

# EVALUACIÓN DEL EFECTO DE ABONOS ORGÁNICOS SOBRE EL SUELO Y PRODUCCIÓN DE PLANTAS FORRAJERAS EN EL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ

Brayan Steven Cubillos Lozano, Miguel Alfonso Vergara Tamayo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Estudiantes de Zootecnia. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cundinamarca. Email: bscubillos@gmail.com; miguelvergara@msn.com

## Resumen

Esta investigación se llevó a cabo en la granja La Esperanza de la Universidad de Cundinamarca, donde se elaboraron unas microcomposteras para la fabricación de los abonos 1, 2 y 3 para comparar su rendimiento frente a un abono orgánico comercial y un fertilizante químico (tratamientos). Se analizaron variables físico-químicas y biológicas del suelo antes y después de la aplicación de los abonos, se determinó la productividad en plantas con interés forrajero y se hizo una aproximación de costo-beneficio de la fabricación y utilización de las mezclas orgánicas frente al costo y uso de los demás tratamientos. Se encontró que el mejor tratamiento en cuanto a las variables fisicoquímicas fue el abono 3, obteniendo diferencias estadísticamente significativas en Materia Orgánica, Fosforo, Potasio, Hierro y Zinc; asimismo, los abonos obtuvieron los resultados más representativos con las bacterias: *Arthrobacter*, *Staphylococcus* y *Streptomyces* (Gram positivas) *Nitrobacter* y *Nitrosomonas* (Gram negativas) y en los hongos, el género *Aspergillus*, *Penicillium*, *Thysanophora*, *Zygorhynchus*. El tratamiento químico presentó ausencia en la mayoría de los géneros. En general, en la abundancia y riqueza de especies, el abono 2 obtuvo los mayores valores con la familia *formicidae* y las mayores taxas en las trampas (*Formicidae*, *Lumbricidae*, *Opisthophora*, *Blattodea*, *Hemiptera*, *Staphylinidae*, *Araneae*, *Dermaptera*, *Lepidoptera*, *Chilopoda*, *Oniscidea*, *Reduviidae*) y muestras de suelo (*Collembola*, *Gryllidae*, *Opisthophora*, *Staphylinidae*, *Copsinellide*, *Hemiptera*, *Lumbricidae*, *Nabidae*), y en los menores valores el abono comercial y el fertilizante químico. El tratamiento que obtuvo el mayor valor de AFE en el cultivo de frijol, durante todo el periodo fue A2 con (0,59 cm<sup>2</sup> /g) a los 15 DDS y (1,04 cm<sup>2</sup> /g) 67 DDS, la TCR mostro mejores resultados con el tratamiento Q, (0,047 g.dia-1) a los 33 DDS, (0,015 g.dia-1) a los 67 DDS seguido del tratamiento A2. En el cultivo de maíz el tratamiento que obtuvo el mayor valor a los 15 DDS fue A2 con (3,10 cm<sup>2</sup> /g) hasta los 67 DDS (2,08 cm<sup>2</sup> /g), siendo superado por el A3 a los 90 DDS (2,41 cm<sup>2</sup> /g); el Abono 1 fue el de mayor TCR a los 33 DDS (0,042 g.dia-1) y al finalizar el periodo de evaluación 90 DDS (0,012 g.dia-1). De acuerdo al costo-beneficio la fabricación de las mezclas orgánicas tuvieron el menor costo con un valor de \$85.000 y el tratamiento más costoso fue el fertilizante químico con \$145.800, demostrando que los abonos podrían ser viables para el manejo de residuos orgánicos y la fertilización de cultivos forrajeros.

**Palabras clave:** Agroecología, sostenibilidad, diversidad, residuos orgánicos.

## EVALUATION OF THE EFFECT OF ORGANIC FERTILIZER ON THE SOIL AND PRODUCTION OF FEED CROPS IN THE MUNICIPALITY OF FUSAGASUGÁ

### Abstract

This research was carried out on the farm La Esperanza of the University of Cundinamarca, where a microcomposteras to manufacture fertilizers 1, 2 and 3 were prepared to compare its performance against a commercial organic fertilizer and chemical fertilizer (treatments) . Physicochemical and biological soil variables were analyzed before and after the application of fertilizers, plant productivity was determined

with forage interest and made a cost-benefit approach to the manufacture and use of organic mixtures vs. cost and using other treatments. It was found that the best treatment in terms of physicochemical variables was the payment 3 obtaining statistically significant differences in organic matter, phosphorus, potassium, iron and zinc; also fertilizers the most representative results obtained with bacteria: *Arthrobacter*, *Streptomyces* and *Staphylococcus* (Gram positive) *Nitrobacter* and *Nitrosomonas* (Gram negative) and fungi, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Thysanophora*, *Zygorhynchus*. Chemical treatment present absence in most genres. In general, abundance and species richness, compost 2 obtained the highest values with family and elderly formicidae taxa in traps (*Formicidae*, *Lumbricidae*, *Opisthophora*, *Blattodea*, *Hemiptera*, *Staphylinidae*, *Araneae*, *Dermaptera*, *Lepidoptera*, *Chilopoda*, *Oniscidea*, *Reduviidae*) and soil samples (*Collembola*, *Gryllidae*, *Opisthophora*, *Staphylinidae*, *Copsinellide*, *Hemiptera*, *Lumbricidae*, *Nabidae*), and the lowest values in commercial fertilizer and chemical fertilizer. The treatment had the highest value of AFE in bean crops throughout the period was A2 (0.59 cm<sup>2</sup> / g) at 15 and DDS (1.04 cm<sup>2</sup> / g) 67 DDS, the TCR showed better Q treatment results (0.047 g.dia-1) at 33 DDS (0.015 g.dia-1) at 67 followed by treatment DDS A2. In the corn crop treatment that obtained the highest value at 15 DDS was A2 (3.10 cm<sup>2</sup> / g) to 67 DDS (2.08 cm<sup>2</sup> / g), surpassed by the A3 at 90 DDS ( 2.41 cm<sup>2</sup> / g); The payment was the largest one TCR at 33 DDS (0.042 g.dia-1) and at the end of the evaluation period 90 DDS (0.012 g.dia-1). According to the cost-effective production of organic mixtures had the lowest cost with a value of \$ 85,000 and the most expensive treatment was chemical fertilizer with \$ 145,800, proving that the fertilizers could be viable for organic waste management and fertilization forage crops.

Keywords: Agroecology, sustainability, diversity, organic waste.

---

## 1. Introducción.

Los efectos negativos del uso de los agroinsumos (la contaminación ambiental, el calentamiento global, trazas en los alimentos producidos, etc.) la ausencia de rotación de cultivos, convierte a los monocultivos en agroecosistemas altamente vulnerables, dependientes de grandes cantidades de insumos químicos (Rosset, 2001); además es necesario aplicar dosis mucho mayores para aumentar el rendimiento cuando este podría lograrse con el uso de una menor cantidad de agroquímicos (Rosset, 2001). Dichos modelos han provocado daños ecológicos en las áreas rurales, con el consiguiente agotamiento de los recursos naturales, la erosión y la pérdida natural de la fertilidad de los suelos, así como la reducción alarmante de la biomasa y de la diversidad biológica; el manejo de suelos con residuos orgánicos, contribuye a incrementar la materia orgánica en los mismos, así como la

biomasa microbiana y su actividad (Acosta *et al.* 2012).

La generación de residuos sólidos orgánicos en las actividades urbanas, agropecuarias e industriales, están estrechamente relacionadas con el modelo productivo actual, además representa una de las principales formas de deterioro del medio ambiente al no existir un aprovechamiento racional o un reciclaje sistemático de los mismos (Acosta, 2013). Sin embargo, se conocen los efectos negativos que han causado los químicos en el deterioro del medio ambiente y hoy en día se utilizan otras alternativas en el mundo, con el propósito de preservar el ambiente y al hombre (Noda *et al.* 2013). En la actualidad se han desarrollado diferentes técnicas de manejo para dar un uso adecuado a los residuos orgánicos, el compostaje es una de estas técnicas, consiste en la descomposición de desechos orgánicos por la acción de microorganismos bajo condiciones controladas hasta la obtención de un producto

estable para utilizarlo como biofertilizante (Acosta, 2013).

