en el número de brotes vivos del pasto Transvala. La tendencia es un mayor número de brotes con la dosis de 300 kg N/ha/año (Figura 2), promovidos durante los primeros 40 días de haberse establecido el cultivo. Se observó que el mayor número de brotes en los primeros 30 DDS se dio de las yemas expuestas al aire en relación a las que estaban cubiertas por el suelo en donde casi no hubo brote de yemas. Las dosis de 400 y 500 kg N/ha/año no fueron asimiladas por la planta sino hasta los 30 DDS aproximadamente, la primera aplicación no fue efectiva probablemente por la alta concentración de la dosis (Figura 2), lo cual llevó a la mortalidad de algunos brotes en los primeros 30 días tal como lo mencionan Morales *et al.* 2003.

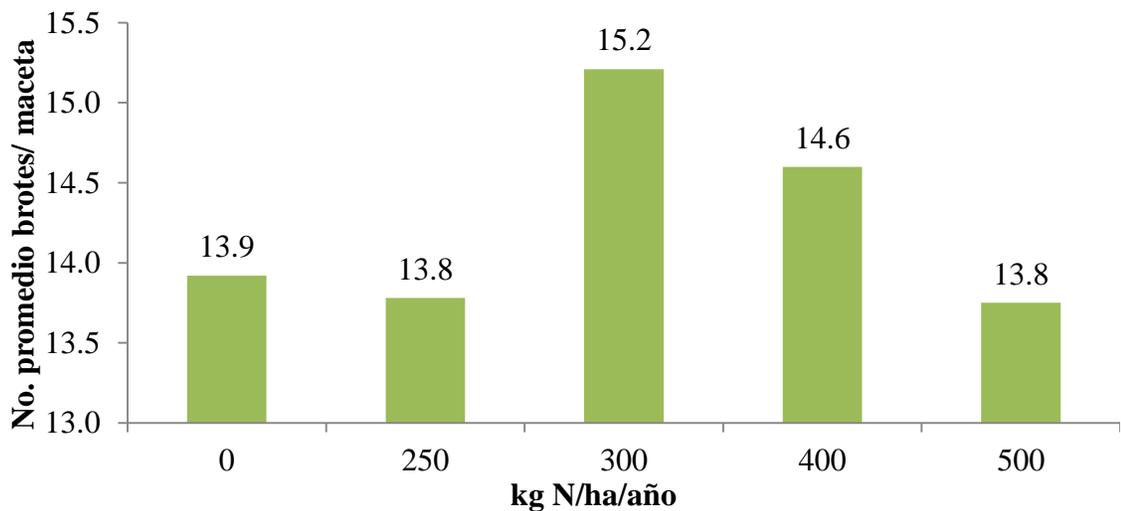
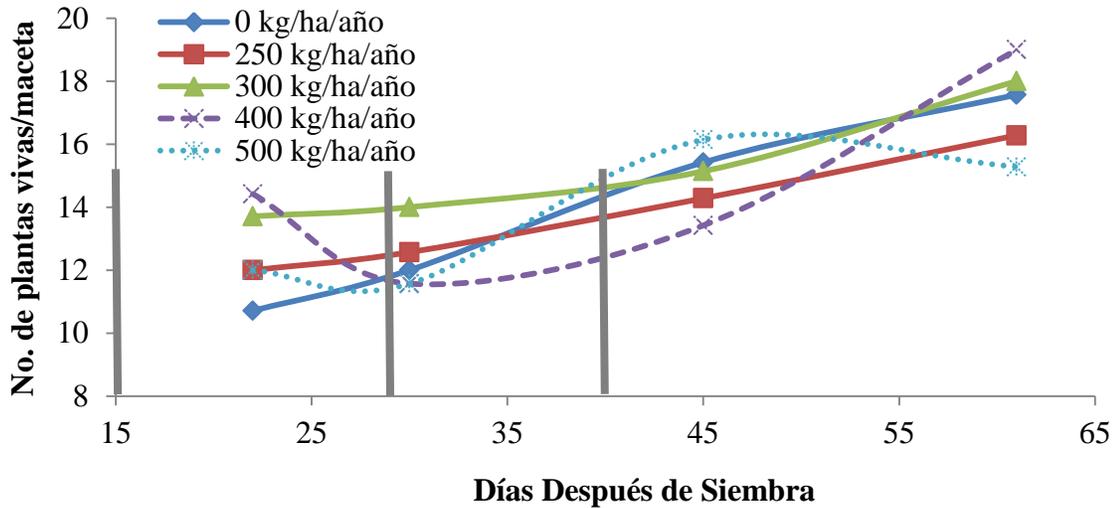


