

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

BRAYAN STEVEN CUBILLOS LOZANO
150211149

MIGUEL ALFONSO VERGARA TAMAYO
150211146

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE ZOOTECNIA
FUSAGASUGÁ
2015**

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

Trabajo de Grado presentado como
requisito parcial para la obtención del título
de Zootecnista.

BRAYAN STEVEN CUBILLOS LOZANO
150211149

MIGUEL ALFONSO VERGARA TAMAYO
150211146

DIRECTOR
NATALIA ESCOBAR ESCOBAR
B. Sc., PhD(c), MSc, Esp.

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE ZOOTECNIA
FUSAGASUGÁ
2015

NOTA DE ACEPTACIÓN

Jurado
Víctor Solarte Cabrera
Biólogo, MSc Ciencias Biológicas

Jurado
Néstor Jaime Romero
J. M.V.Z. M.Sc en Desarrollo Rural, Esp. Ph.D(e) Ciencias Agrarias.

DEDICATORIA

A Dios por darnos cada día las fuerzas para seguir adelante. A nuestros padres quienes han sido un apoyo incondicional en nuestras vidas, ya que sin ellos no habiéramos podido llegar a donde estamos hoy. A nuestros hermanos, a ellos por estar siempre a nuestro lado, apoyándonos en las buenas y en las malas, sin importar lo difícil que fuera el camino. Y finalmente a todas esas personas que estuvieron involucradas de una forma u otra en este proyecto, ya que sin ellas no se hubiera podido culminar.

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia a Dios por brindarnos su guía en la ejecución del proyecto, a los docentes, compañeros, amigos y familiares a los cuales pedimos consejos, opiniones y guía en todo este proceso.

A la Universidad de Cundinamarca y a la Universidad del Tolima por prestarnos sus instalaciones, al personal de la granja la esperanza donde desarrollamos la fase de campo ya que nos brindaron sus conocimientos y apoyo logístico.

A nuestra directora Natalia Escobar por permitirnos desarrollar este proyecto y confiar plenamente en nosotros para la ejecución del mismo.

TABLA DE CONTENIDO

1. RESUMEN EJECUTIVO.....	1
2. INTRODUCCIÓN.....	2
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
4. JUSTIFICACIÓN.....	4
5.1. OBJETIVO GENERAL	6
5.1.1. Objetivos Específicos	6
6. MARCO TEÓRICO	7
6.1. RECURSO SUELO	7
6.1.1 Diagnóstico del suelo en Colombia.....	7
6.1.2 Servicios Ambientales.....	7
6.1.3 Estructura del suelo	8
6.1.4 Microbiología del suelo.....	8
6.1.5 Importancia de la meso y macrofauna en el suelo.....	9
6.2 FERTILIZANTES.....	17
6.2.1 Abonos Orgánicos	17
6.2.3 Compostaje como acondicionador del suelo	18
6.2.4 Calidad del compost.....	18
6.2.5 Legislación sobre residuos sólidos orgánicos	19
6.3 FORRAJES.....	19
6.3.1 Importancia de producción de forrajes.....	19
6.3.2 Maíz (<i>Zea mays</i>).....	19
6.3.2.1 Descripción taxonómica.....	19
6.3.2.2 Características generales	20
6.3.2.3 Origen.....	20
6.3.2.4 Producción en Colombia	20
6.3.2.5 Descripción de las etapas de desarrollo.....	21
6.3.2.6 Establecimiento del cultivo	21
6.3.2.7 Factores climáticos en la producción del cultivo	21
6.3.2.8 Importancia del maíz en la nutrición animal	22
6.3.3 Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	22
6.3.3.1 Descripción taxonómica.....	22
6.3.3.2 Origen.....	23
6.3.3.3 Características Generales	23
6.3.3.4 Producción en Colombia	23
6.3.3.6 Importancia del frijol en la nutrición animal.....	24
6.3.3.7 Establecimiento del cultivo	24
6.3.3.8 Descripción de las etapas de desarrollo.....	24
6.4. MARCO LEGAL.....	25
7. METODOLOGÍA	26
7.1 ÁREA DE ESTUDIO.....	26
7.2 RECOLECCIÓN DE RESIDUOS AGROPECUARIOS PARA ELABORACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS.....	26
7.2.1 TRATAMIENTOS	26
7.3 FASE DE LABORATORIO	27
7.3.1 Evaluación de las variables físico-químicas.....	27
7.3.2 Evaluación de las variables biológicas.....	28
7.3.2.1 Caracterización microbiológica.....	28
7.3.2.2. Caracterización Entomológica	29
7.4. ANÁLISIS EL EFECTO DE LOS ABONOS EN PLANTAS FORRAJERAS	30

7.4.1. Preparación de suelo.....	30
7.4.2 Arreglo de Campo	30
7.4.3. Fertilización.....	30
7.4.5. Labores de mantenimiento del cultivo.	30
7.4.6 Muestreo.....	31
7.5 DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN COSTO-BENEFICIO	32
8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
8.1. EVALUACIÓN DE VARIABLES FÍSICO-QUÍMICAS.....	33
8.1.1. PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO	33
8.1.2. Propiedades físicas	34
8.2. CARACTERIZACIÓN DE POBLACIONES BIOLÓGICAS	35
8.2.1. Caracterización Microbiológica	35
8.2.1.1. Identificación de Bacterias	35
8.2.1.2. Identificación de Hongos	36
8.2.1.3. Índice de Shannon.	37
8.2.1.4. ANOSIM entre tratamientos	39
8.2.1.5. Dendograma para las comunidades microbianas en los diferentes tratamientos.	39
8.2.1.6. Análisis de correspondencia para comunidades microbianas.	40
8.2.2. Entomología	41
8.2.2.1. Abundancia y diversidad de la meso y macrofauna edáfica.....	41
8.2.2.2. Riqueza de la meso y macrofauna edáfica	44
8.2.2.4. Índice de Shannon en trampas.....	46
8.3. RESULTADOS PLANTAS FORRAJERAS.	47
8.3.1. PORCENTAJE DE GERMINACIÓN.	47
8.3.2. Peso seco	48
8.3.3. Tasa de crecimiento Relativo (TCR).....	50
8.3.4. Área Foliar Específica (AFE).....	51
8.3.5. Rendimiento de las plantas.....	53
8.4. RELACIÓN COSTO-BENEFICIO	54
CONCLUSIONES.....	56
RECOMENDACIONES.....	57
BIBLIOGRAFIA.....	58
ANEXOS	67

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. RESIDUOS DE HECES EN MATERIA SECA PRODUCIDAS EN FINCAS GANADERAS DEL PISO TÉRMICO MEDIO (1000-2000 MSNM) DE CUNDINAMARCA.....	4
TABLA 2. MAPA NORMATIVO PARA EL APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN COLOMBIA.	19
TABLA 3. TAXONOMÍA DEL MAÍZ (<i>ZEA MAYS L</i>)	20
TABLA 4 . TAXONOMIA DEL FRIJOL (<i>PHASEOLUS VULGARIS</i>)	23
TABLA 5. COMPONENTES UTILIZADOS PARA LA FABRICACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS.	27
TABLA 6. VARIABLES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO.....	28
TABLA 7. ETAPAS FENOLÓGICAS PARA CADA CULTIVO Y LA RESPECTIVA VARIABLE A EVALUAR.	31
TABLA 8. VARIABLES QUÍMICAS ANTES Y DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS.	33
TABLA 9. VARIABLES FÍSICAS ASOCIADAS A LA TEXTURA DEL SUELO, ANTES Y DESPUÉS DE LA FERTILIZACIÓN.....	35
TABLA 10. BACTERIAS IDENTIFICADAS EN LAS DISTINTAS MUESTRAS DE SUELO CON LOS RESPECTIVOS TRATAMIENTOS.	36
TABLA 11. HONGOS IDENTIFICADOS EN LAS DISTINTAS MUESTRAS DE SUELO CON LOS RESPECTIVOS TRATAMIENTOS.	37
TABLA 12. ÍNDICE DE SHANNON H PARA CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS, INCLUYENDO EL SUELO ANTES DE FERTILIZAR.....	38
TABLA 13. ANÁLISIS DE SIMILARIDAD (ANOSIM) ENTRE TRATAMIENTOS.	39
TABLA 14. RIQUEZA DE ORGANISMOS EN MUESTRAS DE TIERRA ANTES Y DESPUÉS DE LA FERTILIZACIÓN CON ABONOS ORGÁNICOS (ABONOS 1, 2,3), GALLINAZA Y QUÍMICO.....	44
TABLA 15. RIQUEZA DE ORGANISMOS EN TRAMPAS ANTES Y DESPUÉS DE LA FERTILIZACIÓN CON ABONOS ORGÁNICOS (ABONOS 1, 2,3), GALLINAZA Y QUÍMICO.	45
TABLA 16 . ÍNDICE DE SHANNON EN MUESTRAS DE TIERRA, CON LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS.	46
TABLA 17. ÍNDICE DE SHANNON EN TRAMPAS, CON LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS. .	47
TABLA 18. VALORES P DEL ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL PESO SECO DE LAS PLANTAS DE FRÍJOL, EN LA EVALUACIÓN DE TRATAMIENTOS.	48
TABLA 19. VALORES P DEL ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL PESO SECO DE LAS PLANTAS DE MAÍZ, EN LA EVALUACIÓN DE TRATAMIENTOS.	49
TABLA 20. ECUACIONES DE AJUSTE PARA LAS LÍNEAS DE TENDENCIA DE PESO SECO EN EL TIEMPO, EN LA EVALUACIÓN DE LOS DISTINTOS TRATAMIENTOS, TANTO PARA MAÍZ COMO PARA FRIJOL.	50
TABLA 21. ECUACIONES DE AJUSTE PARA LAS LÍNEAS DE TENDENCIA DE TASA DE CRECIMIENTO RELATIVO EN EL TIEMPO, EN LA EVALUACIÓN DE LOS DISTINTOS TRATAMIENTOS, TANTO PARA MAÍZ COMO PARA FRIJOL.....	51
TABLA 22. ECUACIONES DE AJUSTE PARA LAS LÍNEAS DE TENDENCIA ÁREA FOLIAR ESPECÍFICA EN EL TIEMPO, EN LA EVALUACIÓN DE LOS DISTINTOS TRATAMIENTOS, TANTO PARA MAÍZ COMO PARA FRIJOL.	52
TABLA 23. ANÁLISIS MULTIVARIADO DE VARIANZA DE LOS TRATAMIENTOS PARA EL CULTIVO DE FRIJOL.	53
TABLA 24. ANÁLISIS MULTIVARIADO DE VARIANZA DE LOS TRATAMIENTOS PARA EL CULTIVO DE MAÍZ.	53
TABLA 25. COMPARACIÓN DE LOS COSTOS POR TRATAMIENTO.....	54
TABLA 26. COSTOS DE RECUPERACIÓN DE UNA HECTÁREA DE TERRENO, ALTAMENTE CONTAMINADO CON FERTILIZANTES QUÍMICOS.	55

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. CLASIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS, < Ó = ORDEN. FUENTE: AUTORES.....	17
FIGURA 2. PLANTA DE MAÍZ (<i>ZEA MAYS</i> L.). FUENTE: AUTORES	22
FIGURA 3. PLANTA DE FRIJOL FORRAJERO (<i>PHASEOLUS VULGARIS</i>). FUENTE: AUTORES. 25	
FIGURA 4. UBICACIÓN DEL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ DENTRO DEL CUADRO AZUL Y EN EL PUNTO NARANJA GRANJA LA ESPERANZA. FUENTE: WWW.GOOGLE.COM/MAPS.....	26
FIGURA 5. RECOLECCIÓN DE MATERIAL ORGÁNICO Y FABRICACIÓN DE MICROCOMPOSTERAS. FUENTE: AUTORES.....	27
FIGURA 6. UNIDAD EXPERIMENTAL, DISTANCIA ENTRE PLANTA Y PLANTA Y SEPARACIÓN ENTRE SURCOS. FUENTE: AUTORES.	31
FIGURA 7. DIAGRAMA DE FLUJO DE LOS FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA ELABORACIÓN DE LOS ABONOS ORGÁNICOS. FUENTE: AUTORES.....	32

LISTA DE GRAFICAS

GRÁFICA 1. DENDOGRAMA (CLÚSTER) DE SIMILITUD DE BRAY-CURTIS DEL 0.5 PARA LAS COMUNIDADES MICROBIANAS EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS.....	39
GRÁFICA 2. ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIA SIMPLE ENTRE TRATAMIENTOS Y GÉNEROS DE BACTERIAS.	40
GRÁFICA 3. ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIA SIMPLE ENTRE TRATAMIENTOS Y GÉNEROS DE HONGOS.	41
GRÁFICA 4. ABUNDANCIA ABSOLUTA DE ORGANISMOS EN MUESTRAS DE SUELO ANTES Y DESPUÉS DE LA FERTILIZACIÓN.....	42
GRÁFICA 5. ABUNDANCIA RELATIVA DE ORGANISMOS EN MUESTRAS DE TIERRA ANTES Y DESPUÉS DE LA FERTILIZACIÓN.....	42
GRAFICA 6. ABUNDANCIA ABSOLUTA DE ORGANISMOS EN TRAMPAS ANTES Y DESPUÉS DE LA FERTILIZACIÓN.....	43
GRAFICA 7. ABUNDANCIA RELATIVA DE ORGANISMOS EN TRAMPAS ANTES Y DESPUÉS DE LA FERTILIZACIÓN.....	43
GRAFICA 8. PORCENTAJE DE GERMINACIÓN PARA LAS DOS ESPECIES DE PLANTAS UTILIZADAS EN EL CULTIVO A. FRÍJOL B. MAÍZ CON CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS.	48
GRÁFICA 9. TENDENCIA DEL PESO SECO PARA PLANTAS DE A. MAÍZ B. FRIJOL, EN LA EVALUACIÓN DE LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS.....	49
GRAFICA 10. TENDENCIA DE LA TASA DE CRECIMIENTO RELATIVO PARA PLANTAS DE A. MAÍZ Y B. FRIJOL, EN LA EVALUACIÓN DE CINCO CLASES DE ABONO	50
GRAFICA 11. TENDENCIA DEL ÁREA FOLIAR ESPECÍFICA (AFE) PARA PLANTAS DE A. MAÍZ B. FRIJOL, EN LA EVALUACIÓN DE LOS DISTINTOS TRATAMIENTOS.....	52

ANEXOS

ANEXO 1. CORRESPONDENCIA ENTRE TRATAMIENTO Y GÉNEROS DE BACTÉRIAS	67
ANEXO 2. CORRESPONDENCIA ENTRE TRATAMIENTO Y GÉNEROS DE HONGOS	67

1. RESUMEN EJECUTIVO

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 presento 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 cm² /g) a los 15 DDS y (1,04 cm² /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 los mayor valor a los 15 DDS fue A2 con (3,10 cm² /g) hasta los 67 DDS (2,08 cm² /g), siendo superado por el A3 a los 90 DDS (2,41 cm² /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.

2. INTRODUCCIÓN

El uso de fertilizantes orgánicos se remonta a las actividades agrícolas del hombre primitivo (Oviasogie, *et al.* 2013). Es difícil atribuir el nacimiento de compostaje a un individuo específico o incluso una sociedad. El antiguo Imperio acadio, en el valle de Mesopotamia se refirió al uso de estiércol en la agricultura en tablillas de arcilla 1.000 años antes del nacimiento de Moisés. El abono orgánico es un recurso que tiene miles de años de ser utilizado en la agricultura hay indicios de que los griegos hacían uso de los estiércoles en la producción agrícola 900 A.C. (Cifuentes *et al.* 2013). La Biblia y el Talmud ambos contienen numerosas referencias al uso de la paja del estiércol descompuesto, y las referencias orgánicas a compostar están contenidas en escritos árabes. En los textos de la Iglesia medieval, y en la literatura renacentista. Escritores notables como William Shakespeare, Sir Francis Bacon, Sir Walter Raleigh todos mencionaron el uso de compost (Smith & Duane, 2015). Los primeros métodos para la fabricación de compostaje se fueron perfeccionando en la India, China, Malasia, y en otros países (Diaz & De Bertoldi, 2007). Hoy en día se conoce los efectos del compost en el suelo y la producción de las plantas forrajeras. Algunos autores indican mayores beneficios con los abonos orgánicos, sin embargo, otros autores evidencian mayores rendimientos con fertilizantes químicos (Afifi, *et al.* 2012 & Chazirakis, *et al.* 2011).

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 induce 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).

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La crisis alimentaria ha traído inconvenientes en las producciones a nivel mundial ya que ha originado incremento de los precios y con ello las ganancias en un selecto sector de empresarios y trasnacionales alimentarias. La crisis alimentaria genera también una situación de incertidumbre en el abasto de los alimentos que provoca un declive en las exportaciones de ámbito mundial y reduce la producción alimenticia (Rubio, 2011).

Los monocultivos agro-industriales siempre causan los siguientes efectos ambientales: deforestación, pérdida de biodiversidad y daños a los ecosistemas, contaminación de tierras y aguas por excesiva e incorrecta fertilización y tratamiento con pesticidas y herbicidas, así como la erosión del suelo. Lo que conlleva sistemas productivos agroganaderos insostenibles, una gestión inadecuada de los recursos naturales, la degradación y pérdida de recursos naturales, así como un bajo porcentaje de renovabilidad, poniendo en riesgo la seguridad y soberanía alimentaria de cualquier población (Pérez, 2011). El uso excesivo de los agroquímicos, trae efectos negativos en las diferentes producciones ya que, estos productos son un componente importante de la agricultura moderna, pero su empleo continuo puede ocasionar numerosos problemas e influir en los numerosos microorganismos beneficios del suelo (Chaves *et al.* 2013).

En Cundinamarca para el establecimiento de cultivos forrajeros, generalmente se realiza una preparación excesiva del suelo, uso indiscriminado de isumos de síntesis química y fertilización sin considerar el balance de nutrientes, causando el deterioro del suelo con dosis de fertilizantes químicos en algunos cultivos que superan los 900kg/ha con crecimiento vegetativo exuberante y reducción de la producción. Lo anterior, evidencia la necesidad de evaluar alternativas de manejo agroecológico de cultivos y sus ventajas frente al manejo convencional (Santamaría *et al.* 2010); para producir alimentos de un proceso limpio, sin agroquímicos y con abonos naturales que preserven el recurso suelo (Vaca, 2013).

Los estudios de Guenon & Gross, (2014) & Hartmann (2014), encontraron que los abonos orgánicos en comparación con los fertilizantes químicos y sistemas de manejo convencional, poseen rendimientos similares o superiores a estos, ya que pueden incorporar niveles adecuados de materia orgánica y a su vez nutrientes para obtener una producción agrícola sostenible.

Con la información anteriormente expuesta, el presente trabajo plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿La aplicación de compost promueve el desarrollo de la biota en el suelo y por tanto se podría asociar a la fertilidad y productividad agrícola?.

4. JUSTIFICACIÓN

La utilización de los fertilizantes químicos traen consecuencias graves al medio ambiente ya que la acumulación de nitratos en el suelo por el uso excesivo de estos, conllevan a la contaminación del agua, y esto genera un gran impacto en el ambiente, en áreas en las que se mantiene una agricultura intensiva; a menudo las altas cantidades de nitrógeno y fósforo que poseen estos insumos químicos, perduran en el suelo, pudiendo afectar la calidad del agua a través de percolación, escorrentía de los nitratos y fosfatos; la calidad del aire también se ve afectada por emisión de óxido nítrico (Noda, 2013).

Una opción que puede hacer sostenible la productividad de los cultivos es el empleo de fertilizantes biológicos, los cuales constituyen una fuente ecológica que permite salvaguardar las características físicas y químicas de los suelos, no degradar el medio ambiente ni afectar la salud humana y animal; la utilización de abonos orgánicos, los cuales además de servir de cubierta para el suelo, protegen al suelo de la erosión y de la compactación por acción de la lluvia y reducen la pérdida de humedad por evapotranspiración (Herrán *et al.* 2008).

La gestión o manejo de los residuos orgánicos lleva asociado un riesgo biológico como consecuencia de la exposición no controlada de diversos tipos de microorganismos, susceptibles de causar algún tipo de infección, problemas de salud o toxicidad; por esto la conservación de los recursos naturales, del medio ambiente y el manejo sostenible de los residuos orgánicos son prioridades para la situación actual del mundo en cuanto a problemáticas ambientales y el cambio climático (Sánchez *et al.* 2006). En las producciones agropecuarias del municipio de Fusagasugá se puede destacar residuos tonelada/año en materia seca como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Residuos de heces en materia seca producidas en fincas ganaderas del piso térmico medio (1000-2000 msnm) de Cundinamarca.

Componente	Tipos de finca			
	C1*	C2*	C3*	
Café				
Agrícola Residuos en MS (ton/ha/año)	Pulpa	0,2	0,7	0,3
	Cascarilla	0,1	0,3	0,1
	Mucílago	0,1	0,2	0,1
Musáceas				
Pecuario Residuos en MS (ton/año)	Vástago	7,7	5,6	86,9
	Hojas	2,5	1,8	28,5
	Porcinos	6,5	25,9	6,3
	Bovinos	53,4	14,6	12,2
	Aves de corral	0,4	2,0	0,3
TOTAL	69,4	76,9	48,2	

*C (conglomerado 1, 2 y 3). Fuente: (UDEC, 2009).

La producción agropecuaria es la actividad económica más importante de la región del Sumapáz. Toda la producción de la región es realizada por campesinos que se dedican principalmente a la producción de papá, a la ganadería orientada a la producción de leche y en

menor escala, a cultivos como el de frijol y maíz; siendo el soporte principal de la mano de obra para la producción, el cultivo de la tierra que es el medio de subsistencia para satisfacer las necesidades de consumo (Bayona, 2013). El compostaje se considera un método económico y eficaz para disminuir la cantidad de residuos orgánicos que se dispongan en la producción. Entre los efectos beneficiosos respecto a la estructura del suelo, es que facilita la formación de conglomerados de suelo, permitiendo mantener condiciones de humedad correctas para el mismo. También interviene en la salud del suelo, actuando como bactericida y fungicida, libres de compuestos químicos y patógenos. La aplicación del compost, aparte de mejorar las condiciones del suelo, tiene sus efectos beneficiosos sobre las plantas, ya que es un producto rico en nutrientes y macronutrientes, siendo usado como fertilizante para las plantas (Velástegui, 2009).