Dentro de los beneficios de los abonos orgánicos encontramos: mejora la calidad del suelo, mejora la retención de humedad, estimula el desarrollo de las plantas, mejora y regula la velocidad de infiltración del agua, eleva la capacidad tampón, favorece la disposición de algunos micronutrientes, elevan la capacidad de intercambio catiónico, mantienen el fósforo en estado asimilable, favorece el desarrollo de cadenas tróficas, controla patógenos e inducen a resistencia sistémica adquirida a los patógenos foliares (Felix, 2008). Hoy en día la producción de plantas forrajeras de alta calidad sin el uso de fertilizantes sintéticos y haciendo un uso eficiente del agua, es una necesidad en áreas donde la alimentación de recursos naturales es alarmante, por ello la aplicación de abonos orgánicos es una alternativa válida en la producción de plantas forrajeras (Salazar *et al.* 2009). El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de abonos orgánicos (compostaje) sobre el suelo y producción de plantas forrajeras (Maíz: *Zea mays* y Frijol forrajero: *Phaseolus vulgaris*) en el municipio de Fusagasugá.

## 2. Materiales y métodos

El presente estudio se llevó a cabo en la granja La Esperanza de la Universidad de Cundinamarca, ubicada en la zona rural del municipio de Fusagasugá como se muestra en la Figura 1, entre los 004° 20' 38" Latitud Norte y los 074° 22' 04" de Longitud Occidental, a una altura promedio de 1.720 m.s.n.m. El Municipio de Fusagasugá se localiza al sur-occidente de Cundinamarca, a una distancia de 64 Kilómetros de Bogotá, y es la capital de la Provincia del Sumapáz.

La producción de residuos orgánicos en el departamento de Cundinamarca está representada por diversas explotaciones agropecuarias. Se recolectaron en la vereda Guavio Bajo residuos agropecuarios para la

fabricación de abonos orgánicos. De estos, en la granja la Esperanza se tomaron 4 bultos de bovinaza, 4 bultos de porquinaza y 6 bultos de hojarasca con residuos de pasto estrella, los cuales fueron desplazados hasta el vivero de la universidad que tiene un área de 12m de largo x 4m de ancho, construyéndose camas con medidas de 2.95m de largo x 0.65m de ancho; en total se fabricaron 6 camas las cuales soportaron 18 microcomposteras. Por otro lado, en fincas aledañas se recogió el material que no había en la granja como fueron: 4 bultos de cacota (residuos de café), 6 bultos de residuos de cítricos, 6 bultos de residuos de tomate, 6 bultos de residuos caseros (plátano, hortalizas y cascaras de huevo), 4 bultos de gallinaza todo esto para la fabricación de las mezclas orgánicas. Para realizar la comparación con los demás tratamientos se utilizaron 4 bultos de abono orgánico comercial (gallinaza) que se consiguieron en una producción avícola y también se utilizó 1 bulto de abono químico (15-15-15) que se adquirió en la zona urbana de Fusagasugá.

**Tabla 1.** Componentes utilizados para la fabricación de los tratamientos. (Fuente: Autores, 2015)

TRATAMIENTOS	COMPONENTE
Químico (Q)	Triple 15
Gallinaza (G)	Excretas de avicultura (comercial)
Abono Orgánico 1 (A1)	Bovinaza + Plantas de tomate (tallos, hojas y tomate residual) + Compost de casa (cascaras de huevo, plátano y residuos de hortalizas).
Abono Orgánico 2 (A2)	Gallinaza + Cacota + Plantas de tomate (tallos, hojas y tomate residual).
Abono Orgánico 3 (A3)	Porquinaza + Pasto estrella + Cítricos (naranja y hojarasca de la misma planta).

### 2.1. Evaluación de las variables físico-químicas

Para la evaluación de las variables físico-químicas, se tomaron dos muestras en el tiempo, una antes y otras después del ciclo de cultivo, haciendo una pequeña excavación en forma de cono con la pala, se recogieron 3 muestras de

suelo cuyas dimensiones fueron de 20 cm de largo por 20 de ancho y a 20 cm de profundidad, tomando la parte central de cada excavación, siendo empacada y rotulada en bolsas plásticas marca Ziploc®. De cada tratamiento se seleccionaron por medio de un muestreo aleatorio simple (MAS), para el posterior análisis en laboratorio.

## 2.2. Evaluación de las variables biológicas

La evaluación de las variables biológicas se realizaron en el suelo, antes y después de la siembra de los forrajes; se determinaron las poblaciones micro, meso y macrofauna.

### 2.2.1. Caracterización microbiológica

Para la identificación y caracterización de bacterias y hongos, se tomaron muestras antes y después de la aplicación de los abonos orgánicos, para su posterior análisis microbiológico llevado a cabo en los laboratorios de la universidad del Tolima, teniendo en cuenta, la Norma Técnica Colombiana (NTC 4491-2) sobre procedimientos microbiológicos.

#### Bacterias

Se realizó la tinción de Gram y se utilizó el método miniaturizado de identificación, mediante el kit BBL Crystal (Marca B. D. Diagnostic Systems Europe) fundamentado en la utilización y degradación de sustratos específicos por parte de los microorganismos detectados por distintos sistemas indicadores, para el reconocimiento de organismos Gram positivos y Gram negativos (Escobar et al, 2012). A través de los análisis de este kit se detecta la capacidad de un organismo para hidrolizar, degradar, reducir o utilizar un sustrato en el sistema BBL Crystal.

#### Hongos

Para la caracterización e identificación de los hongos se utilizó el método reportado por (Arias

& Piñeros, 2008) & (Escobar et al, 2012), para la identificación del género de hongos en cada uno de los tratamientos, fue necesario la utilización de claves taxonómicas, para esto, se tuvo en cuenta, las características macro y microscópicas, es así, como fue preciso examinar los aislamientos de cada una de las cepas, utilizando diferentes medios de cultivo para la caracterización macroscópica e inducción de estructuras reproductivas, para luego ser comparadas con las reportadas en la literatura.

### 2.2.2. Caracterización Entomológica

Los invertebrados tienen la virtud de ser pequeños y de explotar generalmente una pequeña área (trampas 6x6 cm y muestras de suelo 20x20 cm, microhábitats), durante los distintos estados del ciclo de vida. Se utilizaron trampas “de caída” (pit-fall traps) elaboradas en vasos desechables de 180 cm<sup>3</sup> llenos hasta la mitad de alcohol y se recogieron muestras de suelo de 1 Kilogramo a 15 cm de profundidad. Las muestras y las trampas se ubicaron al azar en puntos específicos del terreno (Márquez, 2005). Se colectaron los insectos de las trampas y muestras, registrando la abundancia. Los insectos colectados en cada sustrato se separaron en los diferentes viales sin mezclarlos y el transporte se hizo lo más rápido posible desde el lugar de captura hasta el laboratorio (Darrigran, et al. 2007). La biodiversidad del recurso suelo se centra en la abundancia y la diversidad de especies (Mike, 2000); y se calculan con la riqueza que es el número de especies que integran la comunidad, con la abundancia absoluta que es el número de individuos por especie y la abundancia relativa que es la proporción de los individuos de cada especie en el total de los individuos del ecosistema (UNAL, 2015). Se realizó la identificación y caracterización de los individuos recolectados, en laboratorio, los cuales se conservaron en alcohol al 70%; llegando mínimo hasta la categoría orden (Socarras & Robaina, 2011) con la ayuda de un estereoscopio óptico, pinza de

diseción, bases de datos disponibles en internet (Rubio et al. 2009) y asesorías en la Universidad de Cundinamarca, para realizar dicho procedimiento.

### 2.3. *Análisis el efecto de los abonos en plantas forrajeras*

#### Preparación de suelo

El área cultivada fue de 500 m<sup>2</sup>, se realizó labranza mínima al terreno utilizando azadones para hacer uniforme el lugar y dejarlo listo para la siembra. Se hicieron 11 surcos con dirección Oriente- Occidente por la ubicación de algunos árboles que afectarían la homogeneidad del crecimiento de las plantas por la sombra, además esta disposición facilitó el riego.

#### Arreglo de Campo

Se dispusieron los tratamientos en un diseño completamente al azar con un número total de 200 unidades experimentales; para garantizar la aleatoriedad de los tratamientos se utilizó Excel 2010 con su función =ALEATORIO () y posteriormente =JERARQUIA para garantizar que estos números no se repitieran. Cada tratamiento contó con 40 repeticiones para disminuir el porcentaje de error.