Figura 1. Número promedio de brotes por maceta como respuesta a diferentes dosificaciones de biol como fuente de nitrógeno en pasto Transvala en macetas bajo macrotúnel, Zamorano Honduras. CV 14,  $R^2$  0.5,  $P = 0.7$



Las barras verticales de la gráfica, indican las fechas de fertilización con biol.

Figura 2. Número de brotes vivos de pasto Transvala a través de los días de desarrollo en macetas bajo macrotúnel, Zamorano Honduras.

Longitud promedio de tallo: El crecimiento promedio longitudinal de tallos no mostró diferencia significativa, similar a los valores obtenidos por Escobar Morán y Ronquillo Molina (2012) al utilizar biol vs fertilizante inorgánico en pasto King grass (*Pennisetum purpureum*), donde ninguno fue superior al otro. A pesar de no haberse encontrado diferencia significativa, el pasto mostró mayor longitud a la dosis de 400 kg N/ha/año (Figura 3). En el tiempo, esta misma dosis fue significativamente mayor a los 22DDS, el pasto logró elongarse hasta 9.2 cm (Figura 4). Con la segunda aplicación también hubo un comportamiento superior a las otras dosis.

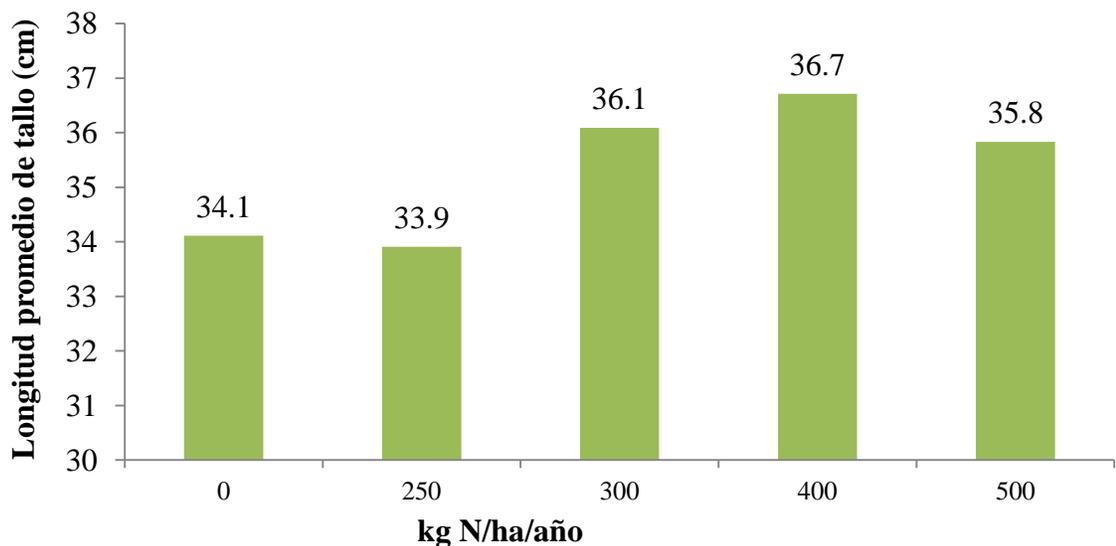
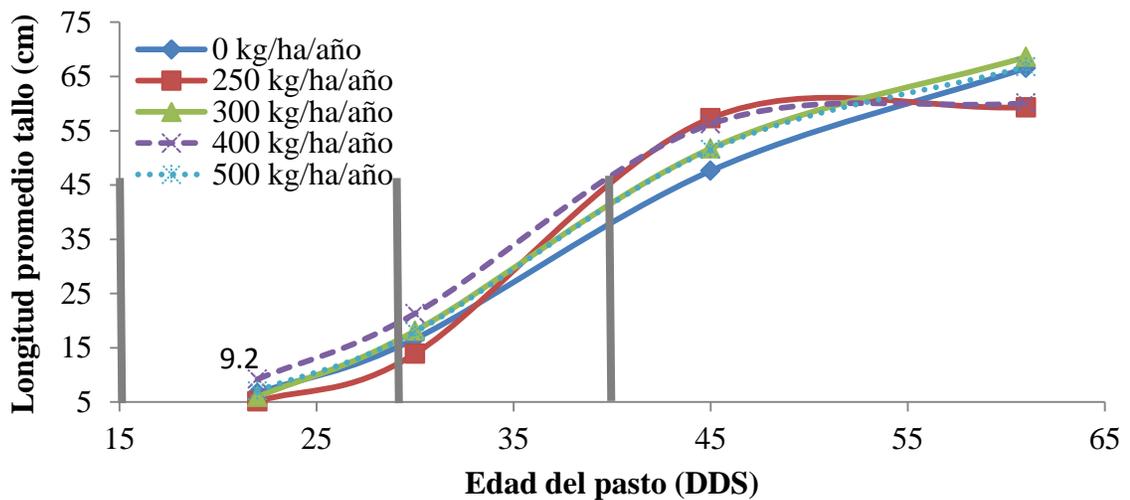