La producción agrícola de la mayoría de las familias campesinas del Sumapaz se realiza más con fines comerciales que de autoconsumo, mediante el uso de insumos de síntesis química y maquinaria como tractores. La producción pecuaria también tiene una orientación principalmente comercial y se caracteriza por ser extensiva, con gran consumo de agroquímicos los cuales podrían ser económicamente viables con la fabricación y uso de abonos orgánicos, convirtiendo los residuos pecuarios que pueden ser muy contaminantes, en enmiendas orgánicas para el suelo (Marmolejo *et al.* 2010).

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo General

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.

5.1.1. Objetivos Específicos

1. Determinar indicadores de fertilidad del suelo a través de variables físico-químicas.
2. Caracterizar poblaciones biológicas (micro, meso y macrofauna), su abundancia y diversidad en el recurso suelo.
3. Analizar el efecto de los abonos en plantas forrajeras (*Zea mays* y *Phaseolus vulgaris*) respecto a indicadores agronómicos determinantes de parámetros de productividad.
4. Realizar una aproximación de costo beneficio en la producción y uso agrícola de abonos orgánicos.

6. MARCO TEÓRICO

6.1. Recurso suelo

El suelo es un componente vital para el ambiente ya que este brinda las condiciones necesarias para que exista vida, es vulnerable, tiene un periodo largo para su recuperación por esto se considera un recurso natural no renovable; en condiciones naturales los suelos alcanzan un equilibrio durante un largo periodo de tiempo de formación conocido como edafogénesis (Gondim, 2013). El suelo provee distintas funciones ambientales tales como ser el sustento para el alimento y nutrición de las plantas, albergar materia orgánica proveniente de restos vegetales y animales que han sufrido una descomposición a través del tiempo y se han convertido en nutrientes, además aloja micro, meso y macro fauna los cuales utilizan la materia orgánica para sus diferentes procesos metabólicos, por todo lo anteriormente nombrado se considera que el suelo es un elemento fundamental para el desarrollo de los ecosistemas presentes en el medio ambiente. Se utiliza para distintas explotaciones como lo son agricultura, ganadería, pastos, plantaciones de árboles forestales, extracción de minería y de materiales de construcción, como depósito para la eliminación de residuos entre muchos otros fines.

Este recurso es un medio muy complejo se debe principalmente a dos componentes: su arquitectura y su diversidad biótica, que es mantenida por grandes cantidades de energía obtenida mediante la fotosíntesis (Gondim, 2013)

La agricultura es una actividad económica muy importante a nivel mundial y realiza un uso intensivo del recurso suelo ya que utiliza insumos químicos como lo son plaguicidas y fertilizantes que degradan, generando en cierta medida que el suelo se vuelva irrecuperable (Silva & Correa, 2009).

6.1.1 Diagnóstico del suelo en Colombia

Colombia dispone de una gran cantidad de hectáreas (114.17 millones) de las cuales 50.91 están destinadas para uso agropecuario, que mediante una planificación adecuada y un ordenamiento territorial, pueden fortalecer la seguridad alimentaria y explotar eficientemente este recurso; en Colombia suelos poseen ventajas comparativas y competitivas, relacionadas con la producción de materia prima favorecidas por su localización en la zona intertropical y ecuatorial (SIAC, 2015).

La utilización de las tierras en el país es inadecuada y no cumple con la vocación que se les otorga, al subutilizar la capacidad productiva de los suelos, o excede las capacidades naturales que poseen, produce una degradación de este recurso, y a su vez esto conduce a la desertificación y erosión del mismo, también se suma a este problema la deforestación de los bosques para aumentar el área cultivable.

La explotación inadecuada de los suelos sin considerar una adecuada reposición de los nutrientes, acelera los procesos de degradación y gasto de los nutrientes presentes en el suelo. Un manejo eficiente de los suelos requiere de un análisis a nivel de zonas productoras, determinando el fin productivo para hacer más eficiente el uso de este recurso (Roveda *et al.* 2012).

6.1.2 Servicios Ambientales

Este recurso natural desempeña una serie de funciones clave, tanto medioambientales como sociales y económicas, que resultan fundamentales para la vida, presta diferentes servicios ambientales en los distintos ecosistemas, entre los más importantes podemos destacar los

siguientes: 1. Generación de alimento y producción de biomasa, ya que de este recurso se obtiene la mayor parte de alimentos para la humanidad, además las plantas toman los nutrientes necesarios del suelo para su crecimiento. 2. Almacenaje de materia orgánica, agua y algunos minerales; Filtración natural de aguas subterráneas siendo este la principal reserva de agua potable. 3. Sirve de habitat y de reserva genética ya que aloja una gran cantidad de organismos que viven sobre él y dentro de él. 4. Entorno físico y cultural para la actividad humana 5. Es fuente de materias primas ya que está compuesto de arcillas, arena, limo y minerales que se utilizan en distintos tipos de producción (Silva & Correa, 2009).

Teniendo en cuenta los servicios ambientales que presta el suelo, se puede concluir que la conservación de este recurso es fundamental para el ser humano, pues de su adecuado funcionamiento depende en gran parte el sostenimiento de las actividades productivas que desempeña el hombre.

6.1.3 Estructura del suelo

La arquitectura del suelo está constituida por componentes sólidos, líquidos y gaseosos. Los componentes sólidos son orgánicos e inorgánicos que se encuentran en diversos estados de descomposición y desintegración.

La fase líquida, o solución del suelo, es una matriz constituida por una solución acuosa de solutos orgánicos e inorgánicos cuya composición es extremadamente importante para la actividad biológica puesto que muchos microorganismos requieren altos niveles de agua en el suelo para vivir. La fase gaseosa está formada por nitrógeno, oxígeno, dióxido de carbono y metano, entre otros gases, que se encuentran en los espacios entre partículas, donde no hay agua. La cantidad de gases en el suelo es inversamente proporcional a la cantidad de agua presente.

Los componentes inorgánicos del suelo son principalmente iones derivados del desgaste de los minerales (Gondim, 2013).

La materia orgánica del suelo es la fracción orgánica total del suelo. Contiene biomasa microbiana y una mezcla compleja y heterogénea de compuestos orgánicos y minerales, incluyendo residuos derivados de las plantas y del suelo en distintas etapas de descomposición y grados de estabilización. Se distribuye de forma heterogénea entre los compartimentos edáficos y su calidad, la disponibilidad y la estabilidad son muy variables. Las propiedades de sus compuestos constituyentes son muy cambiantes, van desde compuestos fácilmente degradados a compuestos que son físicamente resistentes a la descomposición o cuya estructura molecular los hace altamente estables (Fanin *et al.* 2014).

La materia orgánica es la más importante ya que es responsable de mantener la vida en este ecosistema, La materia orgánica ejerce ciertas influencias en la estructura del suelo y consecuentemente en la aireación y retención de humedad. El deterioro de la estructura que acompaña a un cultivo de uso intensivo, comúnmente es menos erosivo que en suelo provistos convenientemente de materia orgánica, cuando la materia orgánica se pierde, los suelos tienden a endurecerse y a compactarse (Gondim, 2013).

6.1.4 Microbiología del suelo

La biomasa microbiana por sí misma es una fuente significativa de nutrientes, son importantes los grupos de bacterias nitrificantes, bacterias solubilizadoras y hongos entre otros; las interacciones de las micorrizas, *Rhizobium* y otras simbiosis importantes en el suelo, permiten al ecosistema aumentar la captación de nutrientes, necesarios para el crecimiento de la planta (Cerrato & Alarcón, 2001).

En el suelo sucede una diversa serie de fenómenos que cambian el orden de la vida existente en el mismo; la microbiología del suelo experimenta descensos e incrementos en su población, rompiendo la armonía del ecosistema cuando es expuesta a alteraciones debido a prácticas como drenajes, arados, fumigaciones, pastoreo, entre otros. La microbiología establece sinergias con las raíces, parte aérea de las plantas y minerales del entorno; que varían según el tiempo y espacio. Vale destacar, que entre el 5 y 10% de la superficie de las raíces están cubiertas de microorganismos y la población de los mismos disminuye drásticamente a tan solo 5 milímetros de las raíces (Abad, 2014).

Los hongos forman la mayor parte de la biomasa del suelo; su distribución es determinada por la disponibilidad de carbono orgánico, dado a que los hongos del suelo son fundamentalmente organismos saprofitos que crecen en los tejidos muertos y en descomposición, son pocos los que parasitan seres vivos, este fenómeno sucede cuando se disturba el medio. Por lo general, los hongos se encuentran, en mayor cantidad en los primeros 15 centímetros del suelo. En condiciones de exceso de humedad disminuyen su población, debido a la falta de oxígeno para subsistir, las levaduras pueden vivir en ambientes anaeróbicos, obteniendo el oxígeno necesario del proceso de fermentación de los azúcares. Las bacterias tienen la capacidad de descomponer la materia orgánica, como también la inorgánica; son los organismos más indicados para desintoxicar un suelo, Las bacterias por su metabolismo versátil son capaces de vivir en ambientes inhóspitos para otros organismos, numéricamente ocupan el segundo lugar en poblar el suelo, superadas solamente por los virus (Abad, 2014).

6.1.5 Importancia de la meso y macrofauna en el suelo

Muchos organismos de la macrofauna son importantes en la transformación de las propiedades del suelo, entre ellos: las lombrices de tierra (Annelida: Oligochaeta), las termitas (Insecta: Isoptera) y las hormigas (Insecta: Hymenoptera: Formicidae), que actúan como ingenieros del ecosistema en la formación de poros, la infiltración de agua y la humificación y mineralización de la materia orgánica. Otra parte de los macroinvertebrados intervienen en la trituración de los restos vegetales (e.g. Coleoptera, Diplopoda, Isopoda, Gastropoda) y algunos funcionan como depredadores de animales vivos de la macrofauna y la mesofauna edáfica (e.g. Araneae, Chilopoda) (Cabrera, 2012).

6.1.5.1 Lombrices

Las lombrices de tierra forman parte de la macrofauna (organismos mayores a 2 mm), y son las principales representantes del gremio funcional «ingenieros del ecosistema» Este gremio involucra organismos capaces de modificar el ambiente edáfico a través de sus actividades mecánicas al mismo tiempo que producen estructuras físicas a través de las cuales pueden modificar la disponibilidad o accesibilidad de un recurso para otros organismos (Dominguez *et al.* 2009). Las lombrices contribuyen eficazmente a mejorar las características químicas y físicas del suelo, incrementando la materia orgánica, transformando elementos aprovechables por las plantas y mejorando la distribución de la humedad, del aire y de la temperatura en el perfil (Fuentes *et al.* 1998).

Nombre vulgar: Lombriz roja californiana

Reino: *Animalia*

Filum: *Annelida*

Clase: *Clitellata*

Subclase: *Oligochaeta*

Orden: *Haplotaxida*

Nombre vulgar: Lombriz nativa

Reino: *Animalia*

Filum: *Annelida*

Clase: *Oligochaeta*
Subclase: *Oligochaeta*
Orden: *Opisthophora*

6.1.5.2 Hormigas

Las hormigas están agrupadas en la familia *Formicidae* y el orden *Hymenoptera*, que incluye a las abejas, avispas y avispas sierra. Las características morfológicas más notorias para distinguirlas de otros insectos, son que el primer segmento de la antena (escapo) está alargado, la disposición de la cabeza es prognata, tienen castas de obreras sin alas, presentan una glándula en el tórax que secreta sustancias con actividad antibacteriana y antimicótica (llamada glándula metapleurale) y tienen un pecíolo. Dentro de la familia *Formicidae*, hay una gran diversidad de formas y características propias de cada especie (Branstetter & Sáenz, 2012).

Nombre vulgar: Hormiga
Reino: *Animalia*
Filum: *Arthropoda*
Subfilum: *Hexapoda*
Clase: *Insecta*
Subclase: *Pterygota*
Infraclass: *Neoptera*
Superorden: *Endopterygota*
Orden: *Hymenoptera*
Suborden: *Apocrita*
Infraorden: *Aculeata*
Superfamilia: *Vespoidea*
Familia: *Formicidae*

6.1.5.3 Chisas

Las chisas se alimentan del sistema de raíces de la planta hospedante, producen debilitamiento, disminución en el rendimiento del cultivo e incremento de los costos de producción (Villegas *et al.* 2006). Estos escarabajos habitan en terrenos agrícolas y silvestres en comunidades multigenéricas o multiespecíficas. Las larvas rizófagas de algunas especies, conocidas popularmente como ‘chisas’ o ‘mojojoes’, se han convertido en plagas en varias regiones agrícolas y ocasionan daños que fluctúan entre el 10 y el 80% en cultivos de papa, fríjol, maíz, pastos, hortalizas y flores (Bran *et al.* 2006).

Nombre vulgar: Chisas, mojojoes, gusanos mojojoe.
Reino: *Animalia*
Filo: *Arthropoda*
Clase: *Insecta*
Orden: *Coleoptera*

6.1.5.4 Gusanos alambre

Elateridae es considerada la novena familia más diversa del orden *Coleoptera*, así como también la más diversa de la superfamilia *Elateroidea*. Los individuos adultos se caracterizan principalmente por una unión flexible del protórax con el meso tórax y una espina prosternal que hace resorte con el mesosternum, permitiéndoles saltar cuando están sobre su dorso y caer sobre sus patas, haciendo un ruido como un “click”, poseen gran variabilidad morfológica, con longitudes que oscilan de 3 y 50 mm; con colores desde marrón oscuro, pasando por naranja intenso, amarillo, en algunos casos acompañados de trazos o bandas metalizados. Las larvas se les reconocen comúnmente con el nombre de “gusanos alambre” por su forma alargada, recta y

cilíndrica, típicamente “elateriforme”. Poseen una enorme importancia económica y agrícola, debido a que algunas larvas de los géneros *Aeolus*, *Conoderus* y *Heteroderes*, ocasionando daño en las raíces y semillas de plantas cultivadas (Aguirre, 2009).

Nombre vulgar: Trozadores
Reino: *Animalia*
Filo: *Arthropoda*
Clase: *Insecta*
Orden: *Coleoptera*
Infraorden: *Elateriformia*
Superfamilia: *Elateroidea*
Familia: *Elateridae*

6.1.5.5 Cucarrón

La familia *Staphylinidae* es una de las más exitosas del orden *Coleóptera* con gran riqueza de especies. Se conocen a nivel mundial aproximadamente 32,340 especies y cerca de 200 nuevas especies se describen cada año. Estos coleópteros ocupan casi todos los microhábitas terrestres posibles como hojarasca, flores, frutos, musgos, troncos en descomposición, excremento, etc. (García *et al.* 2001).

Nombre vulgar: Cucarrón
Reino: *Animalia*
Filo: *Arthropoda*
Subfilo: *Hexapoda*
Clase: *Insecta*
Orden: *Coleoptera*
Suborden: *Polyphaga*
Infraorden: *Staphyliniformia*
Superfamilia: *Staphylinoidea*

6.1.5.6 Mariquita

Los crisomélidos constituyen una extensa familia de coleópteros fitófagos, de amplia distribución y aparente antigüedad relativa; los hay así parásitos de monocotiledóneas, habiendo adquirido (algunos de ellos) complejos hábitos en su comportamiento durante el desarrollo, acompañados de correlativos órganos ultraspecializados y pasajeros, pero también los hay que viven de dicotiledóneas, tanto arbóreas como arbustivas y herbáceas. En su inmensa mayoría al menos los más populares, son defoliadores; su impacto consumidor es a veces aparente y espectacular produciendo verdaderas plagas, no sólo desde antiguo, en el agro propiamente dicho, sino también en el monte y en los cultivos forestales (Balcells, 1975). Los crisomélidos son insectos que se alimentan de hojas, tallos y raíces de plantas, esta familia incluye especies de importancia agrícola que pueden generar cuantiosas pérdidas económicas. Por su diversidad morfológica y adaptativa se han generado varias sinonimias entre las especies (Servin *et al.* 2011).

Nombre vulgar: Mariquitas
Reino: *Animalia*
Filo: *Arthropoda*
Clase: *Insecta*
Orden: *Coleoptera*
Infraorden: *Cucujiformia*
Superfamilia: *Chrysomeloidea*
Familia: *Chrysomelidae*

6.1.5.7 Carábido

La familia *Carabidae* (Insecta: *Coleoptera*) constituye junto con las familias *Haliplidae*, *Hygrobiidae*, *Amphizodidae*, *Gyrinidae* y *Dytiscidae* el suborden *Adephaga*, caracterizado por una conformación particular del abdomen. Los carábidos son quizás uno de los grupos más estudiados, existiendo gran cantidad de investigadores que se ocupan de ellos. Entre las razones que motivan este interés, están sus patrones de distribución, la cantidad de taxones relictuales, los numerosos restos fósiles, los compuestos químicos que secretan, la importancia económica y la facilidad para realizar estudios de poblaciones (Roig & Domínguez, 2001).

Nombre vulgar: Escarabajos

Reino: *Animalia*

Filo: *Arthropoda*

Subfilo: *Hexapoda*

Clase: *Insecta*

Orden: *Coleoptera*

Suborden: *Adephaga*

Familia: *Carabidae*

6.1.5.8 Cucarachas

Bajo el nombre común de “cucarachas” se conoce a los insectos pertenecientes al orden *Blattodea*, familia *Blattidae*, parientes cercanos de las “mantis” (orden *Mantodea*) y de las termitas (orden *Isoptera*). Por lo general tienen un cuerpo aplanado dorsoventralmente, algo oval y ensanchado; su coloración va del marrón al negro con reflejos brillantes aceitosos; cuerpo dividido en cabeza, tórax y abdomen. Siendo las cucarachas las más omnívoras entre los omnívoros, son capaces de alimentarse de todo lo que encuentren: pegamento, herrumbre, concreto, cuero, ropa, pero prefieren sobre todo materia orgánica en descomposición con alto contenido en almidón y grasas. El éxito de su alimentación católica (enteramente de todo) se debe a que su tubo digestivo contiene simbiontes muy diversos, bacterias digestivas que le ayudan a la degradación de los alimentos (Mariño, 2011).

Nombre vulgar: Cucaracha

Reino: *Animalia*

Filo: *Arthropoda*

Superclase: *Hexapoda*

Clase: *Insecta*

Subclase: *Pterygota*

Infraclase: *Neoptera*

Orden: *Blattodea*

6.1.5.9 Chinchas

El grupo *Neoptera* reúne un conjunto de órdenes con alas de mayor movilidad y plegables. En el orden Hemiptera se incluyen insectos que, mayoritariamente, poseen la capacidad de introducir su aparato bucal en el tejido de plantas o animales, para así succionar desde estos las sustancias alimenticias que les son necesarias para su propia supervivencia. La gran mayoría de sus especies viven a expensas de vegetales, por lo que revisten importancia por su acción sobre plantas cultivadas por el hombre. (Camousseight, 2000).

Nombre vulgar: Chinchas

Dominio: *Eukaryota*

Reino: *Animalia*

Filo: *Arthropoda*

Subfilo: *Hexapoda*
Clase: *Insecta*
Subclase: *Pterygota*
Infraclase: *Neoptera*
Orden: *Hemíptero*

6.1.5.10 Colémbolos

De talla pequeña a diminuta (1 a 3 mm de largo), pigmentados o blanquecinos; cabeza con ojos constituidos por grupos no superiores a ocho omatidios por cada lado, antenas de cuatro segmentos y armadura bucal alargada, alojada al interior de la cabeza. Tórax trisegmentado, patas con cuatro segmentos, ausencia de alas. Abdomen con seis segmentos, ventralmente con órgano (furca) adaptado para saltar. Comen principalmente vegetales en descomposición, hongos y polen, con lo cual restituyen al suelo las materias orgánicas. Se les considera fabricantes de humus o tierra fértil la que además, remueven hacia la superficie (Camousseight, 2000).

Reino: *Animalia*
Filo: *Arthropoda*
Subfilo: *Hexapoda*
Clase: *Entognatha*

6.1.5.11 Marranitos

Los isópodos del suborden *Oniscidea* son los únicos crustáceos exitosos en el ecosistema terrestre. Estos animales se pueden encontrar en una amplia variedad de hábitats, donde son importantes componentes de la comunidad de detritívoros. Debido a sus altas abundancias en ciertos hábitats y a sus características biológicas, los isópodos terrestres son frecuentemente analizados en estudios ecológicos y se les considera como organismos interesantes desde diversos puntos de vistas, entre ellos su utilidad como bioindicadores de impacto ambiental y antrópico (Pérez, 2010).

Nombre vulgar: Marranitos, cochinillas, cochinillas de agua.

Reino: *Animalia*
Filo: *Arthropoda*
Subfilo: *Crustacea*
Clase: *Malacostraca*
Orden: *Isopoda*
Suborden: *Oniscidea*

6.1.5.12 Grillos

El orden *Orthoptera* es un grupo de insectos presentes en todos los continentes y en las islas oceánicas, salvo en la Antártica. Son capaces de habitar los más diversos medios, desde el litoral hasta las cumbres cordilleranas, las sabanas, selvas tropicales, estepas magallánicas, desiertos, etc.; los hay cavícolas, epigeos y epifitos; su largo varía entre los 5 y los 22 cm. En su morfología es característica la presencia de patas saltadoras con grandes fémures ensanchados; su dieta es en la mayoría de los casos herbívora, generalmente fitófaga; sin embargo, existe frecuentemente omnivoría e incluso algunas especies pueden ser depredadoras (Camousseight, 2000).

Nombre vulgar: Grillo, saltamontes.

Reino: *Animalia*
Filo: *Arthropoda*

Superclase: *Hexapoda*
Clase: *Insecta*
Subclase: *Pterygota*
Infraclase: *Neoptera*
Orden: *Orthoptera*
Familia: *Gryllidae*

6.1.5.13 Tijereta

Insectos capaces de vivir en los lugares más inhóspitos, exceptuando las regiones polares. De forma alargada y aplanados, muy móviles, con el abdomen que termina en un par de fórceps, de allí su nombre de tijeretas. La talla puede variar entre 7 y 50 mm. Prefieren la humedad, espacios reducidos y la noche. Cuando presentan alas, las anteriores están endurecidas y son pequeñas, en tanto que las posteriores son anchas, redondeadas y membranosas. Se alimentan de una gran variedad de plantas vivas o muertas e incluso materia animal; en general son considerados omnívoros, a pesar de que puede haber especies con alimentación diferenciada (Camousseight, 2000).