#### Fertilización

Luego de la preparación del suelo, dos semanas antes de la siembra se aplicó cal al terreno, ya que era un suelo ácido. Para la aplicación de los abonos se utilizó una dosis de 200 gs. por planta basándonos en el estudio realizado por Cepeda & Pardo, (2011), esta aplicación se hizo antes de la siembra para que los abonos y la gallinaza se incorporaran al suelo y pudieran brindar mejores resultados. Lo mismo se hizo con el abono químico que se empleó al momento de la siembra, este se diluyó en agua y se aplicó con una regadera a la correspondiente unidad experimental; en la mitad del experimento se abonó nuevamente con la misma dosificación a

cada uno de los tratamientos con su respectivo abono ya fuese químico, orgánico o comercial.

#### Siembra

Se realizó la siembra de maíz y frijol, siendo la primera una gramínea y la segunda una leguminosa. La asociación de estas dos especies brinda ventajas para el suelo y a su vez para el crecimiento de estas plantas, a esto se denominó unidad experimental (Maíz- Frijol) cuya distancia entre planta y planta fue de 50 cm. La distancia entre unidades experimentales fue de 80 cm y entre surco y surco de 80cm; adicionalmente se hicieron 5 surcos para la siembra de cilantro y alrededor de todo el cultivo, se realizó la siembra de ají con una disposición entre plantas de 80 centímetros estas dos especies fueron sembradas con el fin de controlar las posibles plagas que atacaran los cultivos del estudio, efectuando con esto un control cultural y agroecológico.

#### Labores de mantenimiento del cultivo.

Se realizó riego según las condiciones meteorológicas que se registraran en los meses en el que se ejecutó el proyecto en el municipio de Fusagasugá, el tipo de riego que se utilizó fue manual, cabe resaltar que los meses de noviembre, Diciembre y Enero, se presentó el fenómeno del niño y cada semana se efectuó el riego al cultivo.

El deshierbe y aporque se hizo cada 15 días, esta actividad consistía en tomar las herramientas (Azadón, machete) y de forma manual, planta por planta se retiró la hierba y las malezas que crecían cerca a la unidad experimental.

#### Muestreo

La toma de muestras se efectuó desde la siembra del cultivo a mediados del mes de octubre de 2014 hasta la finalización de cada uno de ellos, el ciclo del frijol fue de 69 días y para el de maíz de 99. La medición de las variables alto, largo y ancho se efectuó cada 15 días para las

dos especies. La tabla 2 muestra las variables a medir según la etapa fenológica de la planta y la toma de muestras se dividió en 4 fases.

Tabla 2. Etapas fenológicas para cada cultivo y la respectiva variable a evaluar.

FASE	ETAPA FENOLÓGICA	CULTIVO	VARIABLE
1	Germinación	Maíz-Frijol	% de germinación para cada tratamiento.
2	Prefloración	Frijol - Maíz	VARIABLES fisiológicas: TCR, AF, AFE. VARIABLES morfológicas: PS.
3	Antesis o Floración	Frijol -Maíz	VARIABLES fisiológicas: TCR, AF, AFE. VARIABLES morfológicas: PS.
4	Finalización ciclo del cultivo	Frijol	Rendimiento: Número de vainas por planta y número de granos por vaina.
	Finalización ciclo del cultivo	Maíz	Rendimiento: Número y peso de mazorcas por planta, números de granos de cada mazorca.

#### 2.4. Determinación de la relación costo-beneficio

Según (Funes, 2009) se tendrán en cuenta los valores de los elementos del sistema enfocados en la elaboración de los abonos orgánicos y la recuperación del suelo, determinando la eficiencia en el uso de los factores tierra, capital trabajo, materiales, horas trabajadas, para esto se manejó un flujograma para determinar cuánto un productor debe gastar para producir un abono orgánico teniendo en cuenta que un día de trabajo en la zona rural lo componen 8 horas (un jornal) con un precio de \$20.000. También se tomará como referencia el valor de un fertilizante químico y sus implicaciones, para compararlo con el abono orgánico que se produzca, con estos valores se determinará si es rentable la utilización de técnicas como el compostaje para producir productos estables a base de residuos orgánicos.

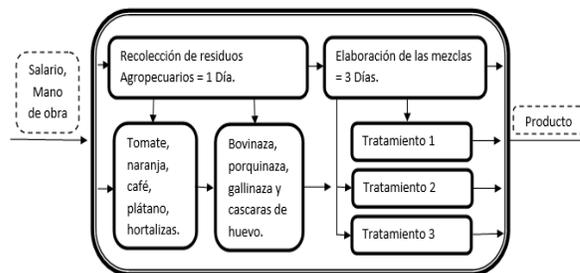


Figura 1. Diagrama de flujo de los factores que intervienen en la elaboración de los abonos orgánicos. (Fuente: Autores, 2015).

#### 2.5. Métodos estadísticos

Para el análisis de las variables físico- químicas, se realizaron análisis de varianza, pruebas de comparación de Tukey y comparaciones planeadas entre el antes y el después de la fertilización (incluidos todos los tratamientos). En caso de no cumplirse los supuestos, se realizó el análisis de varianza no paramétrico de Kruskal Wallis. El análisis fue realizado en el programa estadístico R versión 3.2.0.

Para el análisis de las variables biológicas, se calculó el índice de Shannon-Wiener y se realizó la prueba de Shannon diversity t-test a través del programa PAST versión 3.08, donde se comparó el suelo inicial con cada tratamiento y entre tratamiento por pares, esto se hizo con el fin de saber que tratamiento obtuvo mayor diversidad de microorganismos.

Para el análisis del efecto de los abonos en las plantas, se elaboraron análisis de varianza por separado para los 15, 33, 51 y 67 días después de la siembra en frijol y 15, 33, 51, 67 y 90 días después de la siembra en maíz y contrastes ortogonales entre químico y el resto y gallinaza con T1, T2 y T3, lo anterior se desarrolló a través del software estadístico Infostat versión 2013.

### 3. Resultados y Discusión.

#### 3.1. Variables Físico- Químicas

##### Propiedades Químicas

Las propiedades químicas son las interacciones que hay, entre los elementos químicos y la relación que pueden tener estos con las plantas y el suelo, como la disponibilidad de micro y macronutrientes, pH, capacidad de intercambio catiónico, materia orgánica, etc. (García *et al.* 2012).

En la tabla 3, se muestran los valores promedios de las principales propiedades químicas antes de la fertilización y con los diferentes tratamientos, sus resultados y su valoración, clasificados de acuerdo a los niveles de interpretación estándares para suelos de uso agrícola

Los minerales son un conjunto de compuestos inorgánicos, derivados de la fragmentación de las rocas presentes en el suelo, están divididos entre macro y microelementos. Para determinar el empobrecimiento de fertilidad en general de un suelo se toma en cuenta la evolución de la materia orgánica, el pH, CIC y algunos macronutrientes (Acevedo *et al.* 2010).

En nuestro estudio, antes de la fertilización del terreno se registró un pH de 4,8 (muy ácido); un porcentaje en la materia orgánica M.O. de 0,9%

(muy bajo) y el nivel de la capacidad de intercambio catiónico I.C.C. en  $17 \text{ meq.}100\text{g}^{-1}$  (adecuado). Las acciones antrópicas (agricultura intensiva) o de la naturaleza (clima, lluvias, vientos, etc.) que se producen en un determinado terreno pueden generar la pérdida de materia orgánica, biodiversidad, salud y calidad del suelo, afectando directamente las propiedades físico-químicas del agroecosistema (Geisseler & Scow, 2014). El p-valor  $<0.05$ , rechaza la hipótesis nula, presentando diferencias estadísticamente significativas entre antes y después de la aplicación de todos los tratamientos, sin embargo no hubo diferencias significativas entre tratamientos, porque el p-valor  $>0.05$ , no rechaza la hipótesis nula. En este caso no se realizó la prueba de Tukey, debido a que no hay diferencias en el pH de todos los abonos, logrando rangos de 7,27 a 7,75; resultados similares a los de Willekens *et al.* (2013), los cuales mostraron un aumento en el pH de 0,4 con la aplicación de enmiendas orgánicas en un año; pero en el tratamiento químico también obtuvo un valor de 7,35 en el pH y esto pudo haber sido por la aplicación de 200gr/UE de cal dolomita antes de la fertilización, para lograr una neutralización en el pH del suelo, indicando una mayor respuesta en el control de la acidez, cuando se aplican materiales encalantes (Castro & Munevar, 2013).