Figura 3. Longitud promedio de tallos del pasto Transvala como respuesta a diferentes dosificaciones de biol como fuente de nitrógeno. En macetas bajo condición de macrotúnel, Zamorano Honduras. CV 14.6,  $R^2$  0.9,  $P = 0.4$



Las barras verticales de la gráfica, indican las fechas de fertilización con biol

Figura 4. Longitud del tallo a través del tiempo como respuesta a diferentes dosificaciones de biol como fuente de nitrógeno en pasto Transvala en macetas, bajo condición de macrotúnel, Zamorano Honduras.

Número promedio de tallos/yema: Hubo una diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) donde 500 kg N/ha/año es superior al resto de dosis (Figura 5), lo que coincidió con los resultados obtenidos por Escobar Morán y Ronquillo Molina (2012), quienes encontraron mejores resultados en biol en esta variable en pasto King grass (*Pennisetum purpureum*) A lo largo del tiempo la dosis de 400 kg N/ha/año es significativamente superior en la tercera fertilización (Figura 6).

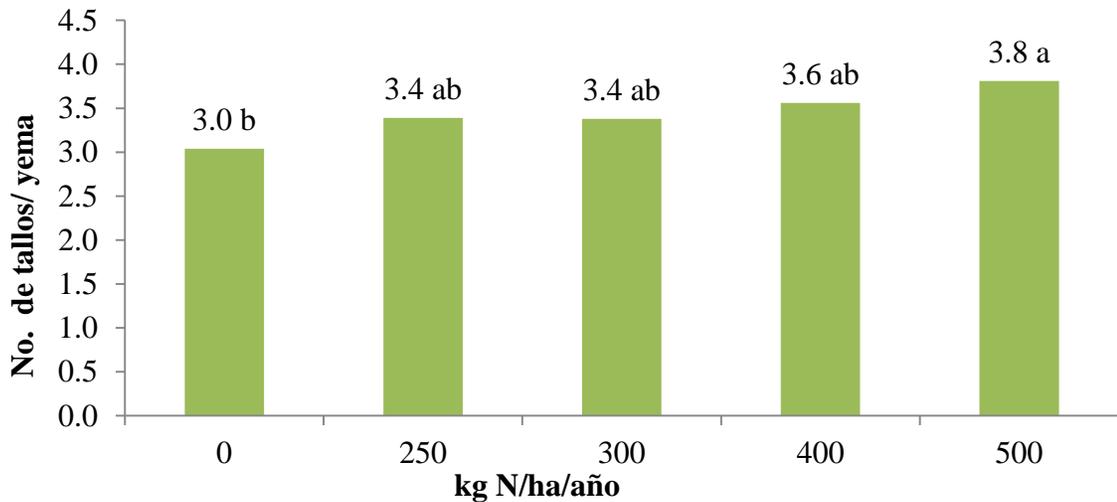
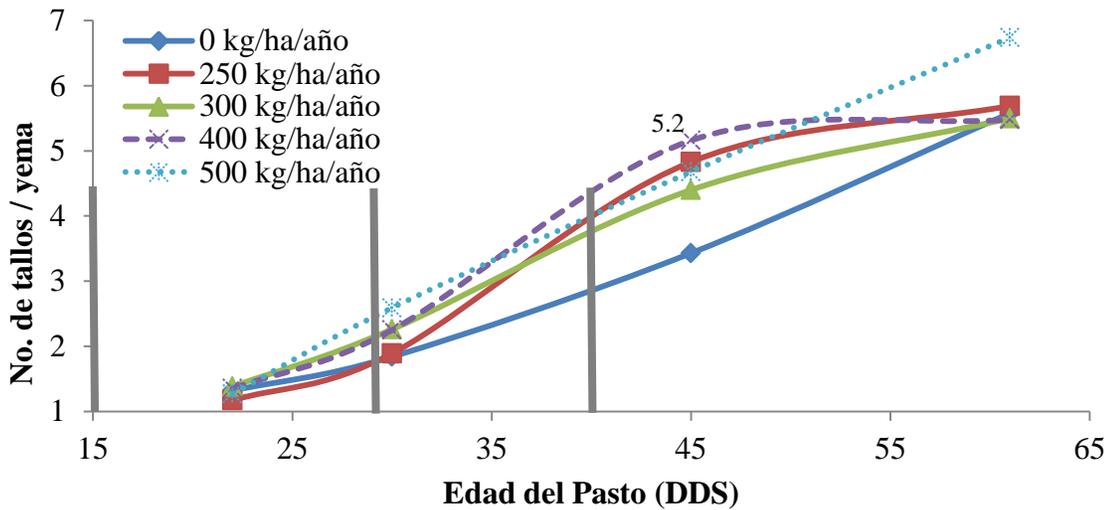