Nombre vulgar: Tijereta
Reino: *Animalia*
Filo: *Arthropoda*
Superclase: *Hexapoda*
Clase: *Insecta*
Subclase: *Pterygota*
Infraclase: *Neoptera*
Orden: *Dermaptera*

6.1.5.14 Arañas

Las arañas son un grupo que supera a los demás arácnidos, como los escorpiones, opiliones y ácaros, en número y variedad de especies, además de presentar una gran complejidad en sus patrones de comportamiento. El cuerpo de las arañas está dividido en dos tagmas que se encuentran separados por un marcado estrangulamiento o pedicelo. Las arañas son esencialmente depredadoras de insectos e indudablemente, el grupo de arácnidos dominante en prácticamente todos los hábitats (con la importante excepción de los ácaros de los suelos), además de ser uno de los grupos de predadores más comunes en los agroecosistemas (Martinez & Baz, 2010).

Nombre vulgar: Araña
Reino: *Animalia*
Filo: *Arthropoda*
Subfilum: *Chelicerata*
Clase: *Arachnida*
Orden: *Araneae*

6.1.5.15 Ciempiés

Los quilópodos o ciempiés están ampliamente distribuidos en las zonas templadas y tropicales del mundo, estando sólo ausentes en las zonas polares. Todas sus especies son depredadoras, fundamentalmente nocturnas, y en muchos casos disponen de glándulas ponzoñosas asociadas a sus quelíceros (Camousseight, 2000).

Nombre vulgar: Ciempiés
Reino: *Animalia*

Filo: *Arthropoda*
Subfilo: *Atelocerata*
Clase: *Chilopoda*

6.1.5.16 Moscas

Mosca es el nombre genérico de un extenso grupo de especies de insectos pertenecientes al orden de los dípteros (*Diptera*). Se han clasificado unas 120.000 especies de dípteros, por ello, algunos científicos estiman que prevalece un millón de especies, donde una de cada diez especies de animales reconocidas por la ciencia es un díptero, existiendo muchas más variedades diferentes de dípteros, que de vertebrados (Quiceno *et al.* 2010).

Nombre vulgar: Mosca
Reino: *Animalia*
Filo: *Arthropoda*
Clase: *Insecta*
Orden: *Diptera*
Familia: *Muscidae*

6.1.5.17 Pito

La chinche asesina ataca áfidos sicadélicos y larvas de lepidópteros entre otras presas (Nicholls, 2008). La característica distintiva de la familia es que el pico (rostro) se encaja en una cavidad ventral del cuerpo, que al rasparlo contra los bordes, se produce un sonido característico llamado estridulación. Aparte de la peculiar conformación del ala anterior, otra condición que le es propia a los integrantes de este orden es el hecho de que las mandíbulas y maxilas están modificadas a manera de estiletes, acoplados entre sí y conteniendo el canal alimentario y el salival; este último les es necesario para controlar el espesamiento de los líquidos que ingieren, de tal manera de evitar la obstrucción del conducto alimentario. En suma, en el orden Hemiptera se incluyen insectos que, mayoritariamente, poseen la capacidad de introducir su aparato bucal en el tejido de plantas o animales, para así succionar desde estos las sustancias alimenticias que les son necesarias para su propia supervivencia. La gran mayoría de sus especies viven a expensas de vegetales, por lo que revisten importancia por su acción sobre plantas cultivadas por el hombre (Camousseight, 2000).

Nombre vulgar: Pito, reduviidae.
Reino: *Animalia*
Filo: *Arthropoda*
Clase: *Insecta*
Orden: *Hemiptera*
Suborden: *Heteroptera*
Superfamilia: *Cimicomorpha*
Familia: *Reduviidae*

6.1.5.18 Gusano

Las orugas de los distintos lepidópteros tienen coloraciones, hábitos y estrategias muy diferentes. Cada especie está más o menos familiarizada en alimentarse de una planta o un grupo de ellas en concreto. Se defienden de distintos modos como por ejemplo revistiéndose de pilosidad urticante o avisando de que son venenosas mediante colores de advertencia (León, 2007).

Nombre vulgar: Gusano
Reino: *Animalia*

Filo: *Arthropoda*
Subfilo: *Hexapoda*
Clase: *Insecta*
Infraclasse: *Neoptera*
Superorden: *Endopterygota*
Orden: *Lepidoptera*

6.1.5.19 Picudo del maíz

La gran mayoría de las especies de la familia *Curculionidae* son de hábitos fitófagos y pueden ser plagas de importancia económica. Los adultos presentan cabeza prolongadas, las larvas se asemejan, ya que poseen cuerpo blando sin una espina terminal, sutura gular ausente, antenas reducidas a un segmento (Pérez, *et al.* 2011).

Nombre vulgar: Picudo, picudo del maíz.

Reino: *Animalia*
Filo: *Arthropoda*
Clase: *Insecta*
Orden: *Coleoptera*
Suborden: *Polyphaga*
Infraorden: *Cucujiformia*
Superfamilia: *Curculionoidea*
Familia: *Curculionidae*

6.1.5.20 Nabidae

Muchos nabidos son depredadores y se encuentran comúnmente en pastos y plantas herbáceas pequeñas. Los nabidos se alimentan de huevos de insectos, áfidos y otros insectos lentos de tamaño pequeño y cuerpo blando (Nicholls, 2008).

Nombre vulgar: Nabido

Reino: *Animalia*
Filo: *Arthropoda*
Clase: *Insecta*
Orden: *Hemiptera*
Suborden: *Heteroptera*
Familia: *Nabidae*

6.1.5.21 Milpiés

Los diplópodos o milpiés, son mesófilos e hidrófilos, por lo que la mayoría de su riqueza específica y diversidad se centra en las zonas tropicales y subtropicales del mundo. Los hábitats de condiciones extremas, tales como desiertos y zonas frías, corresponden a zonas marginales de distribución y son, por lo general, evitadas por estos artrópodos. Todos los diplópodos son detritófagos y tienen un importante papel en la reducción de material de origen vegetal y formación de suelo. La mayoría de las especies son estratobiontes (viven sobre el suelo); otros son cavernícolas, geobiontes o edafobiontes o epiphytobiontes (Camousseight, 2000).

Nombre vulgar: Milpies

Reino: *Animalia*
Filo: *Arthropoda*
Subfilo: *Myriapoda*
Clase: *Diplopoda*

			
<i>Haplotaxida</i>	<i>Opisthophora</i>	<i>Hemíptero</i>	<i>Dermaptera</i>
			
<i>Curculionidae</i>	<i>Chilopoda</i>	<i>Reduviidae</i>	<i>Coleoptera</i>
			
<i>Formicidae</i>	<i>Staphylinidea</i>	<i>Araneae</i>	<i>Coleoptera</i>
			
<i>Blattodea</i>	<i>Carabidae</i>	<i>Entognatha</i>	<i>Diplopoda</i>

Figura 1. Clasificación de macroinvertebrados, < ó = orden. Fuente: Autores.

6.2 Fertilizantes

6.2.1 Abonos Orgánicos

Los abonos orgánicos son todos aquellos residuos de origen animal y vegetal de los que las plantas pueden obtener importantes cantidades de nutrientes, mejorando sus características físicas, químicas y biológicas obteniendo mayores rendimientos en el cultivo de las cosechas. Entre los abonos orgánicos se incluyen los estiércoles, compostas, vermicompostas, abonos verdes, residuos de cosechas, residuos orgánicos industriales, aguas negras y sedimentos orgánicos (SAGARPA, 2015)

Los abonos orgánicos han sido catalogados principalmente como enmiendas o mejoradores del suelo los cuales son utilizados para lograr un crecimiento en la actividad microbiana del suelo, dado a la gran riqueza de microorganismos que poseen. De esta manera alcanza un equilibrio biológico y la supresión de patógenos del suelo. El tipo y la calidad de los abonos orgánicos es variable y depende de su origen método de elaboración y el manejo que reciba (Dominguez, 2010).

Por los efectos favorables que los abonos orgánicos proporcionan al suelo, se podría decir que estos deben ser imprescindibles en el uso y manejo de este recurso para mejorar y mantener su componente orgánico, sus características de una entidad viviente, su fertilidad física, química, biológica y finalmente su productividad (SAGARPA, 2015).

6.2.2 Compostaje

El compostaje es una técnica que se utilizan para transformar los residuos sólidos orgánicos en abonos orgánicos cuyas características físicas, químicas y biológicas inciden directamente en el mejoramiento del suelo y en el crecimiento de las plantas (Duran *et al.* 2013). Uno de los principales objetivos del proceso es estabilizar la materia orgánica presente en los residuos orgánicos que comprenden una amplia gama de diferentes materiales (Benavides, 2010).

Hay un proceso de descomposición biológica espontánea de materiales orgánicos en un entorno predominantemente aeróbico. Durante el proceso las bacterias, hongos y otros microorganismos, incluyendo microartrópodos, rompen el material orgánico y lo convierten en sustancias orgánicas estables que puedan utilizarse, llamadas compost. El compostaje también implica el volumen de la reducción de los desechos, la destrucción de semillas de malas hierbas y de microorganismos patógenos. La intensidad y la actividad concentrada de la industria ganadera genera grandes cantidades de residuos biodegradables, que deben ser gestionadas bajo las prácticas de eliminación apropiadas para evitar un impacto negativo en el medio ambiente (olor, emisiones gaseosas, la contaminación del agua y del suelo) (Afifi, *et al.* 2012).

Es fundamental para encontrar nuevas formas efectivas en la gestión de residuos y reducir su impacto sobre el medio ambiente Los residuos orgánicos municipales constituyen una fuente alternativa de materia orgánica en los suelos Sin embargo, su uso sin estabilización previa representa un alto riesgo debido a los posibles efectos negativos por sustancias fitotóxicas o patógenas que pueden contener y debido a su propia naturaleza inestable. El compostaje es considerado como una forma adecuada de reciclaje de tales residuos, ya que ayuda a resolver el problema de su eliminación (Chazirakis, *et al.* 2011).

6.2.3 Compostaje como acondicionador del suelo

El compost es un producto valioso como acondicionador del suelo porque mejora las características generales del suelo, dando como resultado, menor erosión, mejor retención de la humedad, mejor germinación de la semilla, mejor crecimiento de las plantas (raíces más fuertes y una mejor supresión de la enfermedad), y la necesidad de menos fertilizantes sintéticos. Además de los usos agrícolas, el compost es un excelente producto para la aplicación a las tierras erosionadas (Ramirez, 2013).

Del compostaje se obtiene de un producto valioso que puede ser utilizado por los agricultores, jardineros, horticultores y propietarios de áreas cultivables como una enmienda del suelo para mejorar la textura, la aireación, la estructura y apariencia de suelo, aumenta la fertilidad del suelo, aumenta la capacidad del suelo para retener agua, nutrientes y una temperatura moderada del suelo, reduce la erosión y suprime el crecimiento de malezas y enfermedades de las plantas (Chazirakis, *et al.* 2011). Es una fuente de nutrición natural para las plantas, permite el desarrollo de los microorganismos benéficos, que a su vez ayudan a prevenir las plagas y enfermedades de las raíces, es más económico y se puede producir fácilmente (Echeverri, 2012).

El compostaje no se puede considerado como una nueva tecnología, pero entre las estrategias de gestión de residuos, está ganando interés como una opción adecuada de los abonos orgánicos que traen beneficios económicos y ambientales, ya que este proceso elimina o reduce el riesgo de propagación de patógenos, parásitos y semillas de malas hierbas asociadas con la aplicación directa de estiércol al suelo y conduce a producto final estabilizado, que puede ser utilizado para mejorar y mantener la calidad del suelo y la fertilidad (Afifi, *et al.* 2012).

6.2.4 Calidad del compost

El compostaje es un popular manera de tratar residuos sólidos orgánicos, pero hay muchos factores que afectan el proceso de compostaje, tales como las proporciones de la mezcla, la tasa de aireación, las tasa de consumo de oxígeno, el reciclaje de compost, contenido de humedad,

temperatura, pH, contenido de nutrientes y C / N puesto que determinan las óptimas condiciones para el desarrollo microbiano y la degradación de la materia orgánica (Chazirakis, *et al.* 2011).

La calidad del compost depende de las características fisicoquímicas de los sustratos, del control del proceso así como del tiempo de maduración del producto (Benavides, 2010). Una vez el proceso de compostaje ha finalizado se espera llegar a obtener índices específicos para garantizar la calidad de un abono orgánico, definido como un producto sólido obtenido a partir de la estabilización de residuos que contienen materia orgánica (Oviedo *et al.* 2014).

6.2.5 Legislación sobre residuos sólidos orgánicos

Tabla 2. Mapa normativo para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia.

NORMA	DESCRIPCIÓN
Política para la Gestión Integral de los Residuos 1998. Ministerio del Medio Ambiente.	Esta política define el estatus de la Gestión Integral para todos los tipos de residuos.
Ley 142 de 1994 / Ley 632 de 2000	Algunos elementos normativos y políticas existentes a la fecha, establecen y reconocen las conductas y procedimientos que se deben aplicar en relación a como se deben valorar servicios y actividades de aprovechamiento de residuos.
Norma Técnica Colombiana NTC 5167	Por la cual se establecen los requisitos que deben cumplir y los ensayos a los cuales deben ser sometidos, los productos para la industria agrícola, productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas del suelo.

Fuente: (EARTH Green Colombia, La tierra verde)

6.3 Forrajes

6.3.1 Importancia de producción de forrajes

Los forrajes constituyen la dieta básica y más económica en la alimentación de rumiantes (bovinos, ovinos, caprinos). El material (hojas, tallos, semillas) que se desprenden de las plantas se incorpora al suelo, proporcionan materia orgánica al suelo, lo que ayuda a su conservación. El sistema radicular favorece aireación e infiltración del agua en el suelo y el crecimiento en terrenos con topografía accidentada evita arrastre del suelo. Las leguminosas forrajeras aportan nutrientes al suelo mediante la fijación de nitrógeno atmosférico del aire (Cabrera, 2008).

6.3.2 Maíz (*Zea mays*)

El maíz (*Zea mays L.*) ocupa una posición destacada en la agricultura de América Latina, al destinarse para el consumo humano y animal. En los últimos años se ha potenciado su uso como biocombustible. Hoy día es uno de los cereales más cultivados en todo el mundo (Hernández & Soto, 2012). El maíz es un cereal perteneciente a la familia de las gramíneas o poáceas cuya descripción taxonómica corresponde a una especie monocotiledónea de crecimiento anual y un ciclo vegetativo muy amplio (Tovar & Colonia, 2013).

6.3.2.1 Descripción taxonómica

Tabla 3. Taxonomía del Maíz (*Zea Mays L*)

Taxonomía del Maíz (<i>Zea Mays L</i>)	
División	Macrophyllphyta
Subdivisión	Magnoliophytina
Clase	Nymphaespsida
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Género	<i>Zea</i>
Especie	<i>Zea mays L</i>

6.3.2.2 Características generales

El maíz pertenece a la familia de las gramíneas. La planta alcanza de medio metro a seis metros de alto. Las hojas forman una larga vaina íntimamente arrollada al tallo y un limbo más ancho, alargado y flexuoso. Del tallo nacen dos o tres inflorescencias muy densas o mazorcas envueltas en espigas, en la axila de las hojas muy ceñidas. En cada mazorca se ven las filas de granos, cuyo número puede variar de ocho a treinta. A cada grano le corresponde un largo hilo sedoso que sobresale por el extremo de la mazorca. (Cepeda & Pardo, 2011). De acuerdo con la variedad su desarrollo puede durar de 80 a 200 días, el cual empieza en la siembra y termina con la cosecha. Es una planta monoica, es decir, sus inflorescencias masculina (espiguilla) y femenina (elote, mazorca, choclo o espiga) se ubican en diferentes partes de la planta, lo que hace que su polinización sea cruzada (Tovar & Colonia, 2013).

6.3.2.3 Origen

El maíz se originó en una parte restringida de México y los tipos más desarrollados emigraron posteriormente hacia otros sitios de América. Hoy no hay dudas del origen americano del maíz. El maíz surgió aproximadamente entre los años 8000 y 600 AC en Mesoamérica (México y Guatemala), probablemente a lo largo del acantilado occidental de México Central o del Sur, a 500 km de la Ciudad de México. El ecosistema que dio lugar al maíz era de invierno -seco estacional en alternancia con las lluvias de verano- y en una región montañosa, de cuevas empinadas y sobre roca caliza. Las propiedades anteriores también describen el área mayor ocupada por el género *Tripsacum*. Las tres vistas ampliamente sostenidas acerca del origen de maíz explican que provenía de: 1) una forma de maíz silvestre, 2) un teocintle silvestre, 3) un antepasado desconocido (ni maíz silvestre ni teocintle) (Acosta, 2009).

6.3.2.4 Producción en Colombia

En Colombia el cultivo de maíz predominante es el tradicional, es practicado en granjas, o pequeñas extensiones de tierra y es dirigido en su mayoría al autoconsumo. En este tipo de cultivo las condiciones ambientales son mínimas e incluyen suelos poco fértiles y bajas de precipitaciones. La producción tecnificada llamada también “cultivo mecanizado” emplea diversa maquinaria agrícola como sembradoras, recolectores y trituradoras, entre otras. Su práctica se lleva a cabo en extensiones de tierra relativamente grandes y en su mayor parte es utilizado a la producción de alimentos balanceados para animales. La producción en Colombia no satisface la gran demanda nacional, lo que conlleva importar anualmente grandes cantidades de maíz (amarillo en su mayoría) (Tovar & Colonia, 2013).

6.3.2.5 Descripción de las etapas de desarrollo

La fase vegetativa se inicia al momento de comenzar el proceso de germinación de la semilla y se establecen las plántulas; se expande el follaje y se forma la capacidad fotosintética del cultivo, la cual controla la producción de biomasa. La biomasa total producida por el cultivo está altamente correlacionada con el tamaño final de la mazorca y en promedio se estima que ésta ocupa el 40% del peso total (Fuentes, 2002).

En la fase reproductiva se elabora el órgano de interés desde el punto de vista de la cosecha: la mazorca y el número de granos por mazorca que constituye la fracción cosechable de la biomasa. En el caso del maíz las flores masculinas se producen en la inflorescencia terminal (espiga) y las flores femeninas en las axilas laterales (mazorcas), por lo que existe una distancia entre ambas y el polen debe viajar una corta distancia para fecundar a los estigmas. Dependiendo de la zona en donde se esté desarrollando el cultivo, existe un período que va de uno a dos días, entre la emisión del polen y la salida de los estigmas en la floración. Este período se puede alargar entre 5-8 días para las condiciones del altiplano. La polinización es una fase extremadamente sensitiva al efecto que puedan causar los estreses ambientales tales como la sequía, que puede afectar negativamente al rendimiento (Fuentes, 2002).

6.3.2.6 Establecimiento del cultivo

El maíz crece bien en varios suelos si el drenaje es bueno (sin saturación en agua). Tiene un sistema de raíces profundo (hasta 185 cm) y se beneficia de suelos profundos que permiten el almacenamiento de agua durante sequías. El valor pH óptimo para el maíz es entre 5.5 - 7.5, aunque algunos suelos tropicales producen buenas cosechas con un valor pH de 5.0 (Cepeda & Pardo, 2011).

El rendimiento de un cultivo viene dado por la capacidad de acumular biomasa (materia fresca y seca) en los órganos que se destinan a la cosecha y un incremento proporcional de la biomasa destinada a estos órganos garantiza un incremento del rendimiento. Así, la distribución de materia seca entre los diferentes órganos de la planta tiene un papel fundamental en la producción de un cultivo. La productividad de un cultivo está determinada por su potencial genético y el impacto del ambiente sobre su capacidad de crecimiento y partición de materia seca hacia destinos reproductivos, por otro lado, cambios en la fecha de siembra del cultivo de maíz modifican la respuesta del rendimiento en grano. La biomasa producida por cada individuo refleja la disponibilidad de recursos durante toda la estación de crecimiento y se asocia con su rendimiento (Hernández & Soto, 2012).

6.3.2.7 Factores climáticos en la producción del cultivo

La temperatura es una de las principales fuerzas impulsoras para el crecimiento y el desarrollo de los cultivos y varios estados fenológicos se manifiestan a través de su desarrollo (Parra, Fischer, & Chaves, 2015), algunas plantas son susceptibles a las temperaturas altas en las primeras fases fenológicas y posteriormente pueden resistir altas temperaturas, otras suspenden funciones al estar en condiciones de bajas temperaturas (Granados & Sarabia, 2013). La fenología estudia la secuencia temporal de las distintas fases periódicas de las plantas y sus relaciones con el clima y el tiempo atmosférico; fases como: aparición de las primeras hojas, floración, maduración de los frutos, etc., tienen relación con las condiciones prevalecientes de temperatura y la oportuna cantidad de precipitación (Granados & Sarabia, 2013). Todos estos cambios, se ven afectados por las condiciones ambientales locales. El principio y el fin de las etapas fenológicas son buenos indicadores del crecimiento potencial de los cultivos. (Parra, Fischer, & Chaves, 2015).

6.3.2.8 Importancia del maíz en la nutrición animal

El cultivo de maíz para la producción de forraje, constituye la forma más rápida de obtener altos tonelajes de materia seca y de calidad ideal para la alimentación de bovinos, cuando es ofrecido en forma de forraje fresco o ensilado. Por ser muy rico en sustancias azucaradas es un material que se conserva fácilmente, siguiendo las normas apropiadas de elaboración. La disponibilidad de este material permite una mejor alimentación del ganado en los períodos secos del trópico, convirtiéndose en un alternativa viable para la alimentación de rumiantes en periodos climáticos extremos (Amador & Boschini, 2000).

El maíz se usa como alimento pecuario de diferentes maneras: para la obtención de grano, para su ensilaje, pastoreo y forraje. El maíz es una fuente importante de forraje para la alimentación animal. Además de ser un cultivo de bajo costo, es un alimento de buena calidad y es uno de los mejores cultivos para ensilar. Reúne las mejores condiciones de valor nutrimental; su riqueza en carbohidratos y materia seca son condiciones favorables que permiten ofrecerlos en una dieta ya que es muy aceptado y digestible para los animales rumiantes, éste proporciona una gran cantidad de principios nutritivos. Su utilidad y excelente valor alimenticio, están ampliamente documentados para la alimentación de ganado lechero (García *et al.* 2013). El contenido de materia seca del maíz varía de 15 a 25 % en la planta verde y la composición química es de 4 a 11 % de proteína cruda, 1 a 3,5% de extracto etéreo, 27 a 35% de fibra cruda, 34 a 55% de extracto libre de nitrógeno y de siete a 10% de cenizas, en la materia seca (Amador & Boschini, 2000).