Con respecto a la materia orgánica se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, rechazando el  $H_0$  con p-valor

Tabla 3. Variables químicas antes y después de la aplicación de los tratamientos. (Fuente: Autores, 2015)

VARIABLE	ANTES DE FERTILIZAR SI	TRATAMIENTOS						
		Q	G	A1	A2	A3	F	P
pH	4,80	7,35 ± 0,56	7,58 ± 0,40	7,75 ± 0,24	7,27 ± 0,06	7,27 ± 0,12	1,25	0,349
C.I.C	17,00	26,33 ± 5,51	28 ± 1,00	30,00 ± 0	30,66 ± 0,58	30,66 ± 0,58	1,71	0,224
M.O	0,90	7,77 ± 0,68 ab	1,69 ± 0,55 a	5,95 ± 4,97 ab	5,63 ± 2,62 ab	9,32 ± 0,85 b	3,73	0,041
Potasio	0,37	0,08 ± 0,02 a	0,19 ± 0,14 a	0,73 ± 0,31 ab	1,64 ± 0,53 bc	2,98 ± 0,94 c	16,98	0,0002
Sodio	0,30	0,30 ± 0,10	0,47 ± 0,38	0,80 ± 0,26	0,87 ± 0,12	1,13 ± 0,80	1,87	0,192
Calcio	5,60	2,26 ± 0,92 a	4,75 ± 0,56 ab	5,60 ± 0,49 b	3,91 ± 1,71 ab	5,93 ± 0,69 b	6,83	0,006
Magnesio	2,70	0,32 ± 0,12	1,17 ± 0,59	1,25 ± 0,28	1,85 ± 0,62	1,85 ± 1,13	3,03	0,07
Fosforo	30,00	90,00 ± 1,00 a	100,33 ± 0,58	97,33 ± 2,08 ab	99,00 ± 1,00	108,67 ± 10,79 b	5,46	0,013
Cobre	1,90	1,43 ± 0,32	1,77 ± 0,90	1,50 ± 0,30	1,93 ± 0,23	2,10 ± 0,75	0,74	0,586
Zinc	4,50	2,43 ± 0,12 a	3,77 ± 1,10 a	2,43 ± 0,12 a	2,73 ± 0,49 a	5,53 ± 0,68 b	13,48	0,0005
Hierro	10,00	68,00 ± 2,00 a	86,00 ± 11,53 ab	89,33 ± 6,03 b	70,33 ± 6,11 a	90,00 ± 4,36 b	7,48	0,004
Manganeso	21,00	26,67 ± 5,77 a	40,00 ± 0 c	30,00 ± 0 ab	39,67 ± 0,58 c	35,67 ± 4,04 bc	10,49	<0,001
Boro	0,50	5,20 ± 1,40 b	8,63 ± 0,45 c	2,93 ± 0,64 a	4,23 ± 0,06 ab	4,67 ± 0,47 ab	24,24	<0,0001
Azufre	56,00	42,00 ± 1,00 a	57,67 ± 0,58 c	49,33 ± 3,06 b	57,67 ± 3,06 c	62,00 ± 1,00 c	45,77	<0,0001

<0,05. Se realizó una prueba Tukey en los cuales el abono orgánico comercial obtuvo el menor valor con 1,69 %, probablemente por las grandes cantidades de viruta de madera de gran tamaño que este abono contenía, retrasando la degradación de los residuos orgánicos, afectando los niveles de M.O. en el suelo, ya que en este tipo de abono los valores normales son de 42,1%; sin embargo hay muchos factores que pueden alterar la calidad de la gallinaza como: el tipo de alimento, etapa productiva, antibióticos, plumas, etc. (Estrada, 2012). El fertilizante químico tuvo un valor intermedio con 7,77% y esto es por el contenido de compuestos inorgánicos que son (N: 15%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 15 % y K<sub>2</sub>O: 15 %) aportando buena cantidad de nutrientes esenciales (Silvana et al. 2014). El abono 3 registró un de 9,32%, teniendo en cuenta que la composición del residuo pecuario que este contenía (porquinaza), tiene altos porcentajes de M.O.; a diferencia del abono 1 (bovinaza) y 2 (gallinaza) con menores porcentajes. Los estudios de Medina et al. (2010); Pérez et al. (2008) & Estrada, (2012) indican que el aporte de M.O. de la porquinaza que es de 64,30%, la gallinaza de 42,1% y la bovinaza de 37,70%; aumentan el

porcentaje de M.O. cuando se aplican en el suelo, lo cual coincide con nuestros estudios, el mejor tratamiento en cuanto a la materia orgánica es el A3.

La Capacidad de intercambio catiónico tuvo un efecto positivo después de la fertilización, logrando aumentar casi un 50%. Se realizó una comparación planeada entre el antes frente al después (incluyendo todos los tratamientos) y se presentan diferencias significativas sin embargo, no tuvo diferencias significativas entre tratamientos; los mayores valores los registraron los abonos orgánicos A2 y A3 con 30,66 meq.100g<sup>-1</sup>; el A1 con un valor intermedio de 30 y en menores valores la G con 28 y el Q con 26,33 meq.100g<sup>-1</sup> respectivamente; estos valores se lograron obtener, porque la composición de las mezclas de los abonos contienen gran cantidad de compuestos orgánicos en descomposición y forman uniones organominerales, de acuerdo con la investigación de Acevedo *et al.* (2010) la cual indica que los suelos con alto porcentaje de M.O. influyen en la C.I.C. aumentándola por los altos contenidos de grupos carboxílicos y por lo tanto favoreciendo el intercambio de

iones entre la M.O y la fracción inorgánica del suelo, variando su valor de acuerdo a la naturaleza de dichos compuestos.

El tratamiento A3 obtuvo los mejores resultados en la mayoría de micro y macro elementos los cuales son indispensables en la nutrición vegetal, hubo diferencias estadísticamente significativas antes y después de la fertilización y entre tratamientos, resaltando el A3 con los mayores valores en: Fosforo (P=108,67), Potasio (K=0,98), Hierro (Fe=90,0) y Zinc (Zn=5,53) a diferencia del suelo de inicio (P=30; K=0,37; Fe=10,0 y Zn=4,50) y el químico con menores valores (P=90; K=68; Fe=0,08 y Zn=2,43). En cambio no hubo diferencias estadísticamente significativas entre el Sodio y el Azufre antes (Na=0,3 y S=56) y después de la aplicación de los abonos pero si hubo diferencias entre tratamientos, nuevamente el A3 fue el mejor (Na=1,13 y S=62,00) y el químico con los menores valores (Na=0,3 y S=42,00); ya que la calidad de los abonos orgánicos varía en la composición de sus materiales. Según estudios de Medina et al. (2010), indican que si un abono orgánico tiene un elevado nivel de Nitrógeno en la materia orgánica el resto de nutrimentos estarán en cantidades adecuadas, siendo buen indicativo de fertilidad de dicho abono, diferenciándose notablemente del tratamiento químico el cual obtuvo los menores valores en dichos elementos.

### Propiedades Físicas.

Las propiedades físicas son las interrelaciones que hay entre el agua, el aire y el suelo en diversas proporciones, generando características como la textura, que hace referencia al tamaño de la partícula (arena, arcilla y limo) y pueden ser una herramienta útil para mejorar las prácticas agrícolas y la fertilidad del suelo (García et al. 2012).