Figura 5. Número promedio de tallos emergidos por yema con diferentes dosis de biol como fuente de nitrógeno en pasto Transvala, en macetas bajo macrotúnel, Zamorano Honduras. CV 13.1;  $R^2$  0.9;  $P = 0.04$



Las barras verticales de la gráfica, indican las fechas de fertilización con biol

Figura 6. Número promedio de tallos emergidos por yema a través del tiempo en el desarrollo del pasto Transvala con diferentes dosis de biol como fuente de nitrógeno, en macetas bajo macrotúnel, Zamorano Honduras.

Número promedio de ramificaciones primarias por tallo: Se encontró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre los tratamientos de esta variable, con las dosis de 300, 400 y 500 kg N/ha/año mientras que el testigo fue el más bajo (2.4 ramas por planta) (Figura 7); A través del tiempo, la dosis 400 kg N/ha/año fue muy efectiva en aumentar las ramificaciones durante las tres aplicaciones de biol, fue significativa en la segunda aplicación; fue en las últimas semanas del experimento donde la dosis 500 kg N/ha/año demostró más efectividad en estimular ramificación en la planta (Figura 8).

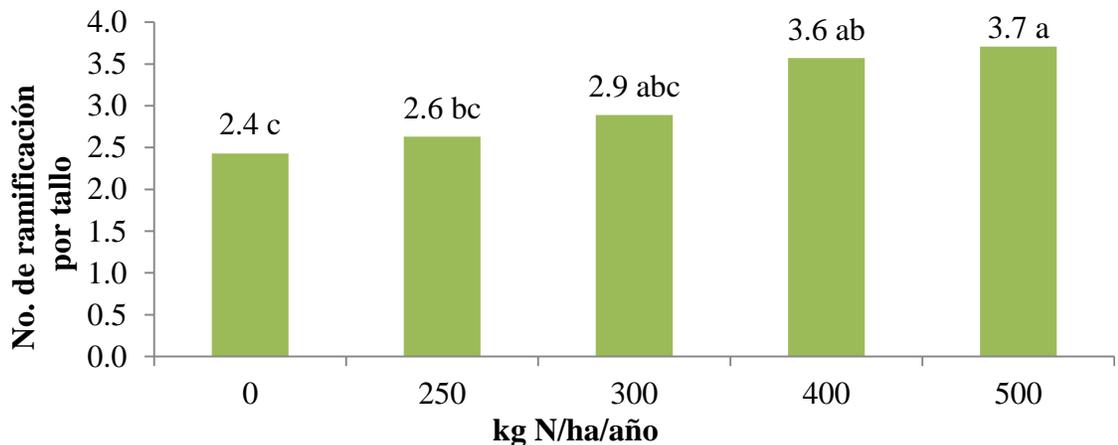
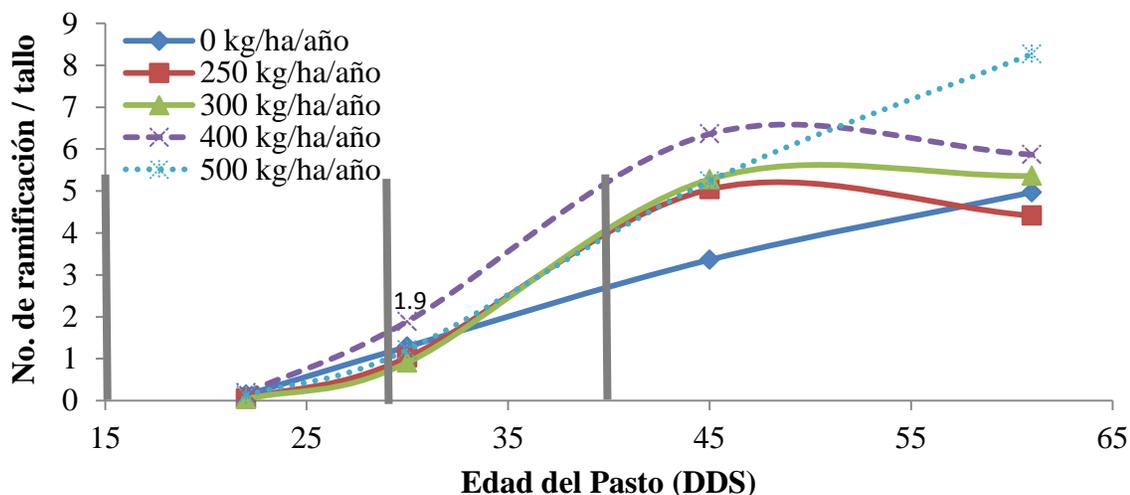


Figura 7. Número promedio de ramificaciones primarias por tallo en respuesta a diferentes dosis de biol como fuente de nitrógeno en pasto Transvala, en macetas bajo macrotúnel. Zamorano Honduras. CV 28.1;  $R^2$  0.9;  $P = 0.01$



Las barras verticales de la gráfica, indican las fechas de fertilización con biol