Figura 2. Planta de maíz (*Zea mays* L.). Fuente: Autores

6.3.3 Frijol (*Phaseolus vulgaris*)

El frijol pertenece a la familia de las leguminosas, sus semilla están contenidas en vainas o legumbres. Sus flores son de formas y colores variados, la planta puede ser enana, semi-enana o alta. El frijol común es de forma arbustiva y de crecimiento determinado. Su altura varía entre 30 y 90 cm, existen otros tipos, como frijol trepador de crecimiento indeterminado que alcanza alturas de dos o más metros (Cepeda & Pardo, 2011).

Se recomienda que los suelos para el cultivo de frijol sean profundos, fértiles, preferiblemente de origen volcánico con no menos de 1,5% de materia orgánica en la capa arable y de textura liviana con no más de 40% de arcilla como los de textura franco, franco limosos y franco arcilloso ya que el buen drenaje y la aireación son fundamentales para un buen rendimiento de este cultivo (Cepeda & Pardo, 2011).

6.3.3.1 Descripción taxonómica

Tabla 4 . Taxonomía del Frijol (*Phaseolus vulgaris*)

Taxonomía del Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	
Clase	Dicotiledóneas
Subclase	Rósidas
Orden	Fabales
Familia	Leguminoceae
Género	<i>Phaseolus</i>
Especie	<i>Phaseolus vulgaris</i>

6.3.3.2 Origen

Los estudios arqueológicos indican que el fríjol común (*Phaseolus vulgaris*), es originario del continente americano, el frijol es, dentro de las leguminosas de grano, la especie más importante para el consumo humano. Se cultiva prácticamente en todo el mundo, en 129 países de los cinco continentes, se reporta la producción de fríjol, según la FAO (Ligarreto, 2013).

6.3.3.3 Características Generales

El fríjol presenta como características principales un contenido de proteína, que varía del 20 al 28%, además tiene aminoácidos esenciales, como metionina, lisina y triptófano, además minerales como calcio y hierro; La producción de esta leguminosa podría estar seriamente afectada, puesto que el fríjol se considera como uno de los cultivos más vulnerables al cambio climático (Ligarreto ,2013).

A nivel morfológico el fríjol común presenta un tallo herbáceo con sección cilíndrica o levemente angular, debido a pequeñas corrugaciones de la epidermis. Las ramas se desarrollan a partir de un complejo axilar que generalmente está formado por tres yemas visibles desde el inicio de su desarrollo presenta hojas simples o cotilodenaes una vez, que aparecen en el segundo nudo del tallo y se forman en la semilla durante la embriogénesis. Las hojas son compuestas, siendo las que durante toda su vida se generarán.

Según el hábito de crecimiento, las plantas de fríjol pueden ser de crecimiento determinado o indeterminado, de acuerdo con las características de la parte terminal del tallo y de las ramas. Si al inicio de la fase reproductiva el tallo y las ramas terminan en un racimo, la planta es de hábito determinado; si termina en un meristemo vegetativo, es de hábito indeterminado (Londoño, 2011).

6.3.3.4 Producción en Colombia

El fríjol es un componente esencial en la dieta de los colombianos, por su alto contenido de proteínas de bajo costo y desde el punto de vista social es un generador de ingresos, al emplear gran cantidad de mano de obra. Por su gran adaptación se cultiva en casi todo el país. (Ligarreto ,2013).

6.3.3.5 Factores Climáticos en la Producción del cultivo

Según (Ríos *et al.* 2003) & (Villanueva, 2010), los factores climáticos que más influyen en las etapas de desarrollo del frijol son la luz y la temperatura, la planta es muy susceptible a condiciones extremas; exceso o falta de humedad, por tal razón debe sembrarse en suelos de textura ligera y bien drenados. La diversidad de formas de siembra, las diferentes variedades, las enfermedades y plagas inséctiles presentes en la región y en las últimas épocas la sequía, esta última es uno de los factores abióticos que más limita la producción de frijol, cuando la planta está realizando el llenado del grano y se presenta este factor se acelera la madurez fisiológica.

La planta de frijol crece bien en temperaturas optimas de 15 – 27 Grados centígrados, temperaturas por debajo de este rango retrasan el crecimiento por el contrario altas temperaturas lo aceleran; una precipitación adecuada para esta planta debe ser de 300-400 mm por ciclo de cultivo (Villanueva, 2010).

6.3.3.6 Importancia del frijol en la nutrición animal

El valor nutrimental de esta leguminosa está determinada en gran medida por el contenido de proteína y su digestibilidad. Las leguminosas de grano aportan los aminoácidos que escasean en los cereales. Las semillas suelen contener más de 23% de proteína cruda, con un apropiado balance de aminoácidos y un importante valor energético. Estas plantas desarrollan distintos mecanismos biológicos para la captación del nitrógeno atmosférico que circula en los poros del suelo y de otros minerales que limitan el desarrollo de otras plantas en suelos tropicales. La fracción proteica de las leguminosas, se localiza casi exclusivamente en el cotiledón y está constituido de tres grandes grupos: las globulinas, las albúminas y las proteínas insolubles

La incorporación de semillas de leguminosas en raciones prácticas conlleva a una serie de inconvenientes, relacionados con la utilización de la proteína, y en monogástricos, en general, puede decirse que la utilización neta de la proteína no pasa del 65 al 70%, mientras que los valores observados con proteínas de origen animal suelen superar el 90%. 44. El concentrado proteico de origen vegetal de mayor consumo para la alimentación animal, es sin duda la soya (tortas y harinas), la cual es rica en proteína y grasa (Perez, 2011)

6.3.3.7 Establecimiento del cultivo

El pH óptimo para sembrar frijol fluctúa entre 6.5 y 7.5, dentro de estos límites la mayoría de los elementos nutritivos del suelo presentan su máxima disponibilidad; no obstante, se comporta bien en suelos que tienen un pH entre 4.5 y 5.5. El frijol es susceptible a los suelos salinos. Se recomienda que los suelos para el cultivo de frijol sean profundos, fértiles, preferiblemente de origen volcánico con no menos de 1,5% de materia orgánica en la capa arable y de textura liviana con no más de 40% de arcilla como los de textura franco, franco limosos y franco arcilloso ya que el buen drenaje y la aireación son fundamentales para un buen rendimiento de este cultivo. Se debe evitar sembrar en suelos ácidos, con contenidos altos en manganeso y aluminio y bajos en elementos menores (Ligarreto, 2013).

Teniendo en cuenta el habito de crecimiento del frijol arbustivo se recomienda que la distancia entre surcos debe ser menor que el de las especies volubles, la preparación del suelo se realiza generalmente de forma manual, haciendo una limpieza con machete, también puede hacerse mecanizada con tractor utilizando rastra y arado, luego se realizan los surcos con azadón (Villanueva, 2010).

6.3.3.8 Descripción de las etapas de desarrollo

El desarrollo de la planta de frijol comprende de manera general dos fases o etapas fenológicas; la vegetativa, es cuando la semilla dispone de las condiciones favorables para germinar, y culmina cuando aparecen los primeros botones foliares, en esta fase se forman las principales estructuras vegetativas necesarias para el crecimiento y producción de la planta.

La fase reproductiva se inicia con la aparición de los primeros botones o racimos foliares y termina cuando el grano alcanza el grado de madurez óptimo y necesario para la cosecha, en esta fase continúan produciéndose estructuras vegetativas (Londoño, 2011); durante el desarrollo de la fase vegetativa y reproductiva se identifican 10 etapas presentadas en el siguiente gráfico



Figura 3. Planta de frijol forrajero (*Phaseolus vulgaris*). Fuente: Autores.

6.4. Marco Legal.

El término ecológico es ratificado por la Resolución 0187 de 2006, del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, que define el “sistema de producción ecológica”, y asume los términos ecológico, orgánico o biológico, como sinónimos. En estos se incluyen todos los sistemas agrícolas que promueven la producción agropecuaria de manera sana y segura, desde el punto de vista ambiental, promoviendo una agricultura sostenible en cuento a lo social y económico. En Colombia la agroecología se encuentra como un nuevo auge, una tendencia de recuperar el medio ambiente esto viene por supuesto con distintas formas de practicar las agriculturas alternativas y que se van expresando de manera lenta y no completamente formalizado ni aceptado en consenso. Desde el punto de vista institucional el gobierno colombiano creó en 1995 el grupo de Sostenibilidad Agropecuaria y Gestión Ambiental (Acosta & Peralta, 2015)

El Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) se encarga de establecer las normas a seguir en cuanto a fertilizantes e insumos en el sector agropecuario, como entidad adscrita al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y autoridad sanitaria en el país, mediante las Resoluciones 150 de 2003, 1023 de 1997, 957 de 2008 y la NTC 5167, regula la importación, producción, comercialización y condiciones de uso de fertilizantes inorgánicos, abonos orgánicos y biofertilizantes en el país (Compes, 2009).

Norma 375 de 2004, “Es necesario establecer las normas a las cuales se debe sujetar toda persona natural o jurídica que se dedique a la importación, producción, comercialización, uso y aplicación de abonos o fertilizantes, enmiendas, acondicionadores del suelo y productos afines; industria, comercio y aplicación de plaguicidas químicos, reguladores fisiológicos, coadyuvantes de uso agrícola y productos afines; industria y comercio de bioinsumos y productos a fines”.

7. METODOLOGÍA

7.1 Área de estudio

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 (Escobar *et al.* 2012).

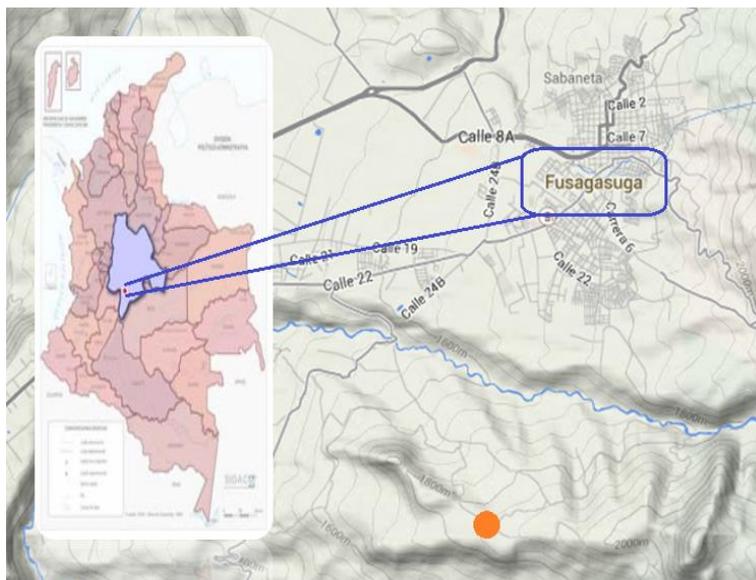


Figura 4. Ubicación del municipio de Fusagasugá dentro del cuadro azul y en el punto naranja Granja La Esperanza. Fuente: www.google.com/maps.

7.2 Recolección de residuos agropecuarios para elaboración de abonos orgánicos.

7.2.1 Tratamientos

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 cascara 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.

Los tratamientos evaluados de acuerdo a los residuos disponibles (Tabla 5), son los siguientes:

Tabla 5. Componentes utilizados para la fabricación de los tratamientos.

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).

Fuente: Autores.



Figura 5. Recolección de material orgánico y fabricación de microcomposteras. Fuente: Autores.

7.3 Fase De Laboratorio

7.3.1 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.

Utilizando la metodología de Jamioy (2011), las variables físicas y químicas evaluadas se presentan en la tabla 6.

Tabla 6. Variables Físicas y químicas del suelo.

Propiedades Químicas	Método Analítico
pH	Suspen. Ac 1:1 Potenciométrico
C.I.C (Capacidad de Intercambio Catiónico)	NH ₄ OAc - pH7
Materia Orgánica	Walkey – Black
Conductividad Eléctrica (CE)	Pasta Saturación - Electrométrico
Fosforo (P)	Bray- Kurtz II - Espectrofotométrico
Calcio (Ca)	NH ₄ OAc – Absorción Atómica
Magnesio (Mg)	NH ₄ OAc – Absorción Atómica
Sodio (Na)	NH ₄ OAc – Absorción Atómica
Potasio (P)	NH ₄ OAc – Absorción Atómica
Zinc (Zn)	Doble ácido – Absorción Atómica
Hierro (Fe)	Doble ácido – Absorción Atómica
Cobre (Cu)	Doble ácido – Absorción Atómica
Manganeso (Mn)	Doble ácido – Absorción Atómica
Boro (B)	Fosfato monocal - Espectrofotométrico
Azufre (S)	Fosfato Monocálcico - Turbidimétrico
Aluminio (Al)	KCL – Volumétrico
Saturación aluminio	-
Saturación de bases	-
Relación Ca/Mg	-
Relación (Ca+Mg)/K	-
Relación Mg/K	-
Textura	Boyucos
Arcilla	-
Limo	-
Arena	-

Fuente: Autores.

Análisis estadístico

Para el análisis de los datos, 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.

7.3.2 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.

7.3.2.1 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.

7.3.2.1.1 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.

7.3.2.1.2 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.

7.3.2.2. 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 cm³ 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 disección, bases de datos disponibles en internet (Rubio *et al.* 2009) y asesorías en la Universidad de Cundinamarca, para realizar dicho procedimiento.

Análisis estadístico

Para el análisis de los datos, 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.

Fórmula para calcular el índice de Shannon:

$$H' = -\sum_{i=1}^s (p_i) (\log_2 p_i)$$

Dónde:

S= número de especies (riqueza de especies)

P_i= proporción de individuos de la especie *i* respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie *i*), n_i/N

n_i = Número de individuos de la especie i
 N = Número de todos los individuos de todas las especies

Para la comparación entre tratamientos, se realizó un análisis de similitudes (ANOSIM), el cual es un test no paramétrico para comparación de poblaciones, y evidenciar diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos; además, permitió agrupar mediante el análisis cluster índice de Bray-Curtis del clúster, pares de tratamientos, mostrado en una matriz de p-valores. De otro lado se hizo un análisis de correspondencia simple para observar que microorganismos corresponden entre sí con los tratamientos a través del programa Past.

7.4. Análisis el efecto de los abonos en plantas forrajeras

7.4.1. Preparación de suelo

El área cultivada fue de 500 m², 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.

7.4.2 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.

7.4.3. 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; a 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.

7.4.4. 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.

7.4.5. 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.

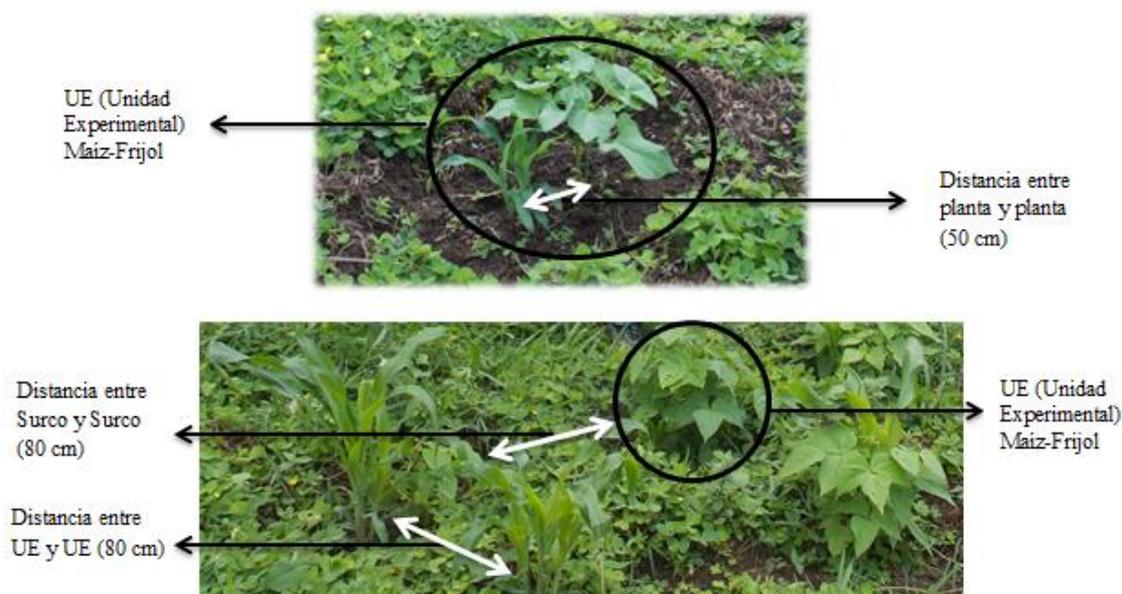


Figura 6. Unidad experimental, distancia entre planta y planta y separación entre surcos. Fuente: Autores.

7.4.6 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 muestra las variables a medir según la etapa fenológica de la planta y la toma de muestras se dividió en 4 fases.

Tabla 7. 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.

Según (Hunt, 1990) las variables de análisis de crecimiento básico y sus fórmulas son las siguientes.

- TCR: Tasa de Crecimiento Relativo, formula

$$TCR = (\ln W_2 - \ln W_1) / (T_2 - T_1),$$
 ln: logaritmo natural.
 W: peso seco
 T: Tiempo

- AF: Área Foliar, formula:

AF: Ancho x Alto.

- AFE: Área Foliar Especifica, formula:

AFE = Área foliar (cm²) / peso seco (g).

- PS: Peso seco

Análisis estadístico.

Para el análisis de los datos, se elaboraron análisis de varianza por separado para los 15, 33, 51 y 67 días después de la siembra en fríjol 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. Se realizaron regresiones polinómicas, además se realizó una MANOVA (Análisis Multivariado de Varianza) para ver que tratamiento fue el mejor, todo lo anterior se desarrolló a través del software estadístico Infostat versión 2013.

7.5 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 maneja 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.

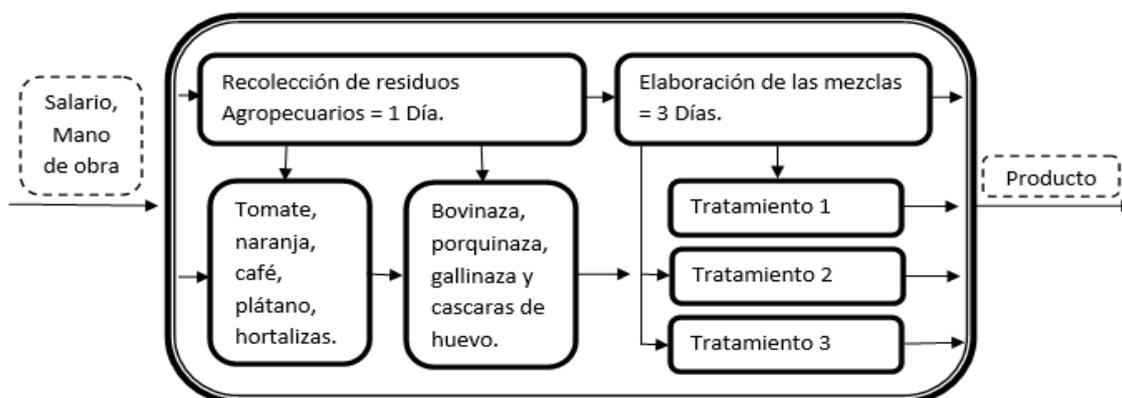


Figura 7. Diagrama de flujo de los factores que intervienen en la elaboración de los abonos orgánicos. Fuente: Autores

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8.1. Evaluación de Variables Físico-Químicas.

8.1.1. Propiedades químicas del suelo

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 8, 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.

Tabla 8. Variables químicas antes y después de la aplicación de los tratamientos.

VARIABLE	ANTES DE FERTILIZAR SI	TRATAMIENTOS						
		DESPUÉS DE FERTILIZAR						
		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

Valores menores a 0,05 indican diferencias significativas.

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 meq.100g⁻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 la H_0 con p-valor $<0,05$. 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_2O_5 : 15 % y K_2O : 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⁻¹; el A1 con un valor intermedio de 30 y en menores valores la G con 28 y el Q con 26,33 meq.100g⁻¹ 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.

8.1.2. 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).

En la tabla 9 se puede apreciar la textura obtenida antes y después de la fertilización en el terreno de estudio.

Tabla 9. Variables físicas asociadas a la textura del suelo, antes y después de la fertilización.

Tratamientos	PROPIEDADES FÍSICAS			Textura
	% Arcilla	% Limo	% Arena	
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

Fuente: Autores.

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.

8.2. Caracterización de Poblaciones Biológicas

8.2.1. Caracterización Microbiológica

En las siguientes tablas (10 y 11) se observan los resultados de análisis microbiológicos realizados a las muestras de suelo.

8.2.1.1. Identificación de Bacterias

En la tabla 10 se observan las bacterias identificadas antes y después de la fertilización con los 5 tratamientos, en la muestra de suelo que se tomó al iniciar el estudio se identificaron 6 géneros de bacterias Gram negativas *Enterobacter*, *Escherichia*, *Morganella*, *Paucimonas*, *Proteus* y *Pseudomonas*). El género más representativo, fue el de *Pseudomonas*. Se identificaron géneros de bacterias Gram positivas (*Bacillus* y *Micrococcus*). Los dos géneros fueron igual de representativos.; luego de la fertilización los resultados en la identificación de bacterias arrojaron un incremento en el número de géneros con un total de 13, *Arthrobacter*, *Staphylococcus* y *Streptomyces* (Gram positivas) *Nitrobacter* y *Nitrosomonas* (Gram negativas) fueron los nuevos géneros identificados, el tratamiento más representativo en cuanto a número de géneros identificación y abundancia de los mismos fue A2.

Según Pedraza *et al.* (2010) las bacterias del género *Pseudomonas* están relacionadas con la calidad del suelo estas bacterias han sido utilizadas como promotores del crecimiento vegetal ya que controlan microorganismos patógenos y producen compuestos antifúngicos que pueden suprimir enfermedades, este género de bacterias Gram negativas fue el más representativo en la muestra de suelo antes del abono.

El género de bacterias Gram positivas encontrada en este estudio con un crecimiento representativo en todos los tratamientos, pero más marcado en los abonos orgánicos fue *Bacillus*, este género también fue reportados por Rodríguez & Silva,(2008) en su investigación de aislamiento de bacterias nativas en el suelo de paramo, donde los géneros más relevantes en su investigación fueron los géneros *Bacillus* y *Lactobacillus*, se relacionan con la transformación de compuestos orgánicos y favorecen la nutrición de las plantas.

Tabla 10. Bacterias identificadas en las distintas muestras de suelo con los respectivos tratamientos.