Tabla 4. Variables físicas asociadas a la textura del suelo, antes y después de la fertilización. (Fuente: Autores, 2015)

Tratamientos	PROPIEDADES FÍSICAS			
	% Arcilla	% Limo	% Arena	Textura
Suelo Inicio	26,5	20	53,5	Franco Arcillo Arenoso
Químico	26,5	14	59,5	Franco Arcillo Arenoso
Gallinaza	26,5	14	59,5	Franco Arcillo Arenoso
Abono 1	26,5	14	59,5	Franco Arcillo Arenoso
Abono 2	26,5	14	59,5	Franco Arcillo Arenoso
Abono 3	26,5	14	59,5	Franco Arcillo Arenoso

De acuerdo a los resultados de la textura del terreno de estudio hubo diferencias significativas entre el suelo de inicio (arena: 53,5 y limo: 20 ), después de la fertilización (arena: 59,60 y limo: 14 ) y ninguna entre tratamientos; ya que todos tienen valores iguales; no se identificó ningún cambio en general de la textura del terreno, ya que se necesita de gran perturbación en el ambiente edáfico para lograr modificar la textura de un suelo. Según el triángulo textural USDA, demostró ser un suelo franco arcillo arenoso con clase textural moderadamente fina, tipos de suelo con valores aceptables para las actividades agrícolas, estudios similares, a los de Castiglioni *et al.* (2013), revelan que los suelos franco arcillo arenoso, permiten un buen desarrollo radicular, permeabilidad, retención de agua y de nutrientes que facilitan el desarrollo y crecimiento de los cultivos.

### 3.2. Variables biológicas

#### Microbiología

El índice de Shannon H, comprueba la diversidad de especies indicando que hay presencia de biodiversidad, el índice refleja la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa. La escala de este índice generalmente en la mayoría de ecosistemas oscila de 0 a 5, por lo tanto H= 0 cuando la muestra contenga solo una especie y aumentara su valor a medida que el número de especies e individuos sea mayor (Pla, 2006).

Tabla 5. Índice de Shannon H para cada uno de los tratamientos, incluyendo el suelo antes de fertilizar. (Fuente: Autores, 2015)

COMBINACIÓN		Índice de Shannon H (A)	Varianza (A)	Índice de Shannon H (B)	Varianza (B)	T	df*	p-value**
A	B							
Suelo inicio	Químico	2,36	0,016	1,97	0,038	1,71	24,21	0,0994
Suelo inicio	Gallinaza	2,36	0,016	2,63	0,010	-1,65	52,27	0,1057
Suelo inicio	Abono 1	2,36	0,016	2,51	0,016	-0,83	53,65	0,4082
Suelo inicio	Abono 2	2,36	0,016	2,95	0,008	-3,75	51	0,0005
Suelo inicio	Abono 3	2,36	0,016	2,76	0,012	-2,37	56,03	0,0214
Químico	Gallinaza	1,97	0,0375	2,63	0,010	-3,04	20,2	0,0064
Químico	Abono 1	1,97	0,0375	2,51	0,016	-2,36	24,36	0,0265
Químico	Abono 2	1,97	0,0375	2,95	0,008	-4,59	19,26	0,0002
Químico	Abono 3	1,97	0,0375	2,76	0,012	-3,57	21,82	0,0017
Gallinaza	Abono 1	2,63	0,0098	2,51	0,016	0,72	59,09	0,4724
Gallinaza	Abono 2	2,63	0,0098	2,95	0,008	-2,39	85,01	0,0189
Gallinaza	Abono 3	2,63	0,0098	2,76	0,012	-0,89	77,26	0,3754
Abono 1	Abono 2	2,51	0,0158	2,95	0,008	-2,82	58,34	0,0067
Abono 1	Abono 3	2,51	0,0158	2,76	0,012	-1,48	62,63	0,1431
Abono 2	Abono 3	2,95	0,0084	2,76	0,012	1,34	81,4	0,1826

\*df: grados de libertad \*\*Valores menores a 0,05 indican diferencias significativas estadísticamente.

El índice de Shannon (H) que comprueba la diversidad de especies en nuestro trabajo tuvo variaciones de 1.97 a 2.95 lo que indica que hay presencia de biodiversidad en cada uno de los tratamientos siendo el menor Q y el mayor fue el A2, siendo un índice óptimo de 2-3, en general los abonos orgánicos fueron mejores que el fertilizante químico y aumentaron la diversidad con respecto al suelo inicial, además hubo diferencias significativas entre el tratamiento Q y el resto de tratamientos evaluados después de fertilizar pero frente al suelo inicial no existen diferencias, el tratamiento A2 obtuvo diferencias estadísticamente significativas con respecto a los otros tratamientos evaluados, tal vez esto se debe a que obtuvo la mayor abundancia y diversidad en cuanto al índice de Shannon.

En el estudio realizado por Hartmann *et al.* (2014) encontraron que al fertilizar con

abonos orgánicos en un suelo donde se utilizó fertilizante mineral y sistemas de manejo convencionales aumento la riqueza, disminuyó la uniformidad de especies y cambió la estructura de la microbiota en cuanto a la abundancia de comunidades microbianas. En los sistemas que no recibieron enmiendas orgánicas, se caracterizó por organismos oligotróficos adaptados a ambientes de nutrientes limitados, esto nos soporta lo que nombramos anteriormente en los resultados de la tabla 5.

### Entomología

La diversidad que significa el número de especies presentes en una área determinada, se aplican cálculos con los cuales se procede a analizar el conjunto de especies, la dominancia y su relación con el entorno Índice de Shannon (Golicher, 2012).

Tabla 1. Índice de Shannon en muestras de suelo, para meso y macrofauna con los diferentes tratamientos. (Fuente: Autores, 2015)

Combinación		Índice de Shannon H (A)	Varianza (A)	Índice de Shannon H (B)	Varianza (B)	T	df*	p-value**
A	B							
Suelo inicio	Químico	0,7009	0,098956	0,46968	0,017725	-0,6769	8,3048	0,5168
Suelo inicio	Gallinaza	0,7009	0,098956	1,59510	0,012201	-2,6820	7,5395	0,02936
Suelo inicio	Abono 1	0,7009	0,098956	1,75230	0,042146	-2,7989	11,6240	0,01651
Suelo inicio	Abono 2	0,7009	0,098956	1,60310	0,031788	-2,4952	10,346	0,03098
Suelo inicio	Abono 3	0,7009	0,098956	1,61620	0,051078	-2,3631	12,379	0,03526
Químico	Gallinaza	0,46968	0,017725	1,59510	0,012201	-6,5055	63,638	0,00000
Químico	Abono 1	0,46968	0,017725	1,75230	0,042146	-5,2417	40,712	0,00000
Químico	Abono 2	0,46968	0,017725	1,60310	0,031788	-5,0937	89,095	0,00000
Químico	Abono 3	0,46968	0,017725	1,61620	0,051078	-4,3710	24,444	0,00019
Gallinaza	Abono 1	1,59510	0,012201	1,75230	0,042146	-0,67425	33,753	0,50474
Gallinaza	Abono 2	1,59510	0,012201	1,60310	0,031788	-0,03834	71,731	0,96952
Gallinaza	Abono 3	1,59510	0,012201	1,61620	0,051078	-0,084054	20,734	0,93382
Abono 1	Abono 2	1,75230	0,042146	1,60310	0,031788	0,5485	54,148	0,58560
Abono 1	Abono 3	1,75230	0,042146	1,61620	0,051078	0,44556	32,538	0,65887
Abono 2	Abono 3	1,60310	0,031788	1,61620	0,051078	-0,04551	33,243	0,96397

\*df=grados de libertad. \*\*Valores menores a 0,05 indican diferencias significativas estadísticamente.

Hay diferencias significativas con p valor en las muestras en el suelo de inicio contra los abonos de origen orgánico (A1, A2, A3 y G) y podría deberse a los aportes de material orgánico que pueden generar una mayor diversidad y como se ha establecido anteriormente por los diferentes componentes orgánicos de cada abono a diferencia del componente químico del fertilizante sintético y por esta razón es muy baja su diversidad. También hay diferencias significativas en el A2 y la gallinaza, también como se ha hecho referencia antes posiblemente sea porque el abono orgánico comercial tiene un tipo de residuo agropecuario y las mezclas de abonos son más ricos en dichos componentes y consecuencia tienen mayores valores de diversidad. Los estudios de Hattenschwiler *et*

*al.* (2005), indican que una de las principales consecuencias de la diversidad decreciente, se asocia con cambios en el funcionamiento del ecosistema por la presencia de un número determinado de grupos especies funcionales. En valores generales H' valor tuvo unos valores de poca diversidad ya que el mayor valor lo obtuvo el A1. No hubo diferencias significativas entre los A1, A2 y A3.

