

**EVALUACIÓN DE COMPOST A BASE DE RESÍDUOS DE LA INDUSTRIA
AZUCARERA CON GALLINAZA Y ESTIÉRCOL BOVINO**

SILVIA PAOLA BOBADILLA GALEANO

Tesis presentada a la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción, como requisito para la obtención del título de Ingeniera Agrónoma.

Universidad Nacional de Asunción
Facultad de Ciencias Agrarias
Carrera de Ingeniería Agronómica
Área de Suelos y Ordenamiento Territorial

San Lorenzo, Paraguay

2017

**EVALUACIÓN DE COMPOST A BASE DE RESÍDUOS DE LA INDUSTRIA
AZUCARERA CON GALLINAZA Y ESTIÉRCOL BOVINO**

SILVIA PAOLA BOBADILLA GALEANO

Orientador: Prof. Ing. Agr. (Dr.) Carlos A. Leguizamón Rojas

Co-orientadora: Prof. Ing. Agr. (MSc.) Alba Liz González

Co-orientadora: Prof. Q.A. (MSc.) Doralicia Zacarías Servín

Tesis presentada a la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción, como requisito para la obtención del título de Ingeniera Agrónoma.

Universidad Nacional de Asunción
Facultad de Ciencias Agrarias
Carrera de Ingeniería Agronómica
Área de Suelos y Ordenamiento Territorial

San Lorenzo, Paraguay
2017

Universidad Nacional de Asunción
Facultad de Ciencias Agrarias
Carrera de Ingeniería Agronómica

**EVALUACIÓN DE COMPOST A BASE DE RESÍDUOS DE LA INDUSTRIA
AZUCARERA CON GALLINAZA Y ESTIÉRCOL BOVINO**

Tesis aprobada por la Mesa Examinadora como requisito parcial para optar por el grado de Ingeniero Agrónomo, otorgado por la Facultad de Ciencias Agrarias/UNA.

Autor: Silvia Paola Bobadilla Galeano

Orientador: Prof. Ing. Agr. (Dr.) Carlos A. Leguizamón Rojas

Coorientador: Prof. Ing. Agr. (MSc.) Alba Liz González

Coorientador: Prof. Q.A. (MSc.) Doralicia Zacarías Servín

Miembros de la Mesa Examinadora:

Prof. Ing. Agr. (Dr.) Carlos A. Leguizamón R. _____

Prof. Ing. Agr. (MSc.) Alba Liz González _____

Prof. Q.A. (MSc.) Doralicia Zacarías S. _____

San Lorenzo, 21 de diciembre de 2017

DEDICADO
*A mis Queridos Padres,
Silvia y Oscar, quienes me dieron la vida,
me inculcaron siempre el amor, el respeto,
la honestidad y sobre todo, el valor.*

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Silvia Galeano Garcete y Oscar Antonio Bobadilla Acevedo y a mis hermanos y tíos Ernesto Bobadilla, Ramona Galeano y Santiago Galeano, por el apoyo incondicional que me brindaron en todo momento.

A mi orientador Prof. Carlos Andrés Leguizamón Rojas y a mis coorientadoras las Profesoras Alba Liz González y Doralicia Zacarías, por la paciencia, enseñanzas y apoyo incondicional brindado.

A la cooperativa Manduvira por recibirme en sus instalaciones y brindarme su apoyo.

A mis compañeros y amigos de trabajo Ramona Mabel Duarte Benítez y Astrid María Belén Reichert Duarte, por la cooperación durante la investigación.

A mi compañero David Franco que en vida me ayudo con mis estudios.

A la Facultad de Ciencias Agrarias y en especial al Área de Suelos y Ordenamiento Territorial, a sus docentes y personal administrativo, por la ayuda y comprensión durante mi formación.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo durante la elaboración de la tesis.

A mis amigos y compañeros por todo apoyo que me brindaron y a todas aquellas personas que de una u otra manera me apoyaron para la realización de mis estudios.

EVALUACIÓN DE COMPOST A BASE DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA AZUCARERA CON GALLINAZA Y ESTIERCOL BOVINO

Autor: Silvia Paola Bobadilla Galeano
Orientador: Prof. Ing. Agr. (Dr.) Carlos A. Leguizamón R.
Co-orientadora: Prof. Ing. Agr. (MSc.) Alba Liz González
Co-orientadora: Prof. QaI. (MSc.) Doralicia Zacarías S.