BACTERIAS	Sin fertilizar		Fertilización con tratamientos			
	Suelo Inicio	Q	G	A1	A2	A3
<i>Arthrobacter</i>	-	-	+++	+	++	+++
<i>Bacillus</i>	++	+	++	+++	+++	++
<i>Enterobacter</i>	+	-	+	++	++	++
<i>Escherichia</i>	++	+	+	+	+	-
<i>Micrococcus</i>	++	-	+++	-	+	+
<i>Morganella</i>	+	-	-	++	+	+
<i>Nitrobacter</i>	-	+	++	-	-	+
<i>Nitrosomonas</i>	-	+	+	+	+++	+
<i>Paucimonas</i>	++	-	-	-	-	-
<i>Proteus</i>	++	+	-	++	++	+
<i>Pseudomonas</i>	+++	-	+	+	++	+++
<i>Staphylococcus</i>	-	-	++	-	+	+
<i>Streptomyces</i>	-	-	+++	++	++	+++

(Ausencia -), (Leve +), (Moderado ++), (Abundante +++).

Según lo reportado por Barrios *et al.* (2010) los géneros *Nitrosomonas* y *Nitrobacter* realizan el proceso de oxidación de amonio a nitrato, las cuales son más activas en condiciones aerobias. La nitrificación es controlada principalmente por la concentración de amonio y oxígeno, el cual a su vez, es moderado por la humedad del suelo, el género *Nitrosomonas* fue más abundante para el A2.

8.2.1.2. Identificación de Hongos

Para los hongos se identificaron 7 géneros (*Alternaria*, *Macrosporium*, *Moniliella*, *Rhizopus*, *Sordaria*, *Staphylotrichum* y *Thysanophora*) en el SI (Suelo Inicio). Los géneros más representativos fueron *Macrosporium*, *Staphylotrichum* y *Thysanophora* como se observa en la tabla 10; luego de la fertilización con los respectivos tratamientos se identificaron un total de 11 géneros nuevos. Entre los más representativos se encuentran *Aspergillus*, *Penicillium*, *Thysanophora*, *Zygorhynchus* cabe resaltar que estos géneros anteriormente mencionados fueron encontrados en los tratamientos orgánicos ya que el tratamiento químico presentó ausencia en la mayoría de los géneros de hongos identificados, y el que presentó mayor abundancia e identificación de hongos fue el A2 con un total de 16, 10 de ellos con crecimiento moderado y abundante.

Se identificaron un total de 18 géneros de hongos, algunos más representativos que otros según su abundancia, los hongos son una parte importante de la cadena alimenticia en el suelo, principalmente para la mesofauna que habita en el suelo. Samaniego & Chew, (2007) indica que hongos como *Phymatotrichopsis* y *Rhizopus* son Fitopatógenos, y pueden alterar el crecimiento de las plantas cuando se presentan en forma abundante en el suelo.

Según Pérez *et al.* (2010), en su trabajo de Caracterización nutricional, físicoquímica y microbiológica de tres abonos orgánicos para uso en agroecosistemas de pasturas, la densidad poblacional de hongos presenta mayores valores con abonos que contengan gallinaza, para nuestro estudio lo que afirma el anterior autor citado se pudo corroborar ya que el tratamiento G tiene abundancia en la mayoría de géneros de hongos identificados pero es superado por el A2, que también posee en sus componentes gallinaza.

Tabla 11. Hongos identificados en las distintas muestras de suelo con los respectivos tratamientos.

HONGOS	Sin fertilizar	Fertilización con tratamientos				
	Suelo Inicio	Q	G	A1	A2	A3
<i>Alternaria</i>	+	++	-	+	++	-
<i>Aspergillus</i>	-	-	-	+++	+++	+++
<i>Cephalophora</i>	-	-	+	-	++	-
<i>Cladosporium</i>	-	-	-	+	+	++
<i>Humicola</i>	-	+	++	-	++	+
<i>Macrosporium</i>	++	-	+++	++	++	-
<i>Moniliella</i>	+	++	-	-	+	++
<i>Nigrospora</i>	-	-	-	-	-	+
<i>Penicillium</i>	-	-	+++	-	+++	++
<i>Rhizopus</i>	+	-	-	++	++	+
<i>Sordaria</i>	+	-	-	++	+	-
<i>Staphylotrichum</i>	++	+	++	-	+	++
<i>Sistotrema</i>	-	-	+	-	+	++
<i>Thielavia</i>	-	+	-	-	+	+
<i>Thysanophora</i>	++	-	+++	+	++	-
<i>Trichoderma</i>	-	-	-	++	+++	+
<i>Trichurus</i>	-	-	++	-	-	-
<i>Zygorhynchus</i>	-	+	+++	+	++	++

(Ausencia -), (Leve +), (Moderado ++), (Abundante +++).

La utilización de abonos orgánicos en el suelo trae consigo mejoras en la abundancia de microorganismos presentes en este recurso, como se pudo observar en las tablas 9 y 10, los tratamientos donde se incluyeron abonos orgánicos tienen una mayor identificación de géneros de microorganismos y a su vez una mayor abundancia de estos Sánchez *et al.* (2011) reporto que los efectos de los fertilizantes orgánicos sobre los microorganismos en el suelo son controlar las poblaciones de microorganismos patógenos que se desarrollan en el suelo; incrementan la biodiversidad microbiana, lo que genera las condiciones necesarias para que los microorganismos benéficos nativos prosperen.

Para el tratamiento Q se notó una disminución en la cantidad de géneros de bacterias y hongos encontradas en las muestras de suelo, esto se pudo relacionar con lo reportado por Geisseler & Scow, (2014), quienes afirman, que el amonio es la fuente de nitrógeno preferida por las bacterias y hongos, pero dosis elevadas de urea y amonio pueden inhibir el crecimiento de los microorganismos.

8.2.1.3. Índice de Shannon.

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 12. Índice de Shannon H para cada uno de los tratamientos, incluyendo el suelo antes de fertilizar.

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.12.

8.2.1.4. ANOSIM entre tratamientos

En la tabla 13, análisis de similaridad se observa que el A2 posee diferencias significativas con los demás tratamientos excepto el A3, esto tal vez se deba a que obtuvo mayor abundancia y diversidad de comunidades microbianas, también se observa que el tratamiento Q difiere con los tratamientos que obtuvieron el mayor índice de biodiversidad y la mayor abundancia (A1 y A3).

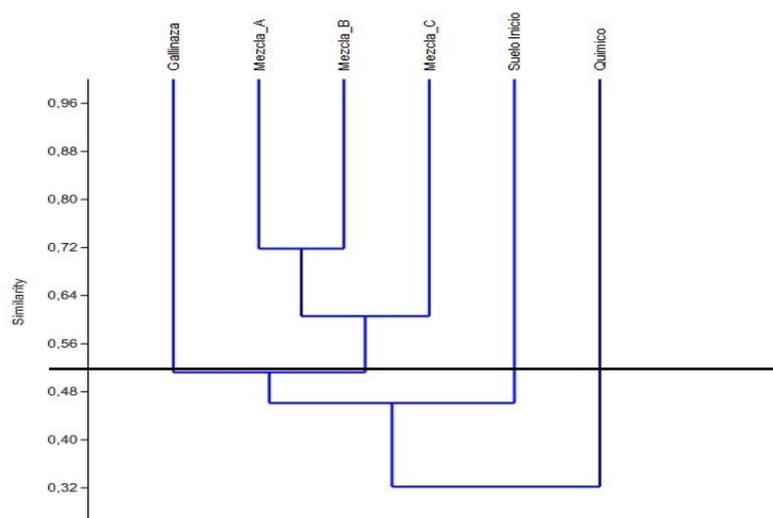
Tabla 13. Análisis de Similaridad (ANOSIM) entre tratamientos.

	QUIMICO	GALLINAZA	ABONO 1	ABONO 2	ABONO 3	SUELO INICIO
QUIMICO		0,0437	0,1029	0,0002	0,0024	0,3032
GALLINAZA	0,0437		0,6053	0,0247	0,2717	0,2967
ABONO 1	0,1029	0,6053		0,0135	0,3219	0,6316
ABONO 2	0,0002	0,0247	0,0135		0,3427	0,0029
ABONO 3	0,0024	0,2717	0,3219	0,3427		0,0629
SUELO INICIO	0,3032	0,2967	0,6316	0,0029	0,0629	

**Valores menores a 0,05 indican diferencias significativas estadísticamente.

Según Loja & Méndez, (2015), las poblaciones tanto de bacterias como de hongos cuando se fertilizó con enmiendas orgánicas (Bokashi, estiércol, compost) aumentaron en relación a la fertilización mineral, aunque no existió diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos orgánicos y el tratamiento mineral en cuanto a poblaciones microbianas.

8.2.1.5. Dendograma para las comunidades microbianas en los diferentes tratamientos.

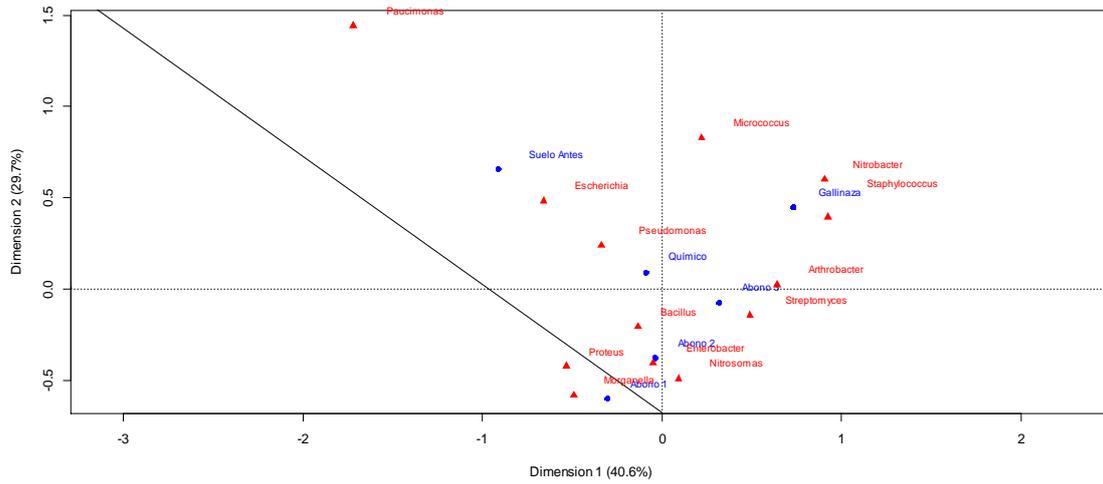


Gráfica 1. Dendograma (clúster) de similitud de Bray-Curtis del 0.5 para las comunidades microbianas en los diferentes tratamientos.

Los resultados que se observan en el Dendrograma se ven reflejados en los siguientes grupos:

El primero donde se encuentra la gallinaza, el segundo formado por (Mezcla A, Mezcla B Mezcla C, estos corresponden al abono 1, abono 2 y abono 3 respectivamente.), el tercero el suelo antes de la fertilización y el cuarto grupo el tratamiento químico. El hecho de que se relacionen los abonos orgánicos se puede deber a los resultados obtenidos en el índice de diversidad y las tablas de abundancia.

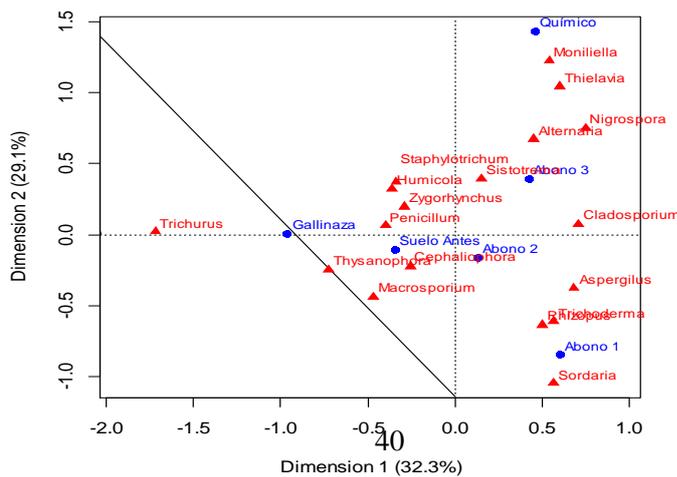
8.2.1.6. Análisis de correspondencia para comunidades microbianas.



Gráfica 2. Análisis de correspondencia simple entre tratamientos y géneros de bacterias.

En el análisis de correspondencia se observan los microorganismos que corresponde entre sí a cada tratamiento. En el caso de G podemos ver que *Micrococcus*, *Staphylococcus* y *Nitrobacter* le corresponden a este tratamiento, resultados similares fueron reportados por Escobar *et al.* (2012), donde géneros como *Micrococcus* obtuvieron un crecimiento abundante en el sustrato gallinaza. Para los abonos orgánicos se encontraron géneros de bacterias como *Enterobacter*, *Bacillus*, *Arthrobacter*, Arrieta *et al.* (2010) ha identificado que las bacterias del genero *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Enterobacter* poseen la capacidad necesaria para transformar los hidrocarburos presentes en un suelo contaminado en componentes naturales que no afecten la salud del suelo, para Q y el suelo inicial fueron correspondientes los *Pseudomonas* y *Escherichia*.

En estudios realizados por Saldaña *et al.* (2014) & Useche *et al.* (2004) afirman que al utilizar abonos orgánicos el contenido de materia orgánica en el suelo aumenta, a su vez aumentan la densidad poblacional de bacterias solubilizadoras de fosfatos (*Pseudomonas*, *Enterobacter*) liberando fósforo inorgánico y otras formas solubles para que las plantas las utilicen optimizando así el reciclaje de nutrientes en el suelo.



Gráfica 3. Análisis de correspondencia simple entre tratamientos y géneros de hongos.

El análisis de correspondencia para los hongos podemos observar algunos detalles en cuanto a que géneros de bacterias están más relacionados con los diferentes tratamientos, encontramos que para el tratamiento químico *Moniliella*, *Thielavia*, *Nigrospora*, *Alternaria*. *Moniliella* ha sido reportada como hongo solubilizador de fosfato Useche *et al.* (2004).

Nigrospora, *Alternaria* son especies distribuidas en el suelo asociadas al deterioro de la planta y semillas su crecimiento se favorece cuando no se manejan los residuos de cosecha y estos se convierten en material descompuesto convirtiéndose en un ambiente propicio para el crecimiento de estos géneros de hongos (Arenas *et al.* 2013).

Para el tratamiento G encontramos una afinidad del genero *Trichurus*, fue reportado por (Acosta & Peralta, 2015) en un compost maduro de una mezcla que contenía Porquinaza. El resto de tratamientos compartieron la mayoría de los géneros que se observan en el análisis de correspondencia, para resaltar géneros de hongos saprobios *Humicola* y *Penicillium* reportados por Heredia & Arias, (2008) obtienen sus nutrimentos a partir de materiales orgánicos inertes como restos vegetales y animales. Junto con las bacterias y la macrofauna, los hongos saprobios participan en la descomposición de la materia orgánica. Mediante este proceso, además de aportar importantes cantidades de CO₂ a la atmósfera y eliminar los desechos de los ecosistemas, promueven el reciclaje de elementos esenciales para el crecimiento de las plantas mediante la liberación de moléculas al suelo que serán absorbidas por las raíces e incorporadas al metabolismo vegetal.

Según Useche *et al.* (2004) & Saldaña *et al.* (2014) Reportaron que al utilizar abonos orgánicos la colonización de hongos en el suelo aumento en un 12 % mejorando la disponibilidad de P para las plantas, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Moniliella* fueron hongos solubilizadoras de fosfato reportados en los estudios.

8.2.2. Entomología

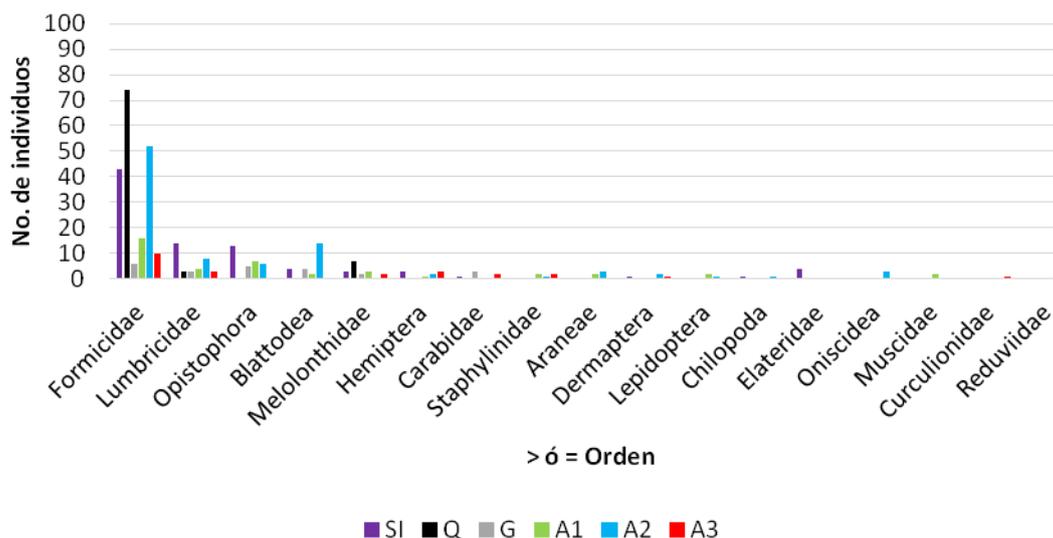
La entomología tiene una gran importancia en el equilibrio de los agroecosistemas, participando en la transformación de los residuos agropecuarios en elementos que son fácilmente asimilables por las plantas; en ella, se encuentra clasificada la meso y macrofauna. La mesofauna corresponde a organismos que tienen un tamaño menor a 2 mm, habitan parte o tiempo completo dentro del suelo y contribuyen en la fragmentación de la materia orgánica, por ejemplo los colémbolos. La macrofauna hace referencia a los individuos que tienen un tamaño superior a 2 mm y su importancia radica en la formación de poros en el suelo, por ejemplo las hormigas (Cabrera, 2012).

8.2.2.1. Abundancia y diversidad de la meso y macrofauna edáfica

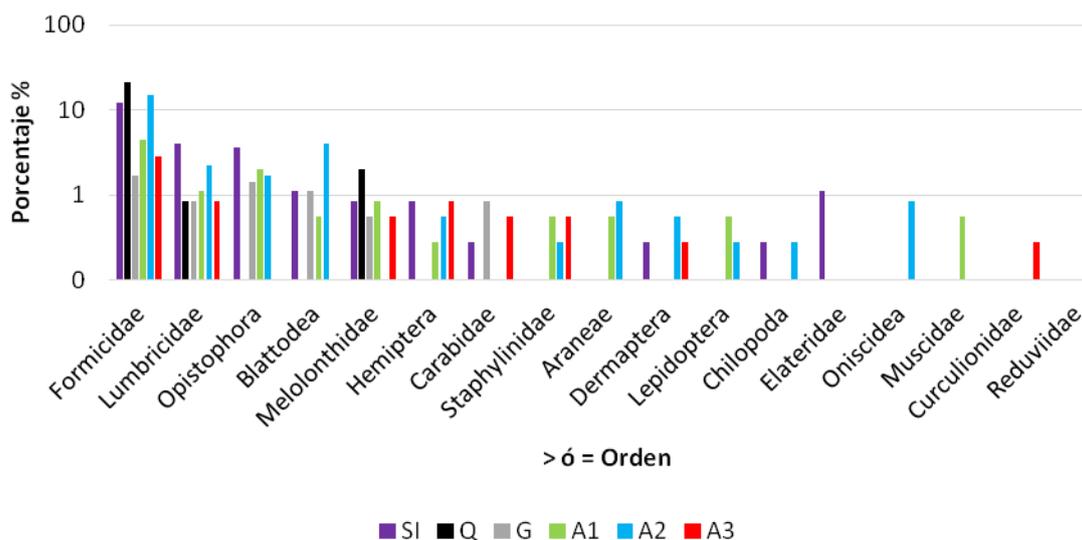
Cuando se quiere determinar la abundancia que es número total de individuos de una población se aplican cálculos con los cuales se procede a analizar el conjunto de especies, la dominancia y su relación con el entorno (Abundancia Absoluta y la Abundancia Relativa) (Golicher, 2012).

En las gráficas 4 y 5, el análisis de la información disponible de las muestras de tierra antes y después de la fertilización, corrobora un aumento en el total de ejemplares colectados, tanto en el tratamiento químico con 74 individuos que representa el 20,9 % de la entomofauna seguido por el abono 2 con 52 ejemplares con una proporción del 14,7 % siendo la familia *Formicidae* (hormigas), la más representativa en cuanto al número de ejemplares de las muestras de tierra. Las especies menos abundantes se encuentran en la familia *Curculionidae* (Picudo del maíz); con 1 ejemplar en el abono 3 representando el 0,2 % y la familia *Reduviidae* (Chinche asesino) también con 1 ejemplar en el abono 2 con el 0,2 % y un 0% para el resto de tratamientos. Entre

los valores intermedios La gran mayoría de individuos no alcanzo el 1% de individuos colectados.



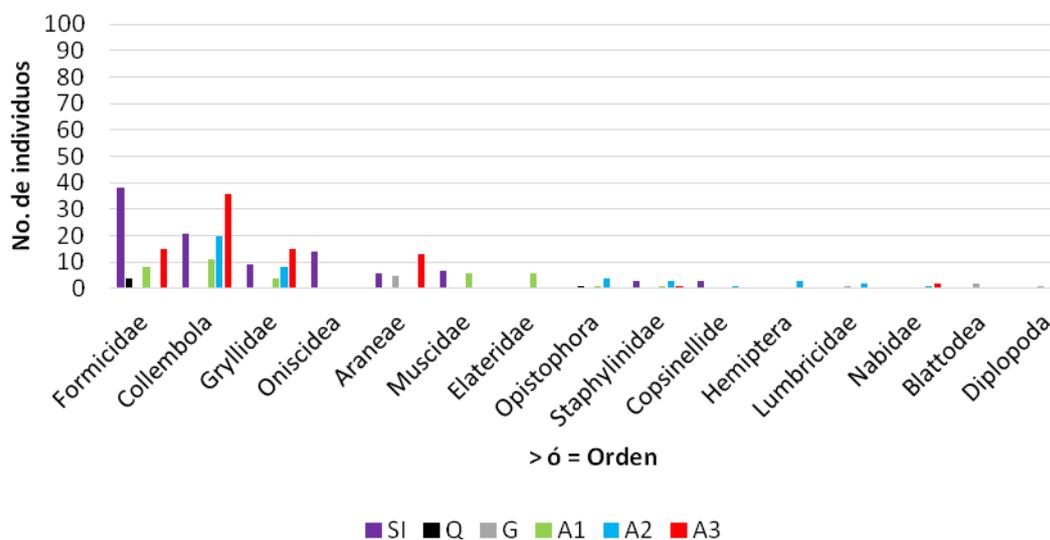
Gráfica 4. Abundancia absoluta de organismos en muestras de suelo antes y después de la fertilización.