Figura 8. Número promedio de ramificaciones primarias por tallo a través del tiempo en respuesta a diferentes dosis de biol como fuente de nitrógeno, en pasto Transvala en macetas bajo macrotúnel. Zamorano, Honduras.

Biomasa: No se encontró diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) entre las dosis de esta variable; tampoco el peso de las raíces. Se observó que el testigo tuvo la mayor longitud de raíz, esto posiblemente se debe a la carencia de nutrientes en el suelo. La planta al no encontrar nutrientes cerca sufrió un estrés y las raíces se elongaron en búsqueda de nutrientes<sup>2</sup>, ya que los tratamientos que tuvieron mayor peso radicular y de biomasa tuvieron las raíces de longitud corta (Cuadro 4).

Cuadro 4. Variables agronómicas en pasto Transvala (*Digitaria eriantha* Steud.) a los 61 días después de siembra bajo diferentes dosificaciones de biol, Zamorano, Honduras.

Dosis (kg N/ha/año)	Biomasa (g/maceta)	Longitud Raíz (cm)	Peso Raíz (g/maceta)
0	21.8	50.4	0.9
250	22.6	48.7	1.4
300	22.5	41.5	0.9
400	31.1	40.7	1.7
500	27.9	45.9	1.7
CV	18.7	15.7	44.7
R <sup>2</sup>	0.2	0.3	0.3
P	0.3	0.6	0.3

CV: Coeficiente de Variación

P: Probabilidad

g: Gramos

R<sup>2</sup>: Coeficiente de determinación

kg: Kilogramos

cm: Centímetros

La dosis 400 kg N/ha/año fue la mejor durante las tres aplicaciones en las variables: longitud promedio de tallo, biomasa y peso de raíces, aunque no hubo diferencia significativa ( $P > 0.05$ ). En las variables número promedio de tallos/yema y número