RESUMEN

El uso de compost producido a base de residuos de industria azucarera y de la cría de animales es una alternativa para corregir la fertilidad del suelo, reciclar los nutrientes y minimizar procesos de contaminación por la deposición inadecuada de los mismos. El experimento tiene como objetivo evaluar dosis de compost a base de residuos de la industria azucarera como mejorador de las características químicas del suelo. El experimento tuvo un arreglo factorial, siendo los factores, tipos y dosis de compost. El compost fue a base de residuos de la industria azucarera con estiércol bovino (C-EB) y con gallinaza (C-G), las dosis evaluadas de compost fueron 0; 2,11; 4,23; 6,34; 8,45; 10,56; 12,68 t ha⁻¹. El experimento se realizó en invernadero en la Facultad de Ciencias Agrarias utilizando macetas de 5 L con 7,1 kg de suelo. En los mismos fue sembrado trigo como planta indicadora, siendo dispuestos los tratamientos en bloques completos al azar. El experimento fue conducido por tres meses y el trigo por 60 días. Las mediciones en el trigo y en las propiedades químicas del suelo fueron sometidas a análisis de varianza. En las propiedades químicas del suelo el fósforo presentó diferencias significativas con la aplicación de compost (C-G), a dosis de 12,68 t ha⁻¹ alcanzó un máximo de 21,22 mg kg⁻¹; el magnesio presentó diferencia entre los tipos de compost siendo superior en el compost (C-G); las variables de Ca⁺², Mg⁺², K⁺, conductividad eléctrica y pH no presentaron diferencias significativas. Las variables en la etapa vegetativa del trigo, altura de la planta, número de macollos, materia seca aérea y radicular presentaron diferencia significativa con la aplicación de dosis de C-EB y C-G. La materia seca aérea y radicular presentaron diferencias significativas para ambos compost, alcanzando un peso de 20,00 y 11,55g respectivamente con la aplicación de 8,45 t ha⁻¹ de C-EB. En conclusión, los abonos orgánicos combinados con los residuos de la industria azucarera son una alternativa viable para la producción orgánica.

Palabras clave: Propiedades química del suelo, Compost, Gallinaza, Estiércol bovino

AVALIAÇÃO DO COMPOSTO A BASE DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DE AÇÚCAR COM GALLINAZA E ESTRUME BOVINE

Autor: Silvia Paola Bobadilla Galeano
Orientador: Prof. Ing. Agr. (Dr.) Carlos A. Leguizamón R.
Co-orientadora: Prof. Ing. Agr. (MSc.) Alba Liz González
Co-orientadora: Prof. QaI. (MSc.) Doralicia Zacarías S.

RESUMO

O uso de composto produzido a partir de resíduos da indústria açucareira e pecuária é uma alternativa para corrigir a fertilidade do solo, reciclar nutrientes e minimizar os processos de contaminação devido à deposição inadequada dos mesmos. O objetivo do experimento é avaliar a dose de composto com base nos resíduos da indústria açucareira como uma melhoria das características químicas do solo. O experimento teve um arranjo fatorial, com os fatores, tipos e doses de composto. O composto foi baseado em resíduos da indústria açucareira com esterco bovino (C-EB) e com esterco de galinha (C-G), as doses de composto avaliadas foram 0; 2,11; 4,23; 6,34; 8,45; 10,56; 12,68 t ha⁻¹. O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Faculdade de Ciências Agrárias, utilizando vasos de 5 L com 7,1 kg de solo. Neles o trigo foi plantado como uma planta indicadora, os tratamentos sendo organizados em blocos completos ao acaso. O experimento foi conduzido por três meses e o trigo por 60 dias. As medidas no trigo e nas propriedades químicas do solo foram submetidas à análise de variância. Nas propriedades químicas do solo, o fósforo apresentou diferença significativa com a aplicação do composto (C-G), na dose de 12,68 t ha⁻¹, atingindo o máximo de 21,22 mg kg⁻¹; o magnésio apresentou diferença entre os tipos de composto sendo superior no composto (C-G); as variáveis Ca + 2, Mg + 2, K +, condutividade elétrica e pH não apresentaram diferenças significativas. As variáveis no estágio vegetativo do trigo, altura da planta, número de perfilhos, matéria seca aérea e radicular apresentaram diferença significativa com a aplicação das doses de C-EB e C-G. A área e a massa seca das raízes apresentaram diferenças significativas para ambos os compostos, atingindo peso de 20,00 e 11,55g respectivamente, com a aplicação de 8,45 t ha⁻¹ de C-EB. Em conclusão, fertilizantes orgânicos combinados com resíduos da indústria açucareira são uma alternativa viável para a produção orgânica.