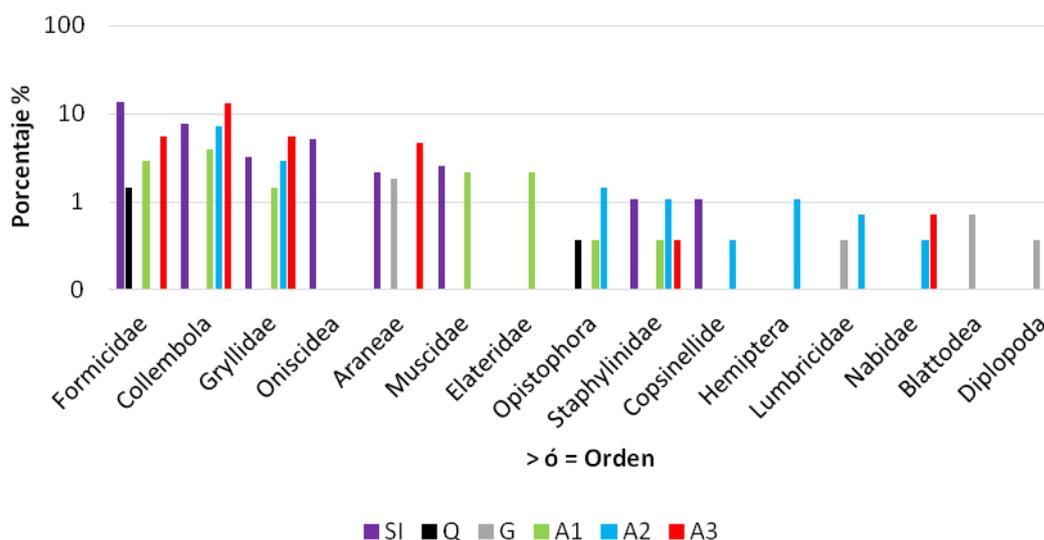
Gráfica 5. Abundancia relativa de organismos en muestras de tierra antes y después de la fertilización.

En el estudio de Darrigran *et al.* (2007) & Sanabria *et al.* (2014), las hormigas son bioindicadores del diagnóstico del suelo ya que cualquier modificación en el medio podría alterar su abundancia, mientras haya más fuentes de alimento mayor será su población. Cuando las colonias se establecen, mejoran la estructura del suelo con la construcción de sus nidos y controlan las poblaciones de otros insectos. La abundancia de hormigas en el A2 se debe posiblemente al aumento de materia orgánica ya que los compuestos orgánicos de los residuos agropecuarios son una fuente de alimento para diferentes tipos de organismos y a su vez fuente de alimento para las hormigas promoviendo mayor diversidad y abundancia. En el caso del fertilizante químico se observó, que el terreno presentaba gran número de colonias de hormigas, de manera que la muestra recogida pudo haber sido tomada cerca de una de estas, siendo esto una posible causa de dicha cantidad.

En las trampas con respecto a la abundancia absoluta y relativa de los diferentes órdenes hallados antes y después de la fertilización (graficas 6 y 7), debe resaltarse de nuevo la mayor abundancia en hormigas fue antes de fertilizar, con 38 individuos que representan el 13,7 % de la entomofauna capturada, seguido por el A3 con el orden *Collembola* (colémbolos) con 36 ejemplares y proporción del 13 %,y en menores valores se encuentra la clase *Diplopoda* (milpiés) con 1 ejemplar representando el 0,3 % y un 0% para el resto de tratamientos. La mayoría de tratamientos no superó el 1% del total de individuos colectados.



Grafica 6. Abundancia absoluta de organismos en trampas antes y después de la fertilización.



Grafica 7. Abundancia relativa de organismos en trampas antes y después de la fertilización.

La abundancia de hormigas antes de fertilizar posiblemente fue por la dominancia de esta especie en el área de estudio ya que se encontraba numerosas colonias establecidas allí, y el vaso de recolección pudo ubicarse muy cerca de una de ellas, logrando un valor superior en la abundancia, sin embargo, la segunda especie más abundante fue el colémbolo ya que la concentración de dicha especie son las más predominantes del grupo de la mesofauna y su presencia o ausencia podría estar regulada por depredadores, calidad y cantidad de alimento. De acuerdo a Wang *et al.* (2015), se muestra que la aplicación de los abonos orgánicos puede aumentar la población de colémbolos en un 34,2% a diferencia del Q y la G que obtuvieron 0 individuos = 0%. En algunas trampas se registraron individuos de la familia *Opisthophora*

(lombriz nativa) y *Lumbricidae* (lombriz roja californiana), ya que al momento de ubicar las trampas se hizo por debajo del nivel de suelo registrando este tipo de organismos, importantes en el mejoramiento de las propiedades físicas del suelo.

8.2.2.2. Riqueza de la meso y macrofauna edáfica

Riqueza es el número de especies que hay en cada tratamiento en el área de estudio y esto se ve reflejado por la variedad de organismos. En la tabla 14 se puede observar la presencia de diversos ejemplares encontrados en las muestras de tierra antes de la fertilización, arrojando 10 tipos de organismos pertenecientes a diversas taxas (máximo hasta orden). Después de la fertilización el A2 tiene el mayor número de taxones con 12 especies, le sigue el A1 con 10 y con menores valores se encuentra el abono orgánico comercial con 6 y el químico con 3 taxones.

Tabla 14. Riqueza de meso y macrofauna en muestras de suelo antes y después de la fertilización con abonos orgánicos (abonos 1, 2,3), gallinaza y químico.

ORGANISMOS	Antes de Fertilizar			Después de Fertilizar		
	SI	Q	G	A1	A2	A3
<i>Formicidae</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Lumbricidae</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Opisthophora</i>	+	-	+	+	+	-
<i>Blattodea</i>	+	-	+	+	+	-
<i>Melolonthidae</i>	+	+	+	+	-	+
<i>Hemiptera</i>	+	-	-	+	+	+
<i>Carabidae</i>	+	-	+	-	-	+
<i>Staphylinidae</i>	-	-	-	+	+	+
<i>Araneae</i>	-	-	-	+	+	-
<i>Dermaptera</i>	+	-	-	-	+	+
<i>Lepidoptera</i>	-	-	-	+	+	-
<i>Chilopoda</i>	+	-	-	-	+	-
<i>Elateridae</i>	+	-	-	-	-	-
<i>Oniscidea</i>	-	-	-	-	+	-
<i>Muscidae</i>	-	-	-	+	-	-
<i>Curculionidae</i>	-	-	-	-	-	+
<i>Reduviidae</i>	-	-	-	-	+	-

Presencia = + Ausencia = -

De acuerdo con la riqueza de especies en las muestras de suelo, el valor superior lo obtuvo el A2, demostrando una mayor riqueza de especies en comparación con el abono orgánico comercial, antes de fertilizar y el Q. Esto pudo haber sido por las mezclas de residuos orgánicos que contenía cada abono, ofreciendo diferentes materiales tanto animales como vegetales para la permanencia de diversos organismos y con ellos la aparición de depredadores como los taxones: *Staphylinidae*, *Aranae* y *Rudividae* para los abonos orgánicos. Según Magdoff (1997) el agroecosistema debe crear condiciones favorables del cultivo y el suelo para promover la riqueza de organismos, ya que una meso y macrofauna edáfica diversa, controla los insectos plaga y proporciona buenos indicadores de fertilidad. En el caso del Q no representa mayor riqueza de especies, ya que contiene muy pocos grupos taxonómicos, puede ser que sean más asimilables los componentes químicos para las plantas pero no hay compuestos orgánicos que los pequeños organismos puedan degradar (meso y macrofauna) por eso su riqueza es poca. La misma situación la representa la gallinaza en cantidad de taxones, tal vez por ser un sustrato

poco atractivo para las especies de macroinvertebrados al contener solamente gallinaza en comparación con los demás tratamientos orgánicos (Hattenschwiler *et al.* 2005).

En la tabla 15 con respecto a la riqueza de grupos taxonómicos capturadas en las trampas, el mayor valor fue representado por el A2 y suelo inicio logrando 8 especies en cada tratamiento, seguido del A1 con 7, la G con 4 y en el último lugar el Q con 3 taxones. Sucede algo similar a los resultados de las muestras de tierra pero con dos valores superiores. Esto pudo ser por que antes de la fertilización no había ninguna modificación del terreno (fertilización con diversos tipos de abonos y cultivos) no se generaba ningún tipo de perturbación logrando buenos resultados en riqueza y en el caso del número de taxones del A2 se indica que los abonos orgánicos promueven la riqueza de especies, como es el caso de la taxa *Nabidae* la cual tiene presencia en el A2 y A3 diferenciándolo de los demás tratamientos.

Tabla 15. Riqueza de meso y macrofauna en trampas antes y después de la fertilización con abonos orgánicos (abonos 1, 2,3), gallinaza y químico.

Organismos	Antes de Fertilizar		Después de Fertilizar			
	SI	Q	G	A1	A2	A3
<i>Formicidae</i>	+	+	-	+	-	+
<i>Collembola</i>	+	-	-	+	+	+
<i>Gryllidae</i>	+	-	-	+	+	+
<i>Oniscidea</i>	+	-	-	-	-	-
<i>Araneae</i>	+	-	+	-	-	+
<i>Muscidae</i>	+	-	-	+	-	-
<i>Elateridae</i>	-	-	-	+	-	-
<i>Opisthophora</i>	-	+	-	+	+	-
<i>Staphylinidae</i>	+	-	-	+	+	+
<i>Copsinellide</i>	+	-	-	-	+	-
<i>Hemiptera</i>	-	-	-	-	+	-
<i>Lumbricidae</i>	-	-	+	-	+	-
<i>Nabidae</i>	-	-	-	-	+	+
<i>Blattodea</i>	-	-	+	-	-	-
<i>Diplopoda</i>	-	-	+	-	-	-

Presencia = + Ausencia = -

El uso adecuado de los abonos orgánicos incentiva la aparición de nuevas especies, con buenas practicas, mejora el manejo de plagas e incentiva la presencia de enemigos naturales a diferencia de su contraparte química, la cual puede tener riesgos colaterales como eliminación de especies no deseadas por actividades antrópicas, por contaminación de fertilizantes industriales y esto origina una grave consecuencia para los ciclos biogeoquímicos. Estudios similares a los de Hattenschwiler *et al.* (2005) encontraron que la macrofauna se alimenta de ciertos tipos de abono y son muy sensibles a los cambios en calidad, incluso dentro de una especie. También hubo una mayor diversidad de microhábitats y riqueza de especies asociadas en la hojarasca mixta que en tres tipos de monocultivo.

8.2.2.3. Índice de Shannon en muestras de suelo

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 16. Índice de Shannon en muestras de suelo, para meso y macrofauna con los diferentes tratamientos.

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.

8.2.2.4. Índice de Shannon en trampas.

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 17. Índice de Shannon en trampas, con los diferentes tratamientos.

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.

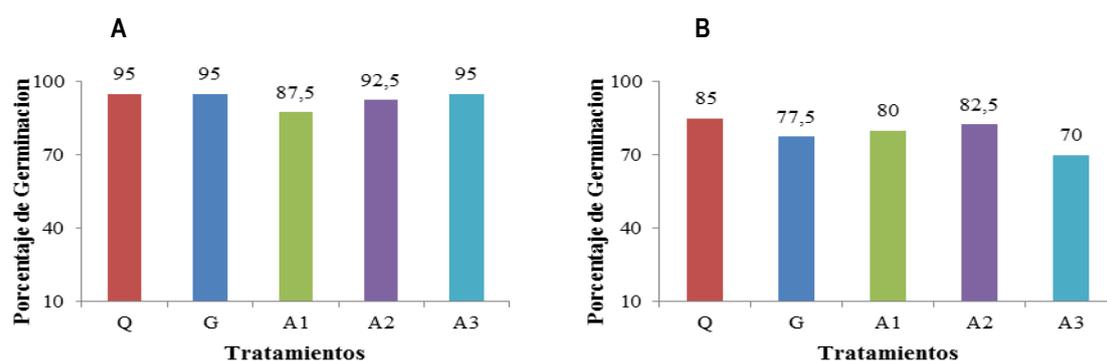
Se tienen valores de 0 en H por la reducida presencia de especies por tratamiento, En general los valores de H' indican poca diversidad de especies. Las condiciones medioambientales, calidad de los abonos y la composición de la comunidad de la entomofauna son tres factores de vital relevancia que controlan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

8.3. Resultados plantas forrajeras.

A continuación se muestran los resultados de efecto de los tratamientos en la producción de las plantas forrajeras con respecto a indicadores de productividad.

8.3.1. Porcentaje de Germinación.

En la gráfica 8 se observa el peso seco de las dos especies de plantas en los días que se efectuó la recolección de datos. Los tratamientos Q, G, A3 fueron los que obtuvieron mayor porcentaje de germinación (95%), el tratamiento A1 (Abono 1) presentó el menor porcentaje (87.5%) para el frijol. El tratamiento G para el maíz obtuvo el mayor porcentaje de germinación (85%), A3 presentó el menor valor de germinación (70%).



Grafica 8. Porcentaje de germinación para las dos especies de plantas utilizadas en el cultivo A. Frijol B. Maíz con cada uno de los tratamientos.

Los principales factores que influyen en la germinación de las semillas es que tengan condiciones favorables agua, luz, oxígeno y temperatura, deber ser una semilla viable sin presencia de patógenos, libre de dormancia, latencia o letargo. (Cepeda & Pardo, 2011) reportan en su estudio el efecto de abonos orgánicos sobre el crecimiento de plantas forrajeras, el mayor porcentaje de germinación lo obtuvo la mezcla que contenía banano 90% para el frijol y 65 % para el maíz, frijol , la mezcla que contenía bovinaza y gallinaza no supero el 65% de germinación en frijol y 50% en el maíz, indican que las bacterias que se encuentran en el abono orgánico que posee banano cumplen la función de ayudar a sintetizar sustancias que ayuden al crecimiento de las raíces y que son útiles para la degradación de la materia orgánica controlando la acción de los gases dañinos, (Méndez *et al.* 2008) en su estudio sobre la germinación y vigor de semillas de maíz, frijol y algodón encontró que cuando las semillas poseen un porcentaje de aceite elevado como en la de algodón (16% aceite) pierde muy rápidamente la germinación, las semillas de frijol y maíz no llegan al 5% de aceite.

8.3.2. Peso seco

Tabla 18. Valores P del análisis de varianza para el peso seco de las plantas de frijól, en la evaluación de tratamientos.

Fuente de variación	DDS							
	Gl	15		33		51		67
Tratamiento	4	0,0340	*	0,2269		0,2840		0,1456
Químico resto	1	0,0039	**	0,2923		0,6847		0,2138
Gallinaza A1-A2-A3	1	0,8058		0,9387		0,4222		0,7211
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 18, 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 15DDS, 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.

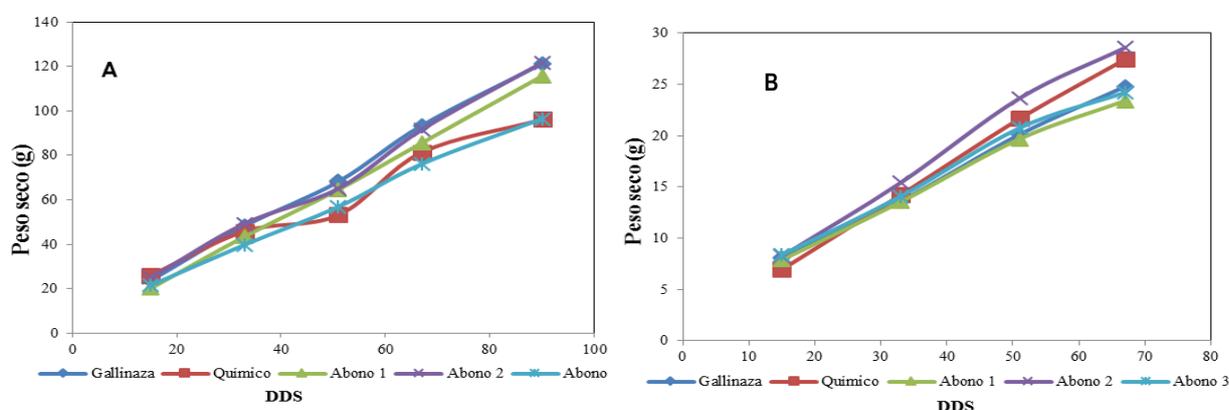
Tabla 19. Valores P del análisis de varianza para el peso seco de las plantas de maíz, en la evaluación de tratamientos.

Fuente de variación	DDS										
	GI	15		33		51		67		90	
Tratamiento	4	0,0046	**	0,1533		0,0386	*	0,0075	*	<0,0001	**
Químico resto	1	0,0050	**	0,8231		0,0148	*	0,1008		0,0001	**
Gallinaza A1-A2-A3	1	0,1295		0,2078		0,1254		0,0165	*	0,0038	**
Error muestreo	2										
Error experimental	8										

** , * Diferencia significativa, según la prueba de Tukey $P < 0,01$ y $P < 0,05$ respectivamente
GI: Grados de libertad

En la tabla 19, 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.

Se observa en la gráfica 9 A, que el tratamiento Q a los 15 DDS presentó una mayor media que el resto de tratamientos pero luego de la segunda fertilización se vio superado por los demás tratamientos en especial por el abono 2 y la gallinaza. Para el cultivo de frijol el mejor tratamiento fue el A2 el cual presentó una mayor media seguido de tratamiento Q, a los 67 DDS no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. El peso seco aumentó progresivamente según la etapa fenológica de la planta para la finalización del cultivo el mayor valor de peso seco lo obtuvo el tratamiento A2 con 121g para el maíz, y para el frijol también el A2 con un peso seco de 28.5. Resultados similares en el cultivo de maíz reportó (Soplin *et al.* 1993) donde a los 20 y 40 DDS el incremento del peso seco fue lineal y de este punto hasta los 80 DDS se registró el mayor incremento. Para el cultivo de frijol un estudio que realizaron (Maldonado & Corchuelo, 1993) sobre la dinámica de crecimiento del frijol, los tallos y las hojas de las plantas tenían una tendencia creciente del peso seco a través del tiempo, la duración del cultivo en este estudio fue de 78, para el nuestro fueron 67.



Gráfica 9. Tendencia del peso seco para plantas de A. Maíz B. Frijol, en la evaluación de los diferentes tratamientos.

Según (Soplin *et al.* 1993; Maldonado & Corchuelo, 1993; Banzinger *et al.* 1997) a medida que la planta crece, el tallo representa una mayor proporción del peso seco y la planta se vuelve más fibrosa, aparecen los carbohidratos estructurales como las ligninas y las hemicelulosas con un contenido de humedad más bajo, en cualquier etapa del crecimiento, el ambiente puede alterar el porcentaje de materia seca en el cultivo. Si la planta está sometida a una fuerte demanda evaporativa.

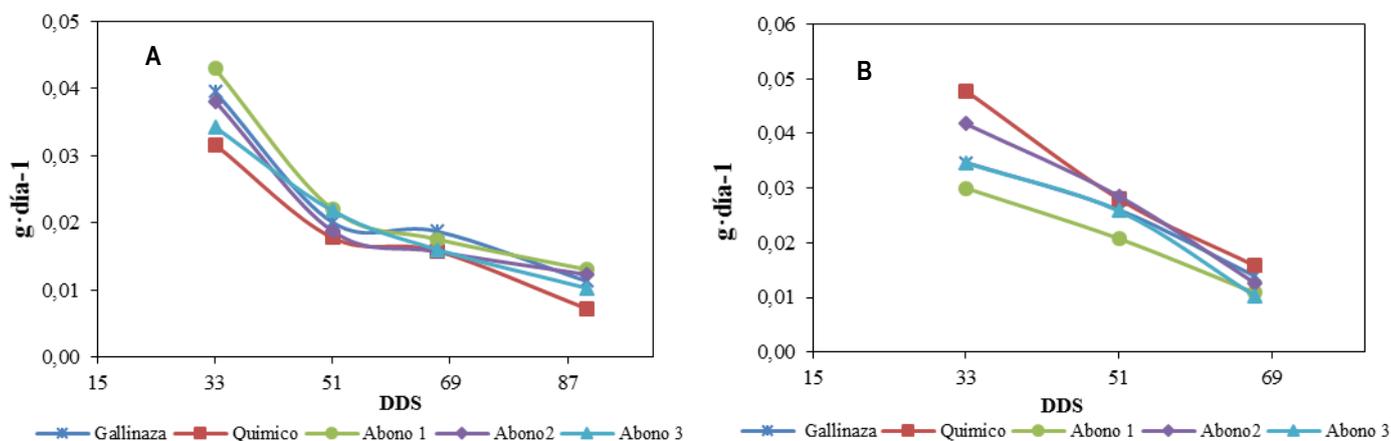
Tabla 20. Ecuaciones de ajuste para las líneas de tendencia de peso seco en el tiempo, en la evaluación de los distintos tratamientos, tanto para maíz como para Frijol.

Tratamiento	Variable	Maíz	R ²	Frijol	R ²
Gallinaza	Peso seco	$y = 0,0001x^2 + 1,2922x + 4,3497$	0,9981	$y = -0,0001x^2 + 0,3363x + 2,9622$	0,9985
Químico	Peso seco	$y = 0,0002x^2 + 0,9358x + 12,042$	0,9704	$y = -0,0006x^2 + 0,4415x + 0,3836$	0,9998
Abono 1	Peso seco	$y = 0,0006x^2 + 1,2049x + 2,1518$	0,9998	$y = -0,0011x^2 + 0,3912x + 2,137$	0,9980
Abono 2	Peso seco	$y = 0,0022x^2 + 1,0533x + 9,2773$	0,9955	$y = -0,0012x^2 + 0,4932x + 0,9169$	0,9972
Abono 3	Peso seco	$y = -0,0005x^2 + 1,0655x + 5,265$	0,9984	$y = -0,0013x^2 + 0,4181x + 2,2162$	0,9954

El modelo que mejor se ajustó para todos los tratamientos fue polinómico de segundo orden ($Y=cx^2 \pm bx \pm a$) donde Y es la variable dependiente, es decir el peso seco, y X es la variable independiente (DDS), en cuanto al R² en todos los tratamientos es alto, tanto para maíz como para frijol lo cual significa que el modelo explica en un alto grado de variabilidad los parámetros evaluados.