<sup>2</sup> Arévalo de Gauggel, G.E. 2013. Directora Unidad de Suelos, Manejo de suelos y Nutrición Vegetal. Escuela Agrícola Panamericana – Zamorano. Comunicación Personal.

promedio de ramificaciones primarias/tallo, la dosis 500 kg N/ha/año fue la mejor ( $P < 0.05$ ) seguida por la dosis de 400 kg N/ha/año. Entre la dosis 400 y 500 kg N/ha/año no existe diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) por lo que la dosis de 400kg N/ha/año es la mejor ya que demostró mayor desempeño significativo que las otras dosis al ser asimilada a los 22, 30 y 45 DDS (Figuras 4, 6 y 8). Además al utilizar la dosis de 400 kg N/ha/año se disminuye la aplicación de P en grandes cantidades, así se favorece la mineralización de éste (Águila 2009) al permitirle al suelo retener la cantidad necesaria de fósforo sin llegar a su lixiviación (Heredia y Fernández 2008). La dosis 500 kg N/ha/año fue asimilada hasta en la tercera aplicación, su uso aumenta el aporte de P y K lo cual pueden afectar negativamente las condiciones del suelo por su alta cantidad. Escobar Lobo y Gutierrez Rodriguez (2013) encontraron en caña de azúcar que aplicar altas dosis tiene un efecto negativo en la producción.

Al observar que las dosis 400 y 500 kg N/ha/año demuestran poca diferencia entre ellas a lo largo del análisis para la variable número promedio de tallos por yema, fue necesario verificar si esa diferencia era significativa o no. Se procedió a la comparación de ambas dosis; con una probabilidad  $P = 0.68$  ( $P > 0.05$ ) se puede concluir que la media para la dosis 500 kg N/ha/año (3.8) es estadísticamente igual que la media para la dosis 400 kg N/ha/año (3.6). La dosis de 400 kg N/ha/año es la mejor ya que utilizándola se disminuye el riesgo de contaminar los suelos con exceso de P y K el cual es mucho mayor en la dosis de 500 kg N/ha/año.

La utilización de biol aumentó el pH del suelo ya que ésta aumentó después de realizar el experimento, desde un valor de 5.57 hasta 5.98 basado en la comparación de los resultados de análisis de suelo al inicio y al final del experimento. Esto puede ser evaluado en campo en una mayor escala de producción y determinar si el aumento de pH es continuo a mayor tiempo de aplicación.

#### 4. CONCLUSIONES

- Bajo las condiciones de este estudio, la utilización de biol como fertilizante orgánico líquido a una dosis equivalente a 400 kg de N/ha/año es efectivo al aplicarlo en pasto Transvala (*Digitaria eriantha* Steud.), ya que promueve el desarrollo fisiológico del mismo. Se sustituye la aplicación de la dosis de 500 kg de N/ha/año la cual tiene el mismo efecto en la planta pero ésta última dosis podría llegar a contaminar los suelos ya que aporta mayor cantidad de P y K.
- A lo largo del tiempo las variables: la longitud, el número promedio de ramificaciones primarias por tallo y el número promedio de tallos por yema respondieron efectivamente a la dosis de 400 kg N/ha/año en pasto Transvala a los 22, 30 y 45 días después de siembra respectivamente.
- La dosis de 500 kg N/ha/año aumenta el número promedio de tallos por yema y la cantidad de ramificaciones por tallo pero hasta los 50 DDS.
- La dosis de 300 kg N/ha/año estimula la producción del mayor número de brotes por yema en su primera aplicación que el resto de dosis.
- El biol funcionó como un regulador de pH en el suelo aumentando los valores de 5.57 a 5.98.

## **5. RECOMENDACIONES**

- Utilizar biol para fertilizar pasto Transvala a una dosis de 1,434 m<sup>3</sup>/ha equivalente a aplicar 400 kg N/ha/año.
- Realizar estudios de caracterización microbiológica y de metales tóxicos en el biol, ya que la presencia de éstas pueden influir negativamente en el pasto Transvala o cualquier otro cultivo.
- Realizar el experimento bajo condiciones de campo.
- Utilizar tensiómetros para controlar la humedad del suelo en experimentos de campo.
- Hacer el estudio por un tiempo mínimo de seis meses y con un mayor número de muestreos.
- Fraccionar la dosificación de biol de forma progresiva de acuerdo a la etapa de desarrollo del pasto Transvala.