En las trampas, no hay diferencias significativas entre el suelo inicial y los demás tratamientos con respecto a la biodiversidad sin embargo, hay diferencias significativas entre el tratamiento químico, la gallinaza contra las mezclas de los abonos y esto como se ha mencionado por los posibles componentes de cada tratamiento.

Tabla 7. Índice de Shannon en trampas, con los diferentes tratamientos. (Fuente: Autores, 2015)

Combinación		Índice de Shannon H (A)	Varianza (A)	Índice de Shannon H (B)	Varianza (B)	t	df*	p-value**
A	B							
Suelo inicio	Químico	1,3669	0,055391	0,46985	0,091145	2,3434	7,0448	0,051361
Suelo inicio	Gallinaza	1,3669	0,055391	0,75027	0,097934	1,5748	10,700	0,144390
Suelo inicio	Abono 1	1,3669	0,055391	1,6320	0,021729	-0,9548	19,659	0,351270
Suelo inicio	Abono 2	1,3669	0,055391	1,5603	0,038777	-0,6302	25,755	0,53412
Suelo inicio	Abono 3	1,3669	0,055391	1,4026	0,011363	-0,13826	15,806	0,89178
Químico	Gallinaza	0,46985	0,091145	0,75027	0,097934	-0,6449	7,6271	0,53790
Químico	Abono 1	0,46985	0,091145	1,6320	0,021729	-3,4593	4,5620	0,02092
Químico	Abono 2	0,46985	0,091145	1,5603	0,038777	-3,0252	5,9551	0,023458
Químico	Abono 3	0,46985	0,091145	1,4026	0,011363	-2,9134	3,7905	0,046477
Gallinaza	Abono 1	0,75027	0,097934	1,6320	0,021729	-2,5491	7,3741	0,036548
Gallinaza	Abono 2	0,75027	0,097934	1,5603	0,038777	-2,1907	9,4223	0,054875
Gallinaza	Abono 3	0,75027	0,097934	1,4026	0,011363	-1,9732	6,2178	0,094242
Abono 1	Abono 2	1,6320	0,021729	1,5603	0,038777	0,29176	41,142	0,77194
Abono 1	Abono 3	1,6320	0,021729	1,4026	0,011363	1,2612	41,152	0,21433
Abono 2	Abono 3	1,5603	0,038777	1,4026	0,011363	0,70412	36,766	0,48580

\*df=grados de libertad. \*\*Valores menores a 0,05 indican diferencias significativas estadísticamente.

Se tienen valores de 0 en H por la reducida presencia de especies por tratamiento, En general los valores de H' indican poca diversidad de especies. Las condiciones medioambientales, calidad de los abonos y la composición de la comunidad de la entomofauna son tres factores de vital relevancia que controlan la descomposición de la materia orgánica y están directamente relacionados con la diversidad biológica Darrigran *et al.* (2007) & Sanabria *et al.* (2014).

### 3.3. Plantas forrajeras

A continuación se muestran los resultados de efecto de los tratamientos en la producción de las plantas forrajeras.

#### Peso seco

Tabla 2. Valores P del análisis de varianza para el peso seco de las plantas de frijol, en la evaluación de tratamientos. (Fuente: Autores, 2015)

Fuente variación	de	DDS							
		G	15		33		51		67
Tratamiento	4	0,03 40	*	0,22 69		0,28 40		0,14 56	
Químico   resto	1	0,00 39	*	0,29 23		0,68 47		0,21 38	
Gallinaza   A1-A2-A3	1	0,80 58		0,93 87		0,42 22		0,72 11	
Error muestreo	2								
Error experimental	8								

\*\*, \* Diferencia significativa, según la prueba de Tukey  $P < 0,01$  y  $P < 0,05$  respectivamente

Gl: Grados de libertad

En la tabla 8, se observan los resultados del análisis de varianza para el peso seco en el cultivo de frijol, en los días 15, 33, 51 y 67 DDS (Días después de la siembra). Se realizaron contrastes ortogonales entre el

tratamiento Q y el resto de tratamientos, y para G versus A1, A2, y A3, para el contraste Q versus los demás tratamientos se presentaron diferencias (0,0039) a los 15 DDS, y para el contraste G versus A1, A2 Y A3 no se presentaron en ningún momento del muestreo, al finalizar no se presentaron diferencias entre los tratamientos, pero los 15 DDS hubo diferencias entre los tratamientos.

Tabla 3. Valores P del análisis de varianza para el peso seco de las plantas de maíz, en la evaluación de tratamientos.

Fuente de variación	DDS									
	G	15	33	51	67	90				
Tratamiento	4	0,0 046	* *	0,1 533	0,0 386	* *	0,0 075	* *	<0, 000 1	* *
Químico   resto	1	0,0 050	* *	0,8 231	0,0 148	* *	0,1 008		0,0 001	* *
Gallinaza A1-A2-A3	1	0,1 295		0,2 078	0,1 254		0,0 165	*	0,0 038	* *
Error muestreo	2									
Error experimental	8									

\*\* , \* Diferencia significativa, según la prueba de Tukey  $P < 0,01$  y  $P < 0,05$  respectivamente

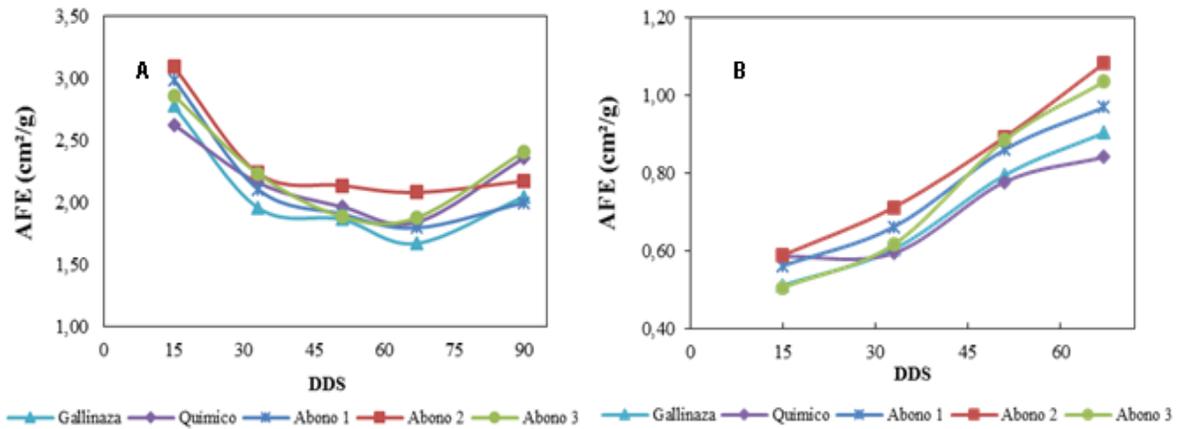
Gl: Grados de libertad

En la tabla 9, se observan los resultados del análisis de varianza para el peso seco en el cultivo de maíz, en los días 15, 33, 51 y 67 y 90 DDS. Se realizaron contrastes ortogonales entre el tratamiento Q y el resto de tratamientos, y el tratamiento G con A1, A2, y A3. Hubo diferencias significativas entre tratamientos a los 15, 51 y 90 DDS. Para el contraste entre el Q versus resto de tratamientos se presentaron diferencias a los 15 y 90 con ( $P < 0,01$ ) y a los 67 con ( $P < 0,05$ ), para el contraste de G versus A1, A2 Y A3 se presentaron diferencias en los días 67 y 90 con un  $P < 0,05$  y  $P < 0,01$  respectivamente.

### Área Foliar Específica (AFE)

El progreso en el crecimiento del área de la hoja es determinada por el balance de formación y expansión de hojas individuales, por su longevidad y muerte y, por el efecto de las condiciones ambientales (Soplin *et al.* 1993). El área foliar específica (AFE) explica en mayor parte la variación de crecimiento entre las especies. Las especies con crecimiento más rápido, bajo óptimas condiciones, son aquellas que tienen la mayor área foliar específica. El AFE es la razón entre el área de la hoja y su peso seco:  $AFE = \text{área foliar (cm}^2\text{) / peso seco (g)}$ .