8.3.3. Tasa de crecimiento Relativo (TCR)

La tasa de crecimiento relativo expresa el crecimiento en términos de incremento de materia seca de la planta sobre peso seco existente por unida de tiempo, la tendencia de la TCR para Maíz y Frijol fue decreciente como se observa en la gráfica 10.



Gráfica 10. 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 g.día⁻¹) y al finalizar el periodo de evaluación 90 DDS (0,012 g.día⁻¹).

El frijol por su parte mostro mejores en TCR resultados con el tratamiento Q, (0,047 g.día⁻¹) a los 33 DDS, (0,015 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 g.día⁻¹) a los 29 DDS.

Tabla 21. Ecuaciones de ajuste para las líneas de tendencia de tasa de crecimiento relativo en el tiempo, en la evaluación de los distintos tratamientos, tanto para maíz como para frijol.

Tratamiento	Variable	Maíz	R ²	Frijol	R ²
Gallinaza	TCR	$y = 9E-06x^2 - 0.0016x + 0.0807$	0,9427	$y = -8E-06x^2 + 0.0002x + 0.037$	1,000
Químico	TCR	$y = 5E-06x^2 - 0.001x + 0.0577$	0,9581	$y = 1E-05x^2 - 0.0019x + 0.1006$	1,000
Abono 1	TCR	$y = 1E-05x^2 - 0.002x + 0.0955$	0,9783	$y = -3E-06x^2 - 0.0002x + 0.0417$	1,000
Abono 2	TCR	$y = 1E-05x^2 - 0.0017x + 0.0818$	0,9415	$y = -8E-06x^2 - 1E-04x + 0.0533$	1,000
Abono 3	TCR	$y = 6E-06x^2 - 0.0011x + 0.065$	0,997	$y = -1E-05x^2 + 0.0007x + 0.0269$	1,000

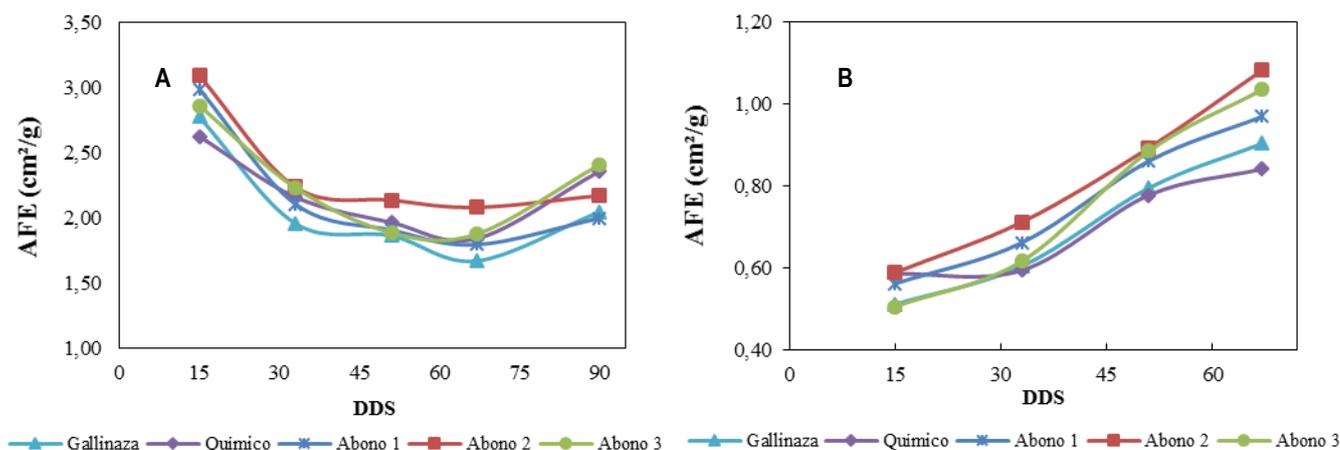
El modelo que mejor se ajustó para todos los tratamientos fue polinómico de segundo orden ($Y=cx^2 \pm bx \pm a$) donde Y es la variable, es decir la Tasa de Crecimiento Relativo, y X es la variable independiente (DDS).

8.3.4. Área Foliar Especifica (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 cm²/g) este se mantuvo como el mejor hasta los 67 DDS (2,08 cm²/g), siendo superado por el A3 a los 90 DDS (2,41 cm²/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 cm²/g) a los 15 DDS y (1,04 cm²/g) 67 DDS.



Gráfica 11. Tendencia del Área Foliar Específica (AFE) para plantas de A. maíz B. Frijol, en la evaluación de los distintos tratamientos.

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 las variables de crecimiento pero no modifica el área foliar por unidad de masa, es decir, el área foliar específica. 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.

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

Tabla 22. Ecuaciones de ajuste para las líneas de tendencia Área Foliar Específica en el tiempo, en la evaluación de los distintos tratamientos, tanto para maíz como para Frijol.

Tratamiento	Variable	Maíz	R ²	Fríjol	R ²
Gallinaza	AFE	$y = 0.0005x^2 - 0.0585x + 3.5038$	0.9535	$y = 3E-05x^2 + 0.0056x + 0.414$	0.9864
Químico	AFE	$y = 0.0004x^2 - 0.0482x + 3.276$	0.9686	$y = 6E-05x^2 + 0.0006x + 0.5502$	0.9235
Abono 1	AFE	$y = 0.0005x^2 - 0.0609x + 3.744$	0.9701	$y = 2E-05x^2 + 0.0063x + 0.4541$	0.9856
Abono 2	AFE	$y = 0.0004x^2 - 0.0519x + 3.7039$	0.9258	$y = 7E-05x^2 + 0.0037x + 0.5168$	0.9998
Abono 3	AFE	$y = 0.0005x^2 - 0.0632x + 3.703$	0.9979	$y = 5E-05x^2 + 0.0062x + 0.3887$	0.9824

El modelo que mejor se ajustó para todos los tratamientos fue polinómico de segundo orden ($Y=cx^2 \pm bx \pm a$) donde Y es la variable, es decir el área Foliar Efectiva, y X es la variable independiente (DDS).

8.3.5. Rendimiento de las plantas.

En la tabla 23 se muestra la MANOVA para el cultivo de frijol, observamos que existen diferencias significativas (0,0154), ($P < 0,05$). La prueba de comparación de Hotelling nos arroja que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, para el número de vainas y número de granos siendo el mejor tratamiento A2 seguido del A1.

Tabla 23. Análisis multivariado de varianza de los tratamientos para el cultivo de Frijol.

Cuadro de Análisis de la VARIANZA (Roy)						
Fuente de Variación	Estadístico	F	gl (num)	gl (den)	p	
Tratamiento	0,09	3,17	4	161	0,0154	
Prueba Hotelling Alfa=0,05						
<i>Error: Matriz de covarianzas común gl: 161</i>						
Tratamiento	N Vainas	N Granos	n			
A3	5,38	2,94	34	A	B	C
Q	5,42	2,85	35	A		C
G	5,17	2,69	33	A		
A1	6,47	3,13	30		B	C
A2	6,00	3,5	34		B	

Letras distintas indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

(Jacome, 2011) Reporto en su estudio sobre Fertilización orgánica y mineral en el cultivo de frijol, que cuando se utilizó el tratamiento de fertilización orgánica+ inorgánica dio como resultado un mayor número de vainas, esto lo atribuye a que el fósforo es uno de los macroelementos fundamentales para que los gineceos se transformen y desarrollen en vainas normales con un alto número de semillas y en ese tratamiento estaba en una alta concentración, en nuestro trabajo el que mejor concentraciones de fosforo fue en A3. Según (Cepeda & Pardo, 2011) al aplicar abonos orgánicos como fertilizante aumenta el rendimiento y el peso de las vainas, al mejorar la biodiversidad microbiológica aumentando los hongos endomicorrizogenos arbusculares los cuales pueden aumentar los nutrientes disponibles para la planta realizando una simbiosis con esta.

Tabla 24. Análisis multivariado de varianza de los tratamientos para el cultivo de maíz.

Cuadro de Análisis de la VARIANZA (Roy)						
Fuente de Variación	Estadístico	F	gl (num)	gl (den)	p	
Tratamiento	0,09	2,37	4	102	0,0576	
Prueba Hotelling Alfa=0,05						
<i>Error: Matriz de covarianzas común gl: 102</i>						
Tratamiento	Peso Mazorca	Peso Ameros	N Granos	N		
A3	134,22	71,33	247,44	18	A	B
A1	146,25	77,92	278,88	24	A	B
Q	146,52	77,09	273,87	23	A	B
G	128,13	58,26	278,96	23	A	
A2	189,53	101,37	337,47	19		B

Letras distintas indican diferencias significativas ($P < 0,05$)

En la tabla 24 se muestra la MANOVA para el cultivo de maíz, se observa que no existen diferencias significativas (0,0576), ($P > 0,05$). La prueba de comparación de Hotelling nos arroja que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, siendo el mejor tratamiento el A2 para las variables de Peso mazorca, Peso ameros y Número de granos.

En el estudio de Doan *et al.* (2013) se evaluó el crecimiento y el rendimiento de plantas de maíz bajo invernadero fertilizadas con compost, humus de lombriz y fertilizante mineral, en el estudio todos los tratamientos en cuanto al rendimiento fueron similares siendo el mejor el fertilizante mineral, a su vez Cepeda & Pardo, (2011) indican que el mejor rendimiento para el maíz lo obtuvo la mezcla 3 (Bovinaza + gallinaza) y lo adjudicaron a que son fertilizantes orgánicos relativamente concentrados y de rápida acción, y que sus nutrientes se encuentran en compuestos asimilables por la planta, el periodo transcurrido desde su aplicación hasta la floración del cultivo, es tiempo suficiente para que se produzca una mineralización y por consiguiente una aportación de nutrimentos que puede coincidir con el periodo de mayor demanda de nutrientes.

8.4. 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 25. Comparación de los costos por tratamiento.

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

Fuente: Autores

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.

En la tabla 8 se observan los costos que se necesitarían para recuperar un terreno altamente contaminado, teniendo en cuenta que el mayor costo económico lo representa el descanso de la tierra con un valor de \$8'000.000; este valor se calculó por 4 cosechas de maíz en una hectárea de terreno, las cuales saldrían a 2 millones cada una, en un lapso de 2 años (Puello *et al.* 2010).

Tabla 26. Costos de recuperación de una hectárea de terreno, altamente contaminado con fertilizantes químicos.

Factores	Producto y materiales	Perdidas por descanso del terreno	Mano de obra	TOTAL
	20 toneladas de abono orgánico, lonas y tubos.	2 años sin cultivar	Elaboración y aplicación del abono, 21 jornales	
Precio	\$25.000	\$8'000.000	\$420.000	\$8'445.000

Fuente: Autores.

Según Labandeira *et al.* (2007) & Halffter *et al.* (2001); La valoración económica de los daños a los recursos naturales producidos por los efectos de la contaminación, permite estimar el costo de la recuperación de un suelo altamente contaminado con fertilizantes químicos, lo cual podría tardar muchos años y generar altos costos económicos, por esta razón el campesino procede a vender su parcela o destinarla para otros fines. El valor económico en los recursos naturales tiene dos componentes, el valor de uso y el valor de no uso, como por ejemplo, la formación de suelo o el beneficio social de ver un ecosistema preservado; teniendo al mercado como una pobre herramienta para asignación de precios para este tipo de valores, aumentando en cierto grado las constantes amenazas de la perturbación al equilibrio medioambiental. En este caso los costos totales que se necesitan en la recuperación de un terreno altamente contaminado en nuestro estudio oscilan entre los \$8'000.000 por descanso del terreno, fabricación y aplicación de enmiendas orgánicas. Las investigaciones de Guenon & Gross, (2014) demostraron cambios significativos en la recuperación del suelo después de 10 meses de aplicar abonos orgánicos. De hecho, estos materiales pueden suministrar suficiente materia orgánica y nutrientes para iniciar una rehabilitación exitosa del suelo.

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 de 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 cm²/g) a los 15 DDS y (1,04 cm²/g) 67 DDS, la TCR mostró mejores resultados con el tratamiento Q, (0,047 g.día⁻¹) a los 33 DDS, (0,015 g.día⁻¹) a los 67 DDS seguido del tratamiento A2. En cuanto a el maíz, el tratamiento que obtuvo el mayor valor a los 15 DDS fue A2 con (3,10 cm²/g) este se mantuvo como el mejor hasta los 67 DDS (2,08 cm²/g), siendo superado por el A3 a los 90 DDS (2,41 cm²/g), el Abono 1 fue el de mayor TCR a los 33 DDS (0,042 g.día⁻¹) y al finalizar el periodo de evaluación 90 DDS (0,012 g.día⁻¹). Las plantas utilizadas en el estudio obtuvieron una buena respuesta fisiológica cuando se fertilizó con los abonos orgánicos lo que indica que son una buena alternativa para utilizarlos en la producción de forraje.

Los mejores rendimientos para maíz y frijol se presentaron con el Abono 2, en las variables peso de mazorca, de ameros, y número de granos en maíz y número de vainas y granos en frijol.

Con base a los resultados de este estudio, el uso y la fabricación de las mezclas orgánicas tuvieron el menor costo (\$85.000), con un valor intermedio se encuentra la compra del abono orgánico comercial (\$100.000) y el tratamiento más costoso fue el fertilizante químico (\$145.800), revelando la posibilidad de que la fabricación y uso de los abonos orgánicos pueden generar menores costos y mayores ventajas a largo plazo que la compra y uso de los fertilizantes químicos.

RECOMENDACIONES

Realizar más de 1 replica en la entomofauna edáfica, ya que a partir de varias muestras se pueden tomar valores más precisos sobre a la abundancia y diversidad de especies, así como poder relacionarlas con variables climatológicas.

Utilizar materiales con bajo contenido de humedad, ya que si se manejan muy húmedos, pueden llegar a generar altos volumen de lixiviado que pueden afectar el proceso de compostaje originando malos olores y bajando la calidad del compost maduro.

Proponer estudios donde se conozcan los grados de residualidad de los alimentos producidos con fertilización orgánica y química.

BIBLIOGRAFIA

- Abad, F J. (2014). Evaluación cualitativa mediante cromatografía, de la fertilidad de cinco suelos con diferentes manejos orgánicos y convencionales. Tesis doctoral, cuenca, 39-44.
- 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 *Einsenias foetida*. *Agronomía Costarricense*, 127-139.
- Acosta, R. (2009). El cultivo del maíz, su origen y clasificación. *Cultivos tropicales*, 113-120.
- Acosta, W. & Peralta, M. (2015). Elaboración de abonos orgánicos a partir del compostaje de residuos. Proyecto de grado universidad de Cundinamarca, 10-14.
- Acosta, Y., Reyes, N., El Zauahre, M., Rodríguez, L., & Rojas, D. (2012). Indicadores de calidad bioquímica y estabilidad de la materia orgánica durante el proceso de compostaje de residuos orgánicos. *Multiciencias* , 390-399.
- Afifi, M.; Estefanous A. & El-Akshar, Y (2012). Biological, chemical and physical properties of organic wastes as indicators maturation of compost. *Journal of applied sciences research*, 8(4): 1857-1869.
- Aguirre, M. (2009). Clave de identificación de géneros conocidos y esperados de *Elateridae leach (coleoptera: elateroidea)* en Colombia. *Boletín del museo de entomología de la universidad del valle* 10 (2), 25-35.
- Amador, A., & Boschini, C. (2000). Fenología productiva y nutricional de maíz para la producción de forraje. *Agronomía mesoamericana*, 11(1), 171-177.
- Ancín, M. (2011). Evaluación de diferentes tipos de fertilizantes químicos y orgánicos en la producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* l. var. alubia) en el distrito de san juan de castrovirreyna huancavelica (Perú). . Universidad Pública de Navarra, 1-97.
- 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.
- Balcells, E. (1975). Algunos aspectos biológicos y ecológicos de crisomélidos (insectos, *Coleópteros*) defoliadores de plantas montaraces en territorios mediterráneos . *Anales del Instituto Botánico A. J. Cavanilles*. Tomo XXXII, vol. I, 557-571.
- Banzinger, M., Edmeades, G., & J.Bolaños. (1997). relación entre el peso fresco y el peso seco delrastrajo de maíz en diferentes estados fenológicosdel cultivo . *Agronomia Mesoamericana*, Vol 8 20-25.
- 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.
- Benavides, K. (2010). Caracterización microbiológica de lixiviados de materias primas para la fabricación de un compostaje de material ruminal. Universidad Católica de Manizales, 13-16.

- Boschini, C., & Amador, A. L. (2001). Degradabilidad ruminal de la planta en maíz forrajero en diferentes edades de crecimiento. *Agronomía mesoamericana*, 12(1): 89-93.
- Bran, A., Londoño, M., & Pardo, L. (2006). Morfología de estados inmaduros de tres especies de *cyclocephala* (*coleoptera: melolonthidae*) con una clave para larvas de tercer estado en Colombia. *revista corpoica – ciencia y tecnología agropecuaria* , 58-66.
- Branstetter, M., & Sáenz, L. (2012). Las hormigas (*hymenoptera: formicidae*) de Guatemala. *Biodiversidad de Guatemala volumen 2 isbn 978-9929-40-239-3*, 221-270.
- Cabrera, D. (2008). Manejo y uso de pastos y forrajes en ganadería tropical. *Universidad de Córdoba* , 3-7.
- Callejas, A. (2009). Estudio del compostaje aeróbico como alternativa para la estabilización de lodos procedentes de una planta de tratamiento de aguas servidas de la región del bío bío. *Universidad De La Frontera - Facultad de Ingeniería, Ciencias y Administración*, 29-31.
- Camousseight, A. (2000). Diversidad de especies invertebrados terrestres. *Biodiversidad de Chile, patrimonio y desafíos*, 125-400.
- Castiglioni, M. G., Behrends Kraemer, F., Morras, M., & José, H. (2013). Efecto de la secuencia de cultivos bajo siembra directa sobre la calidad de algunos suelos de la región Pampeana. *Ciencia del suelo*, 31(1), 93-105.
- Castro, H., & Munevar, O. (2011). Mejoramiento químico integral de suelos ácidos mediante el uso combinado de materiales encalantes. 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.
- Cerrato, R. F., & Alarcón, A. (2001). La microbiología del suelo en la agricultura sostenible. *Ciencia ergo sum*, vol. 8, núm. 2.
- Cifuentes, R., Ana Silvia Colmenares, Edwin de León, & Ximena González. (2013). Efecto de la sustitución parcial de fertilizante inorgánico por compost sobre el rendimiento y la calidad del tomate de invernadero (*Solanum Lycopersicum* L.) en Solola. *Revista 26 de la Universidad del Valle de Guatemala*, 25-33.
- Chang, M. Y. (2005). La economía ambiental. En *Sustentabilidad* (págs. 175-188.).
- [Citado en 14 de junio de 2014. Disponible en internet <<http://www.earthgreen.com.co/aprenda-mas-pyr/85-normatividad-manejo-de-residuos-organicos-en-colombia>>[Citado en 18 de junio de 2014.]
- 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.
- Das, S., & Adhya, T. K. (2014). Effect of combine application of organic manure and inorganic fertilizer on methane and nitrous oxide emissions from a tropical flooded soil planted to rice. *Geoderma*, 213, 185-192.

- Diaz, L., & De Bertoldi, M. (2007). History of composting. Waste Management Series, 7-24.
- Doan, T. T., Ngo, P. T., Rumpel, C., Van Nguyen, B., & Jouquet, P. (2013). Interactions between compost, vermicompost and earthworms influence plant growth and yield: A one-year greenhouse experiment. *Scientia Horticulturae*, 160, 148-154.
- Domínguez, A., Bedano, J. C., Becker, A. R., & Arolfo, R. V. (2014). Organic farming fosters agroecosystem functioning in Argentinian temperate soils: Evidence from litter decomposition and soil fauna. *Applied Soil Ecology*, 83, 170-176.
- Domínguez, A., Bedano, J., & Becker, A. (2009). Cambios en la comunidad de lombrices de tierra (*annelida: lumbricina*) como consecuencia del uso de la técnica de siembra directa en el centro-sur de córdoba, argentina. *Ciencia del suelo vol.27 no.1 issn 1850-2067*, 11-19.
- Domínguez, J. S. (2010). Elaboración Artesanal de dos abonos líquidos fermentados y su efectividad en la producción de plántulas de chile abanero. *Institución de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas*, 21-25.
- Echeverri, S. M. (2012). Los residuos sólidos municipales como acondicionadores de suelos. *Revista la Sallista de Investigación*, 1(1), 56-65.
- 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.
- Espinoza, L., Slaton, N. A., & Mozaffari, M. (2012). Como interpretar los resultados de los análisis de suelos. Cooperative Extension Service, University of Arkansas, US Department of Agriculture, and county governments cooperating.
- Estrada Pareja, M. M. (2012). Manejo y procesamiento de la gallinaza.
- FAO. (2009). Guía para la descripción de suelos. Roma: Organización De Las Naciones Unidas.
- Fassio, A., Carriquiry, A., Tojo, C. & Romero, R. (1998). Maíz: aspectos sobre fenología. Unidad de Difusión e Información Tecnológica del INIA. ISBN: 9974-38-095-2, 1-51.
- Felix, J. (2008). Importancia de los abonos orgánicos. *Ra Ximhai*, 57-67.
- Fereidooni, M., Raiesi, F., & Fallah, S. (2013). Ecological restoration of soil respiration, microbial biomass and enzyme activities through broiler litter application in a calcareous soil cropped with silage maize. *Ecological Engineering*, 58, 266-277.
- Fernández, Shirley; Hernández, Alba; Meléndez, Lenny; (2006). Efecto de la fertilización foliar y edáfica sobre el crecimiento de plantas de maíz sometidas a exceso de humedad en el suelo. *Bioagro*, . 107-114.
- Fuentes, A., Chamorro, C., & León, T. (1998). Caracterización ecológica de lombrices nativas (*pheretima sp.*, *eudovoscolex sp.* y *periscolex sp.*) bajo diferentes usos del suelo (Guaviare, Colombia). *Agronomía colombiana*, volumen xv no. 2, 3 , 194-203.
- Fuentes, M. (2002). El cultivo del maíz en Guatemala, una guía para su manejo agronómico. Instituto de Ciencias y Tecnologías Agrícolas ICTA, 1-45.