## 6. LITERATURA CITADA

Águila Alcántara, E. 2009. Fracciones orgánicas e inorgánicas del fósforo en suelos calcáreos de Villa Clara. *Centro Agrícola* 36 (3): 29 – 33.

Arévalo G. E y C. A. Gauggel. 2013. Manual de prácticas. Curso de nutrición vegetal tercer año. Litocom. Tegucigalpa, Honduras. 91 p.

Carhuancho León, F.M., J. Guerrero Barrantes, J. Ramirez Candia. 2012. Aprovechamiento del estiércol de gallina para la elaboración de biol en biodigestores tipo batch como propuesta al manejo de residuo avícola (en línea). Perú. Consultado el 07 de agosto de 2013. Disponible en <http://www.perusolar.org/wpcontent/uploads/2013/01/16.pdf>

Cogger, C.&D. Sullivan. 1999. Worksheet for Calculating Biosolids Application Rates in Agriculture (en línea). Oegon State University. Consultado el 14 de Julio de 2013. Disponible en <http://cru.cahe.wsu.edu/CEPublications/pnw0511e/pnw0511.pdf>

Escobar Lobo, C. y M.N. Gutierrez Rodríguez. 2013. Efecto de cuatro programas de fertilización y tres tipos de suelos en variables agroindustriales en caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) var. Mex 79-431 en la Azucarera Choluteca, Choluteca, Honduras. Tesis Ing. Agr. Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 29 p.

Escobar Morán, J.J. y O.E. Ronquillo Molina. 2012. Respuesta a la fertilización orgánica con el uso de Biol y potásica inorgánica en King grass (*Pennisetum purpureum*) para estimación energética de potencial productivo de biogás, Zamorano, Honduras. Tesis Ing. Agrónomo. 27 p.

Flores Márgez, J.P. 2008?. Uso de Biosólidos y Estiércoles en la Nutrición Vegetal (en línea). Consultado el 20 de mayo de 2013. Disponible en <http://www.uacj.mx/docentes/juflores/documents/UsoBiosolidoEstiercoles-SMCS-jpfm08.pdf>

Fokhrul Islam, M. 2006. Linking Bio-energy, Bio-slurry and Composting: SNV Renewable Energy (Biogas) Program in Asia (en línea). Consultado 23 de octubre de 2013. Disponible en [http://www.fao.org/fileadmin/templates/rap/files/meetings/2011/110602\\_linking\\_bio-energy.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/rap/files/meetings/2011/110602_linking_bio-energy.pdf)

García Seminario, R., V.B. Carril Fernández, F. Alburquerque Viera, M. Garrido Rondoy y G. Cruz Cerro. 2009. Resumen de trabajos de investigación en cultivo de plantas “sin suelo” (en línea). TUMBES-PERÚ. FCA. Consultado el 07 de septiembre de 2013. Disponible en [http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/boletin46/Resumenes\\_Investigacion\\_Tumbes.pdf](http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/boletin46/Resumenes_Investigacion_Tumbes.pdf)

Gomero Osorio, L. 2005. Los biodigestores campesinos una innovación para el aprovechamiento de los recursos orgánicos. LEISA 21(1): 25-27 p.

Heredia, O. S., A. Fernández Cirelli. 2008. Importancia de las propiedades de los suelos en la determinación del riesgo de contaminación de acuíferos. Suelo 26(2): 131 – 140.