Los resultados de AFE se observan en la gráfica 11, para el maíz tuvo un comportamiento peculiar, desde los 15 DDS hasta los 67 el comportamiento para los tratamientos fue de tendencia en decremento, desde este punto hasta la finalización incremento 90 DDS, el tratamiento que obtuvo los mayor valor a los 15 DDS fue A2 con ( $3,10 \text{ cm}^2/\text{g}$ ) este se mantuvo como el mejor hasta los 67 DDS ( $2,08 \text{ cm}^2/\text{g}$ ), siendo superado por el A3 a los 90 DDS ( $2,41 \text{ cm}^2/\text{g}$ ). En el caso del frijol el comportamiento del AFE fue en aumento a medida que el cultivo avanzaba, el tratamiento que obtuvo el mayor valor de AFE durante todo el periodo fue A2 con ( $0,59 \text{ cm}^2/\text{g}$ ) a los 15 DDS y ( $1,04 \text{ cm}^2/\text{g}$ ) 67 DDS. El AFE para el estudio de Cepeda & Pardo, (2011), reportan que las mezclas con gallinaza, bovinaza y cacota obtuvieron el mayor área foliar en la fase vegetativa para el maíz y para el frijol mezclas con bovinaza y cacota, afirman que la nutrición nitrogenada afecta el desarrollo de la estructura foliar como consecuencia de su efecto sobre la variables de crecimiento pero no modifica el área foliar por unidad de masa, es decir, el área foliar específica.



Gráfica 1. Tendencia del Área Foliar Específica (AFE) para plantas de A. maíz B. Frijol, en la evaluación de los distintos tratamientos. (Fuente: Autores, 2015)

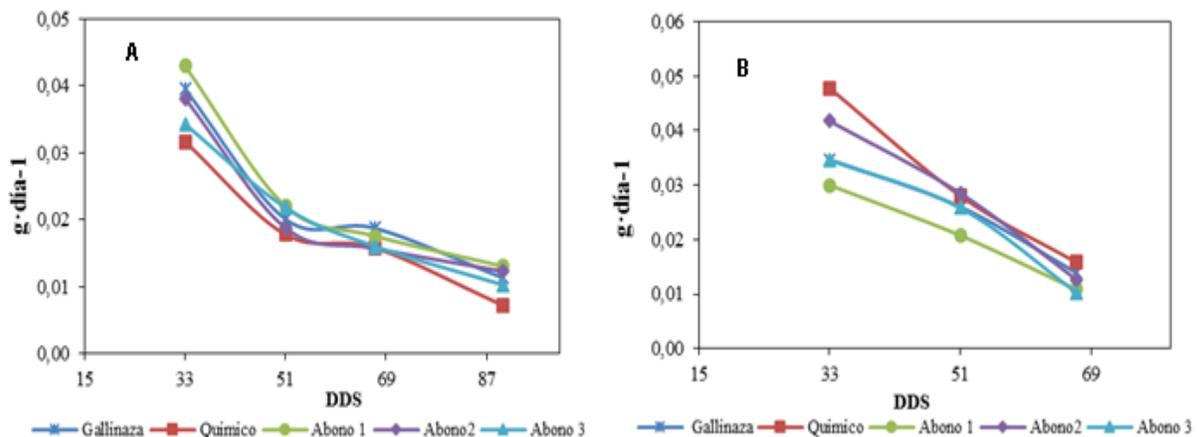
El trabajo realizado por Doan *et al.* (2013) reporta que el suelo tratado con vermicompost tuvo mejor mineralización del N y por lo tanto se aprovechó mejor por la planta, la biomasa área fue similar para todos los tratamientos, lo que sugiere que el fertilizante orgánico muestra potencial para ser utilizado como sustituto del fertilizante mineral.

Las condiciones del suelo dificultan la penetración de las raíces y reducen la tasa de elongación de las mismas, lo que dificulta la toma de agua y de nutrientes, lo que puede reducir el desarrollo y el rendimiento de la planta (Gil & Miranda, 2007).

#### Tasa de crecimiento Relativo (TCR)

Al incrementarse el área foliar, la respiración de mantenimiento se incrementa, de esta manera se necesita más eficiencia de los sistemas fotosintético y radical para enviar los nutrientes y para el metabolismo de la planta. Cuando las condiciones del suelo

La tasa de crecimiento relativo expresa el crecimiento en términos de incremento de materia seca de la planta sobre peso seco existente por unidad de tiempo, la tendencia de la TCR para Maíz y Frijol fue decreciente como se observa en la gráfica 2.



Gráfica 2. Tendencia de la Tasa de Crecimiento Relativo para plantas de A. Maíz y B. Frijol, en la evaluación de cinco clases de abono

La TCR tuvo una caída abrupta hasta los 51 DDS para todos los tratamientos en el cultivo

de maíz, para el cultivo de frijol el descenso en la TCR fue constante desde el día 33 hasta

el 67 como se observa en la figura. Para el maíz el tratamiento A1 fue el de mayor TCR a los 33 DDS ( $0,042 \text{ g.día}^{-1}$ ) y al finalizar el periodo de evaluación 90 DDS ( $0,012 \text{ g.día}^{-1}$ ).

El frijol por su parte mostro mejores en TCR resultados con el tratamiento Q, ( $0,047 \text{ g.día}^{-1}$ ) a los 33 DDS, ( $0,015 \text{ g.día}^{-1}$ ) a los 67 DDS, Cepeda & Pardo, (2011) reportan que el tratamiento que mayor TCR para los cultivos de maíz y frijol las obtuvo la mezcla en la cual había gallinaza, los atribuyen a que este material mejora el entorno edáfico influyendo en el desarrollo de las raíces, mejorando la aireación y la disponibilidad de agua y sales, Gil & Miranda, (2007) reportaron en su estudio de crecimiento de plantas de papaya que las turbas presentan un efecto estimulador sobre el crecimiento y desarrollo vegetal, lo que se le atribuyo a la presencia de activadores del crecimiento, la planta en sus primeros días gasta sus reservas endospermicas principalmente, y empieza a extraer nutrientes del suelo, más adelante la

planta acelera su metabolismo para producir esqueletos carbonados para su crecimiento, a medida que esta crece la TRC disminuye. Barrios *et al.* (2011) respalda los resultados obtenidos, ya que en su estudio de crecimiento y rendimiento de frijol chino tuvo una TCR decreciente a medida que la planta aumentaba su madurez fisiológica con valores de ( $0,068 \text{ g.día}^{-1}$ ) a los 29 DDS.

### Relación costo-beneficio

Para la fabricación de las diferentes mezclas en los tratamientos de los abonos, se recogieron los residuos agropecuarios de la propia finca, los cuales no generan ningún costo. Sin embargo, se necesita de otros factores como la mano de obra, materiales y herramientas para su correcta dinámica en el proceso de maduración. La suma total de los costos en el tratamiento 1 tuvo un valor de \$85.000; costo similar para los tratamientos 2 y 3.

Tabla 10. Comparación de los costos por tratamiento. (Fuente: Autores, 2015)

	Productos	Residuos agropecuarios	Materiales	Mano de obra	Transportes	Bultos	TOTAL
<b>Factores</b>	T15, I.S.	Bo, C.H, To, Pl, Ho, Ga.	LyP, T.A.	R.R, Vo, Ap.	T.P, T.C.	40 kg	
<b>Químico</b>	\$109.400	-----	-----	\$20.000	\$16.400	1	\$145.800
<b>Abono 1</b>	-----	\$0	\$5.000	\$80.000	-----	6	\$85.000
<b>Gallinaza</b>	-----	\$80.000	-----	\$20.000	-----	4	\$100.000

**Productos:** T15= Triple 15, I.S.= Indumentaria de seguridad.

**Residuos agropecuarios:** Bo= Bovinaza, C.H= Cascara de huevo, To= Tomate, Pl= Plátano, Ho= Hortalizas, Ga= Gallinaza.

**Materiales:** LyP= Lonas y Plásticos, T.A= Tubos de aireación.

**Mano de obra:** R.R= Recolección de residuos, Vo= Volteo, Ap= Aplicación.

**Transportes:** T.P= Transporte de personal, T.C= Transporte de carga.

El abono comercial se compró en un galpón y después se utilizó directamente en los cultivos, sus costos fueron de \$100.000. En la compra y utilización del fertilizante químico se necesitó de \$145.800 a diferencia de la elaboración y aplicación de los abonos orgánicos los cuales fueron de \$85.000. En este estudio la producción de abonos

orgánicos represento un menor valor que la compra de insumos químicos porque la mayoría de factores que se necesitan para su fabricación son más económicos, resultados similares a los de Sbaffoni *et al.* (2015). Tales investigaciones encontraron que el margen de ganancia es mucho más alto con los abonos orgánicos que con los fertilizantes químicos,

ya que las mezclas de enmiendas orgánicas y materiales inertes que se producen en las fincas como residuos agropecuarios, con un respectivo tratamiento se convierten en materia prima con valor agregado (abono orgánico), y al aplicarlo al suelo evita un impacto contaminante en los recursos naturales y la producción de alimentos, que favorecen

la salud y calidad de vida de los animales y el hombre, la adición de elementos nutritivos en el cultivo a largo plazo, evitan también la constante aplicación y dependencia de agroquímicos; sin embargo, Das & Adhia, (2014), demostraron que puede haber un alto margen de ganancia con la fertilización conjunta entre el fertilizante químico y el abono orgánico.