- 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.
- Gaind, S. (2014). Effect of fungal consortium and animal manure amendments on phosphorus fractions of paddy-straw compost. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 94, 90-97.
- Garbout a, A., Munkholm, L., & Hansen, S. (2013). Tillage effects on topsoil structural quality assessed using X-ray CT, soil cores and visual soil evaluation. *Soil & Tillage Research*, 104 - 109.
- García, R., Armbréch, I., & Ulloa, P. (2001). *Staphylinidae (Coleoptera)*: composición y mirmecofilia en bosques secos relictuales de Colombia. *Folia Entomol* , 1-10.
- García, Y., Ramírez, W., & Sánchez, S. (2012). Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. *Pastos y Forrajes*, 125 - 138.
- Geisseler, D., & Scow, K. M. (2014). Long-term effects of mineral fertilizers on soil microorganisms a review. *Soil Biology & Biochemistry*, 75 54-63.
- 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.
- Golicher, D. (2012). ¿ Cómo cuantificar la diversidad de especies?. línea: http://www.dfpd.edu.uy/ceerp/ceerp_norte/cn/Biologia/BIO_DIV/Como%20cuantificar%20la%20diversidad,%20algunos%20ejercicios.pdf.
- Gondim, C. (2013). Análisis microbiológico de un suelo agrícola mediterráneo tras la aplicación de lodos de depuradora urbana. Tesis doctoral, Madrid, 25-28.
- Granados, R. & Sarabia, A., (2013). Cambio climático y efectos en la fenología del maíz en el DDR-Toluca*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Vol.4 Núm.3, 435-446.
- Guénon, R., & Gros, R. (2015). Increasing the maturity of compost used affects the soil chemical properties and the stability of microbial activity along a mediterranean post-fire chronosequence. *European Journal of Soil Biology*, 66, 1-10.
- 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.
- Heredia, G., & Arias, R. (2008). Hongos Saprobios y endomicorrizogenos en los suelos. *Agroecosistemas cafetaleros Veracruz: Biodiversidad, manejo y conservación.*, 193-212.
- Hernández, N., & Soto, F. (2012). Influencia de tres fechas de siembra sobre el crecimiento y rendimiento de especies de cereales cultivados en condiciones tropicales. Parte I. Cultivo del maíz (*Zea mays* L.). *Cultivos Tropicales*, 33(2), 44-49.
- Herran, J., Torres, R., Martínez, G., & Ruiz, R. (2008). Importancia de los Abonos Orgánicos. *Ra Ximhai*, 57-67.
- Hunt R. (1990). Basic growth analysis, Plant growth analysis for beginners. London. Unwin hyman Ltd. Cap 3 35-40.

- Jacome, A. (2011). Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica en el cultivo de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) En un inceptisol con propiedades andicas en la microcuenca centella dagua – valle. Proyecto de grado Universidad el Valle, 30-38.
- Jamiroy, O. (2011). Propuesta de indicadores de calidad edafológicos para valorar la influencia de los sistemas productivos sobre algunas propiedades físicas y químicas en suelos oxisoles del piedemonte llanero colombiano (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira).
- Jiang, Y., Yin, X., & Wang, F. (2014). Impact of soil mesofauna on the decomposition of two main species litters in a *Pinus koraiensis* mixed broad-leaved forest of the Changbai Mountains. *Acta Ecologica Sinica*, 34(2), 110-115.
- Karlos, P. (2011). Crisis alimentaria y lucha contra el hambre en el Africa Subsahariana. La cuestionable contribución de los ODM. *Revista de Economía Mundial*, 117-148.
- Kutsanedzie, F., & Rockson, G. N. (2012). Comparisons Of Compost Maturity Indicators For Two Field Scale Composting. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 713-720.
- Labandeira, X., Leon, C., & Vasquez, M. X. (2007). *Economía Ambiental*. Madrid: Pearson educación Balcells, S.A.
- Laurila-Pant, M., Lehtikoinen, A., Uusitalo, L., & Venesjärvi, R. (2015). How to value biodiversity in environmental management?. *Ecological Indicators*, 55, 1-11.
- Ligarreto, G. (2013). Componentes de variancia en variables de crecimiento y fotosíntesis en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Crecimiento y fotosíntesis del frijol. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Loja, C., & Méndez, K. (2015). Primeros cambios en la cantidad de bacterias, hongos, macroinvertebrados y propiedades físicas del suelo luego de la aplicación de enmiendas orgánicas en un suelo previamente manejado de forma convencional. Proyecto de Grado Universidad de Cuenca, 25-38.
- Londoño, J. (2011). Estructura poblacional y diversidad genética de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en 202 genotipos por medio de SSR fluorescentes. Trabajo de Grado, 14-26.
- Lora, R., López, A., Gómez, R., & Bernal, H. (2008). Efecto de dosis de Fe, Cu, Mn, Zn, B y Mo en el contenido de azúcares reductores y totales y en la calidad de fritado en papa criolla (*Solanum phureja*). *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 11(2), 163-173.
- Magdoff, F. (1997). Calidad y manejo del suelo. *Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable*. Ed. CLADES (La Habana), 211-221.
- Maldonado, G., & Corchuelo, G. (1993). Dinámica de crecimiento de dos variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agronomía Colombiana*, Vol 10 114-121.
- Mardomingo, I., Jiménez, M., Moreno, L., De La Losa, A., De La Cruz, M., & Casermeiro, M. (2015). Application of high doses of organic amendments in a Mediterranean agricultural soil: An approach for assessing the risk of groundwater contamination. *CATENA*, 131, 74-83.
- Mariño, E. (2011). Fósiles vivientes: cucarachas. *Conabio Biodiversitas*, 6-9.

- Márquez J (2005). Técnicas de colecta y preservación de insectos. Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa, 385 – 408.
- Martha, S., & Duane, F. (20 de 04 de 2015). History of Composting - University of Illinois Extension. Obtenido de History of Composting - University of Illinois Extension: <http://web.extension.illinois.edu/homecompost/history.cfm>
- Martínez, F., & Baz, A. (2010). Arañas del campus. Ecocampus naturaleza y medio ambiente N^a 6 ISSN: 1885-625X, 1-51.
- Martínez-Fernández, D., Arco-Lázaro, E., Bernal, M. P., & Clemente, R. (2014). Comparison of compost and humic fertiliser effects on growth and trace elements accumulation of native plant species in a mine soil phytoremediation experiment. Ecological Engineering, 73, 588-597.
- Martínez, R., Dibuti, B., & Ríos, Y. (2010). Efecto de la integración de aplicaciones agrícolas de biofertilizantes y fertilizantes minerales sobre las relaciones suelo-planta. Cultrop, La Habana, v. 31, n. 3. }
- Medina, L. A., Monsalve, Ó. I., & Forero, A. F. (2011). Aspectos prácticos para utilizar materia orgánica en cultivos hortícolas. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, 4(1), 109-125.
- Mike, J. (2000). Inventario de la biodiversidad biológica del suelo. Manual de biología de los suelos tropicales.
- Molina, E., & Rodríguez, J. (2012). Fertilización con N, P, K y S, y curvas de absorción de nutrientes en arroz var. cfx 18 en Guanacaste. Agronomía Costarricense 36(1), 39-51.
- Morales, D., & La Manna, L. (2011). La fertilidad química del suelo y el «mal del ciprés» en Patagonia, Argentina. Ciencia del suelo, 29(2), 151-160.
- Noda, Y. (2013). Efecto de la fertilización química y biológica en el rendimiento morfoagronómico de Morus alba. Pastos y Forrajes, 190-196.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO (1993). El maíz en la nutrición humana. Alimentación y nutrición, N°25 ISBN 92-5-303013-5.
- Oviasogie, P., Odewale, J., Aisueni, N., Eguagie, B. G., & Okoh-Oboh, E. (2013). Production, utilization and acceptability of organic fertilizers using palms and shea tree as sources of biomass. Academic Journals, 3483-3494.
- P. Chazirakis E. Giannis E. Gidaracos Y. Wang & R. Stegmann (2011). Application of sludge, organic solid wastes and yard trimmings in aerobic compost piles. Global NEST Journal, Vol 13, No 4, pp 405-411.
- Parra, A., Fischer, G., & Chaves, B. (2015). Tiempo térmico para estados fenológicos reproductivos de la feijoa (Acca sellowiana (O. Berg) Burret). Acta Biológica Colombiana, (20), 167-177.
- Pashanasi, B. (2001). Estudio cuantitativo de la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de uso de la tierra en la Amazonia Peruana. Folia Amazónica, 12(1-2), 75.
- Pedraza, A. (2007). Módulo de residuos. IDEAM.
- Pentón, G. (2014). Efecto de la combinación de HMA y fertilización química en las extracciones de nitrógeno y potasio realizadas por Morus alba. Pastos y Forrajes, 38-46.

Pérez, J. (2010). Familias de isópodos terrestres (*Crustacea:isopoda: Oniscidea*) de Chile: sinopsis y clave de identificación. Ediciones del Centro de Estudios en Biodiversidad ISSN 0718-8412, 1-110.

Pérez, M. (2011). Evaluación de la Composición Nutricional y Digestibilidad Aparente e Ileal en Porcinos del Frijol mungo (*vigna radiata* o *phaseolus aureus*) con y sin Tratamiento Térmico. Trabajo de Grado, 26-31.

Pérez, A., Céspedes, C., & Núñez, P. (2008). Caracterización física-química y biológica de enmiendas orgánicas aplicadas en la producción de cultivos en República Dominicana. Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal, 8(3), 10-29.

Pla, L. (2006). Biodiversidad: inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. Interciencia, 583-590.

Proietti, P., Federici, E., Fidati, L., Scargetta, S., Massaccesi, L., Nasini, L., & Gigliotti, G. (2015). Effects of amendment with oil mill waste and its derived-compost on soil chemical and

Quiceno, J., & al., e. (2010). La mosca doméstica como portador de patógenos microbianos, en cinco cafeterías del norte de Bogotá. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica ISSN 0123-4226, 23-29.

Quintoa, M. (2012). Estandarización del proceso de producción de compost con fines comerciales utilizando tres fuentes de inóculo con la asociación santa catalina del cantón píllaro. Facultad De Ingeniería Agronómica , 23-25.

Ramírez, A. V. (2013). Biodegradación de residuos sólidos agropecuarios y uso del bioabono como acondicionador del suelo. Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana.

Ramos, C., & Rodríguez, F. (2004). Influencia del control de la humedad sobre la población de lombrices, la actividad microbiana y las Características químicas del humus producido en el sistema de lombricultura . Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología.

Revista Chilena de Historia Natural vol 74 N 3 ISSN 0716-078, 549-571.

Rodríguez, G. D., & Silva, A. M. (2008). Aislamiento e identificación de flora bacteriana nativa del suelo de los páramos Cruz verde y Guasca (Cundinamarca). Pontificia Universidad Javeriana, 60-93.

Roig, S., & Domínguez, M. (2001). Diversidad de la familia *Carabidae* (*Coleoptera*) en Chile.

Revista Chilena de Historia Natural vol 74 N 3 ISSN 0716-078, 549-571.

Romero, J. (2013). Relación Carbono Nitrógeno en el Proceso de Lombricompostaje y su Potencial nutrimental en Jitomate y Menta. Colegio de Postgraduados, 20-24.

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.

Rosset, P. M. (2015, Abril 3). CLADES Centro Latinoamericano de Desarrollo Sostenible. Retrieved from CLADES Centro Latinoamericano de Desarrollo Sostenible: <http://www.clades.cl/revistas/1112/rev11art1.htm>

Roveda, G., Peñaranda, A., Ramírez, M., Baquero, I., & P., R. G. (2012). Diagnóstico de la fertilidad química de los suelos de los municipios de Granada y Silvania para la producción de uchuva en Cundinamarca. *Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 13(2), 179-188.

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.

SAGARPA. (15 de Marzo de 2015). www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/.../Abonos%20organicos.pdf. Obtenido de www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/.../Abonos%20organicos.pdf: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUSSA/Abonos%20organicos.pdf>

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.

Samaniego, J. A., & Chew, Y. (2007). Diversidad de géneros de hongos del suelo en tres campos con diferente condición agrícola en La Laguna, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, vol.78 no.2.

Sánchez, M., Roig, A., & Cayuela, M. (2006). Emisión de bioaerosoles asociada a la gestión de residuos orgánicos. *Ingeniería*, 39-47.

Santamaría, M.; Montañéz, J.; Sánchez, R. (2010). Evaluación de la producción limpia de papa criolla (*Solanum phureja*) en Madrid, Cundinamarca. *Inventum*, 8-12.

Scheunemann, N., Maraun, M., Scheu, S., & Butenschoen, O. (2015). The role of shoot residues vs. crop species for soil arthropod diversity and abundance of arable systems. *Soil Biology and Biochemistry*, 81, 81-88.

Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación SAGARPA visitado el 15 de marzo link: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUSSA/Abonos%20organicos.pdf>

Servin, R., & et al, .. (2011). Registro de *Plagiometriona clavata* (Fabricius 1798) (*Coleoptera: Chrysomelidae*) en chile silvestre *Capsicum annuum*, de Baja California Sur, México. *Acta zoológica mexicana* vol.27 no.1 ISSN 0065-1737, 201-205.

SIAC. (2015). Sistema de información Ambiental de Colombia. Recuperado el 25 de 3 de 2015, de <https://www.siac.gov.co/contenido/contenido.aspx?catID=745&conID=1119>

Silva, S., & Correa, F. (2009). Análisis de la contaminación del suelo: revisión de la normativa y posibilidades de regulación económica. *Semestre Económico* 12(23), 13-34.

Silvana, C., Martínez, M., & Arocena, L. (2014). Estudio comparativo del agregado de enmiendas orgánicas e inorgánicas en procesos de biorremediación de suelos norpatagónicos contaminados con petróleo. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 80(4), 251-261.

Smith, M., & Duane, F. (20 de 04 de 2015). History of Composting - University of Illinois Extension. Obtenido de History of Composting - University of Illinois Extension: <http://web.extension.illinois.edu/homecompost/history.cfm>

Soplin, J., Rengifo, A., & Chumbe, J. (1993). Analisis de crecimiento en *Zea mays* L. y *Arachis hypogaea* L. . *Folia Amazonica*, Vol 5 171-189.

Storey, S., Chualain, D. N., Doyle, O., Clipson, N., & Doyle, E. (2015). Comparison of bacterial succession in green waste composts amended with inorganic fertiliser and wastewater treatment plant sludge. *Bioresource technology*, 179, 71-77.

Tovar, C., & Colonia, B. (2013). Producción y procesamiento del maíz en Colombia. *Revista Científica Guillermo de Ockham*. Vol. 11, No. 1, 97-100.

Turrión, M., Lafuente, F., Mulas, R., López, O., Ruipérez, C., & Pando, V. (2012). Effects on soil organic matter mineralization and microbiological properties of applying compost to burned and unburned soils. *Journal of Environmental Management*, S245 - S249.

Vaca, M. (2013). Ordenamiento territorial predial de agroecosistemas, y análisis de las dinámicas de distribución y comercialización de los productos agroecológicos de la comunidad Aloguincho en la ciudad de Quito, en el contexto del Cambio Climático y la Soberanía Alimentaria. Tesis. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. 1-179.

Velástegui, D. (2009). Caracterización físico – química y microbiológica de los lixiviados generados en las composteras del parque Itchimbia. *Universidad Internacional Sek - Facultad De Ciencias Ambientales*, 11-15.

Villa, M., Catalán, E., Inzunza, M., & Sánchez, I. (2006). La fertilización nitrogenada y la salinidad del suelo afectan la transpiración y absorción de nutrimentos en plantas de chile. *Terra Latinoamericana*, 391-399.

Villanueva, D. A. (2010). Evaluación de seis variedades de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), bajo condiciones de cultivo tradicional en localidades de chimaltenango y sololá. Tesis Doctoral, Guatemala, 4-15.

Villegas, N., Gaigl, A., & Vallejo, L. (2006). Reconocimiento de especies del complejo chisa (*Coleoptera: Melolonthidae*) asociadas al cultivo de cebolla y pasto kikuyo del departamento de Risaralda, Colombia. *Agron*. 14 (1), 51-63.

Wang, Z., Yin, X., & Li, X. (2015). Soil mesofauna effects on litter decomposition in the coniferous forest of the Changbai Mountains, China. *Applied Soil Ecology*, 92, 64-71.

Wassenaar, T., Doelsch, E., Feder, F., Guerrin, F., Paillat, Thuriès, L., & Saint Macary, H. (2014). Returning Organic Residues to Agricultural Land (RORAL) – Fuelling the Follow-the-Technology approach. *Agricultural Systems*, 60 - 69.

Yañez, A. (2008). Impacto ambiental y metodologías de análisis. *BIOCYT*, 7 - 15.

Zacccone, C., Di Caterina, R., Rotunno, T., & Quinto, M. (Soil and Tillage Research 107). Soil–farming system–food–health: effect of conventional and organic fertilizers on heavy metal (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn) content in semolina samples. 2010, 97-105.

Zhu, X., & Zhu, B. (2015). Diversity and abundance of soil fauna as influenced by long-term fertilization in cropland of purple soil, China. *Soil and Tillage Research*, 146, 39-4

ANEXOS

Anexo 1. Correspondencia entre Tratamiento y Géneros de bacterias

La prueba chi-cuadrado nos muestra que existe una relación entre las variables (p-value <0.05), por lo tanto, procederemos a realizar el análisis de correspondencias:

```
Pearson's Chi-squared test
data: X
X-squared = 91.706, df = 60, p-value = 0.00525
Warning message:
In chisq.test(X) : Chi-squared approximation may be incorrect
```

Los valores de las dos primeras inercias recogen un 72,85% de la variabilidad.

```
Principal inertias (eigenvalues):
 1      2      3      4      5
Value 0.283793 0.207393 0.106938 0.04984 0.026347
Percentage 42.09% 30.76% 15.86% 7.39% 3.91%

Rows:
Suelo Antes  Quimico Gallinaza  Abono 1  Abono 2  Abono 3
Mass 0.161765 0.036765 0.205882 0.169118 0.227941 0.198529
ChiDist 1.137049 1.450605 0.887934 0.768914 0.513239 0.574183
Inertia 0.209142 0.077362 0.162323 0.099987 0.060043 0.065452
Dim. 1 -1.717992 -0.260132 1.377242 -0.578217 -0.077030 0.600765
Dim. 2 1.471753 -0.187757 0.985816 -1.301202 -0.835379 -0.119194

Columns:
Arthrobacter Bacillus Enterobacter Escherichia Micrococcus Morganella Nitrobacter Nitrosomas Faucimonas Proteus Pseudomonas Staphylococcus\n
Mass 0.102941 0.147059 0.080882 0.051471 0.073529 0.044118 0.036765 0.066176 0.022059 0.110294 0.110294 0.036765
ChiDist 0.702588 0.271051 0.481677 0.999935 0.929995 0.954861 1.427604 0.940742 2.276361 0.731443 0.685486 1.060913
Inertia 0.050815 0.010804 0.018766 0.051464 0.063595 0.040225 0.074928 0.058566 0.114305 0.059008 0.051826 0.041380
Dim. 1 1.217564 -0.258702 -0.086041 -1.258259 0.423479 -0.916335 1.679059 0.157369 -3.224932 -1.012358 -0.627995 1.747801
Dim. 2 0.082466 -0.423309 -0.860325 0.965150 1.842267 -1.239347 1.164019 -1.170933 3.231749 -0.962455 0.576963 0.879603

Streptomyces
Mass 0.117647
ChiDist 0.573012
Inertia 0.038629
Dim. 1 0.929694
Dim. 2 -0.284998
```

Anexo 2. Correspondencia entre Tratamiento y Géneros de hongos

La prueba chi-cuadrado nos muestra que existe una relación entre las variables (p-value <0.05), por lo tanto, procederemos a realizar el análisis de correspondencias:

```
Pearson's Chi-squared test
data: X
X-squared = 141.34, df = 85, p-value = 0.000121
Warning message:
In chisq.test(X) : Chi-squared approximation may be incorrect
```

Los valores de las dos primeras inercias recogen un 61,39% de la variabilidad.

```
Principal inertias (eigenvalues):
 1      2      3      4      5
Value 0.31463 0.283787 0.211587 0.124308 0.040463
Percentage 32.28% 29.11% 21.71% 12.75% 4.15%

Rows:
Suelo Antes  Quimico Gallinaza  Abono 1  Abono 2  Abono 3
Mass 0.089655 0.068966 0.213793 0.144828 0.289655 0.193103
ChiDist 1.179147 1.780573 0.988864 1.099751 0.501644 0.950223
Inertia 0.124656 0.218651 0.209058 0.175162 0.072891 0.174358
Dim. 1 -0.617852 0.822655 -1.717371 1.067303 0.230235 0.748600
Dim. 2 -0.196448 2.692883 0.020587 -1.578591 -0.305679 0.749133

Columns:
Alternaria Aspergillus Cephalophora Cladosporium Humicola Macrosporium Moniliella Nigrospora Penicillium
Mass 0.055172 0.103448 0.027586 0.034483 0.055172 0.096552 0.055172 0.006897 0.089655
ChiDist 1.344143 0.852168 1.110992 1.130739 0.671365 0.764434 1.412629 2.044155 0.691676
Inertia 0.099681 0.075123 0.034050 0.044089 0.024868 0.056421 0.110098 0.028818 0.042892
Dim. 1 0.804065 1.215944 -0.457582 1.263405 -0.644067 -0.833810 0.964076 1.334596 -0.711728
Dim. 2 1.263939 -0.710282 -0.420697 0.136331 0.606969 -0.823168 2.305146 1.406249 0.118686

Rhizopus Sordaria Staphylotrichum\n Sistotrema Thielavia Thysanophora Trichoderma Trichurus Zygorhynchus
Mass 0.055172 0.034483 0.075862 0.034483 0.020690 0.082759 0.062069 0.020690 0.089655
ChiDist 0.843604 1.438737 0.843257 1.090632 1.253039 0.879142 0.946931 1.917660 0.527464
Inertia 0.039264 0.071378 0.053944 0.041016 0.032485 0.063963 0.055656 0.076085 0.024944
Dim. 1 0.896601 1.003458 -0.600797 0.270508 1.070559 -1.289908 1.010581 -3.061711 -0.515691
Dim. 2 -1.196725 -1.966486 0.700870 0.736717 1.962479 -0.466482 -1.150295 0.038646 0.367866
```