Karki, A.B. 2006. Country report on the use of bio-slurry in Nepal: Characterization of bio-slurry in comparison to other organic manure (en línea). Consultado 23 de octubre de 2013. Disponible en [http://www.snvworld.org/sites/www.snvworld.org/files/publications/nepal\\_bio-slurry\\_use\\_report\\_2006.pdf](http://www.snvworld.org/sites/www.snvworld.org/files/publications/nepal_bio-slurry_use_report_2006.pdf)

Morales G, J. V. Acuña R. y A. Cruz M. 2003. Industrialización del Heno de Calidad en Sistemas Bajo Riego en Costa Rica: Heno de calidad de pasto Transvala. MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). Consultado el 07 de Julio de 2013. Disponible en [http://www.mag.go.cr/biblioteca\\_virtual\\_animal/f01-8339.pdf](http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_animal/f01-8339.pdf)

Rodríguez Alfaro, M., O. Muñiz Ugarte, B. Calero Martín, A. Montero Álvarez, F. Martínez Rodríguez, T. Limeres Jiménez, M. Orphee Montoya y A. M. de Aguilar Accioly. 2012. Contenido de metales pesados en abonos orgánicos, sustratos y plantas cultivadas en organopónicos. Cultivos Tropicales 33 (2): 5-12 p.

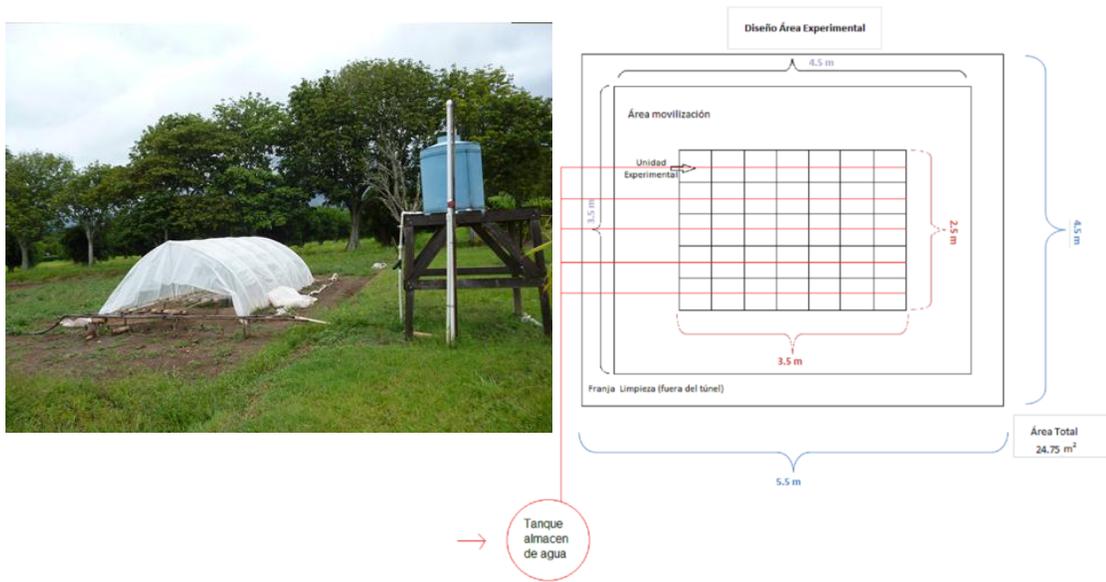
Siura C, S. s.f. Uso de Abonos Orgánicos en Producción de Hortalizas (en línea). Consultado 20 de mayo de 2013. Disponible en <http://www.lamolina.edu.pe/agronomia/dhorticultura/html/agroecologiaapunte/AGROECOL.%20Abonos%20Org%C3%A1nicos.pdf>

Soria Fregoso, M.J., R. Ferrera Cerrato, J. Etchevers Barra, G. Alcántara Gonzáles, J.Trinidad Santos, L. Borges Gómez y G. Pereyda Pérez. 2001. Producción de biofertilizantes mediante biodigestión de excreta líquida de cerdo. Terra Latinoamericana 19 (004): 354-362 p.

Wolf, B. 1982. An improved universal extracting solution and its use for diagnosing soil fertility. Communications in Soil Science and Plant Analysis 13(12):1005-1033.

## 7. ANEXOS

Anexo 1. Macrotúnel y diseño de área experimental antes de su construcción ubicada en el CEPIRS de la Unidad de Maquinaria y Riegos en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.



Anexo 2. Instalación de sistema de riego por goteo canalizado por varillas de bambú dentro del macro túnel y desarrollo del cultivo a los 40 DDS, experimento desarrollado en una de las parcelas experimentales del CEPIRS de la Unidad de Maquinaria y Riegos en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