#### 4. Conclusiones

El abono 3 fue el tratamiento con los mejores resultados en la mayoría de variables químicas (Materia Orgánica, Fosforo, Potasio, Hierro y Zinc) obteniendo diferencias significativas antes y después de la fertilización, diferenciándolo del abono químico y la gallinaza con menores valores; este resultado posiblemente está relacionado en la composición del tratamiento.

Los géneros de bacterias más representativas en los abonos orgánicos fueron *Arthrobacter*, *Staphylococcus* y *Streptomyces* (Gram positivas) *Nitrobacter* y *Nitrosomonas*. En los hongos *Aspergillus*, *Penicillium*, *Thysanophora*, *Zygorhynchus*, el tratamiento químico presentó baja presencia en la mayoría de los géneros.

El tratamiento químico obtuvo los mayores valores de abundancia entomológica en muestras de suelo con 74 individuos de la familia *formicidae*, equivalentes al 20,9 % y en las trampas el suelo inicial con 38 hormigas que representan el 13,7 %, en ambos casos seguidos de los abonos orgánicos.

El Abono 2 fue el mejor tratamiento en riqueza de especies, en las trampas con 8 géneros (*Collembola*, *Gryllidae*, *Opisthophora*, *Staphylinidae*, *Copsinellide*,

*Hemiptera*, *Lumbricidae*, *Nabidae*), y en las muestras de suelo con 12 (*Formicidae*, *Lumbricidae*, *Opisthophora*, *Blattodea*, *Hemiptera*, *Staphylinidae*, *Araneae*, *Dermaptera*, *Lepidoptera*, *Chilopoda*, *Oniscidea*, *Reduviidae*) demostrando mayor diversidad de especies, a diferencia de la gallinaza y el tratamiento químico con menores valores.

Para las variables fisiológicas en el cultivo de frijol, el tratamiento que obtuvo el mayor valor de AFE durante todo el periodo fue A2 con (0,59 cm<sup>2</sup>/g) a los 15 DDS y (1,04 cm<sup>2</sup>/g) 67 DDS, la TCR mostro mejores resultados con el tratamiento Q, (0,047 g.dia<sup>-1</sup>) a los 33 DDS, (0,015 g.dia<sup>-1</sup>) a los 67 DDS seguido del tratamiento A2. En cuanto a el maíz, el tratamiento que obtuvo los mayor valor a los 15 DDS fue A2 con (3,10 cm<sup>2</sup>/g) este se mantuvo como el mejor hasta los 67 DDS (2,08 cm<sup>2</sup>/g), siendo superado por el A3 a los 90 DDS (2,41 cm<sup>2</sup>/g), el Abono 1 fue el de mayor TCR a los 33 DDS (0,042 g.dia<sup>-1</sup>) y al finalizar el periodo de evaluación 90 DDS (0,012 g.dia<sup>-1</sup>).

#### Referencias

- Acevedo-Sandoval, O, Valera-Pérez, MA, & Prieto-García, F. (2010). Propiedades físicas, químicas y mineralógicas de suelos forestales en Acaxochitlan, Hidalgo, México. *Universidad y ciencia*, 26(2), 137-150.
- Acosta, C., Solis, O., Villegas, O., Cardoso, L.(2013). Precomposteo de residuos orgánicos y su efecto en la dinámica poblacional de *Eisenia foetida*. *Agronomía Costarricense*, 127-139.
- Acosta, R. (2009). El cultivo del maíz, su origen y clasificación. *Cultivos tropicales*, 113-120.
- Arias, E., & Piñeros, P. (2008). Aislamiento e identificación de hongos filamentosos de muestras de suelo de los páramos de Guasca y Cruz Verde. Pontificia Universidad Javeriana, Trabajo de grado, 66-69.

- Barrios, P., Escalante, J., & Rodriguez, M. (2011). Crecimiento y rendimiento del frijol chino en función del tipo de espaldera y clima. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 307-315.
- Castro, H., & Munevar, O. (2011). Mejoramiento químico integral de suelos ácidos mediante el uso combinado de materiales enclantes. In *Sociedad venezolana de la Ciencia del Suelo. XIX Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo*, Calabozo, Venezuela.
- Cepeda, A., & Pardo, A. (2011). Evaluación del efecto de abonos obtenidos de residuos orgánicos de fincas cafeteras, sobre el crecimiento y producción de maíz (*Zea mays*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*) en la región del Sumapáz. Cundinamarca. Trabajo de grado universidad de Cundinamarca., 84-94.
- Darrigran G, A Vilches, T Legarralde & C Damborenea (2007). Guía para el estudio de macro invertebrados. I Métodos de colecta y técnicas de fijación. ProBiota, FCN y M, UNLP, 1-86. DDR-Toluca. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(3), 435-446.
- Escobar, N., Mora, J., & Romero, N. (2012). Identificación de poblaciones microbianas en compost de residuos orgánicos de fincas cafeteras de Cundinamarca. *Boletín científico centro de museos*, 16 (1): 75 - 88.
- Estrada Pareja, M. M. (2012). Manejo y procesamiento de la gallinaza.
- Felix, J. (2008). Importancia de los abonos orgánicos. *Ra Ximhai*, 57-67.
- Funes, F. (2009). Eficiencia energética en sistemas agropecuarios. Elementos teóricos y prácticos para el cálculo y análisis integrado Estación Experimental. "Indio Hatuey", Universidad de Matanzas., 1-36.
- Gil, A., & Miranda, D. (2007). Efecto de cinco sustratos sobre índices de crecimiento de plantas de papaya (*Carica papaya* L.) bajo invernadero. *Revista colombiana de ciencias hortícola*, Vol 1 142-153.
- Hartmann, M., Frey, B., Mayer, J., Mäder, P., & Widmer, F. (2014). Distinct soil microbial diversity under long-term organic and conventional farming. *Microbial Ecology*, 1977-1194.
- Hättenschwiler, S., Tiunov, A. V., & Scheu, S. (2005). Biodiversity and litter decomposition in terrestrial ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 191-218.
- Mike, J. (2000). Inventario de la biodiversidad biológica del suelo. Manual de biología de los suelos tropicales.
- Noda, Y. (2013). Efecto de la fertilización química y biológica en el rendimiento morfoagronómico de *Morus alba*. *Pastos y Forrajes*, 190-196.
- Pla, L. (2006). Biodiversidad: inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. *Interciencia*, 583-590.
- Rosset, P. (2001). La crisis de la agricultura comercial, la sustitución de insumos y el enfoque agroecológico. *Institute for Food and Development Policy*, 3-6.
- Rubio J D, J Francisco, F Posada, Osorio O I, Vallejo L F & López J C (2009). Primer registro de *Heilipus elegans* Guérin-Méneville (*Coleoptera: Curculionidae*) atacando el tallo de árboles De aguacate en Colombia. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, vol.12 no.1, 59-68.
- Rubio, B. (2011). Crisis mundial y soberanía alimentaria en América Latina. *Revista de Economía Mundial*, 61-87.
- Salazar, A., García, J., & Orozco, J. (2009). Aplicación de abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero con riego por goteo. *Terra Latinoamericana*, 329-336.
- Soplin, J., Rengifo, A., & Chumbe, J. (1993). Analisis de crecimiento en *Zea mays* L. y *Arachis hypogaea* L. . *Folia Amazonica*, Vol 5171-18.