Palavras-chave: propriedades químicas, adubo, Gallinaza, estrume bovino

EVALUATION OF COMPOST BASED ON RESIDUES OF THE SUGAR INDUSTRY WITH HEN DROPPINGS AND BOVINE MANURE

Autor: Silvia Paola Bobadilla Galeano
Orientador: Prof. Ing. Agr. (Dr.) Carlos A. Leguizamón R.
Co-orientadora: Prof. Ing. Agr. (MSc.) Alba Liz González
Co-orientadora: Prof. QaI. (MSc.) Doralicia Zacarías S.

SUMMARY

The use of compost produced based on waste from the sugar industry and the raising of animals is an alternative to correct soil fertility, recycle nutrients and minimize contamination processes due to inadequate deposition of them. The objective of the experiment is to evaluate the compost dose based on waste from the sugar industry as an improvement of the chemical characteristics of the soil. The experiment had a factorial arrangement, with the factors, types and doses of compost. The compost was based on residues of the sugar industry with bovine manure (C-EB) and with chicken manure (C-G), the evaluated doses of compost were 0; 2.11; 4.23; 6.34; 8.45; 10.56; 12.68 t ha⁻¹. The experiment was carried out in a greenhouse at the Faculty of Agricultural Sciences using 5 L pots with 7.1 kg of soil. In them wheat was planted as an indicator plant, the treatments being arranged in complete blocks at random. The experiment was conducted for three months and the wheat for 60 days. The measurements in the wheat and in the chemical properties of the soil were subjected to analysis of variance. In the chemical properties of the soil, phosphorus showed a significant difference with the application of compost (C-G), at a dose of 12.68 t ha⁻¹ reached a maximum of 21.22 mg kg⁻¹; the magnesium presented difference between the types of compost being superior in the compost (C-G); the variables of Ca + 2, Mg + 2, K +, electrical conductivity and pH did not show significant differences. The variables in the vegetative stage of the wheat, height of the plant, number of tillers, aerial dry matter and root presented significant difference with the application of doses of C-EB and C-G. The area and root dry matter presented significant differences for both compost, reaching a weight of 20.00 and 11.55 g respectively with the application of 8.45 t ha⁻¹ of C-EB. In conclusion, organic fertilizers combined with waste from the sugar industry are a viable alternative for organic production.

Key words: Chemical properties, Compost, chicken manure, Bovine manure

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
PAGINA DE REGISTRO CATALOGRAFICO	i
PAGINA DE APROBACIÓN	viii
PAGINA DE DEDICATORIA	viii
PAGINA AGRADECIMIENTOS	iv
RESUMEN	v
RESUMO	vi
SUMMARY	vii
INDICE	viii
LISTA DE TABLAS	ix
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE ANEXOS	xi
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Materia orgánica	3
2.1.1 Abono orgánico	4
2.2 Residuos de industria azucarera	5
2.3 Estiércol bovino	7
2.4 Gallinaza	9
2.5 Compost	11
3. MATERIALES Y MÉTODOS	14
3.1 Localización de la investigación	14
3.2 Diseño experimental y tratamientos	15
3.3 Instalación y manejo del experimento	16
3.4 Variables de medición	18
3.4.1 Determinación de variables del suelo	18
3.4.2 Determinación de variables en el trigo	19
3.5 Métodos de control de calidad	19
3.6 Método de análisis de datos	19
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
4.1 Altura de planta y macollos	20
4.2 Materia seca aérea y radicular	21
4.3 Conductividad eléctrica y pH	24
4.4 Fósforo disponible , calcio, magnesio y potasio intercambiables	26
5. CONCLUSIONES	28
6. RECOMENDACIONES	29
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30
8. ANEXOS	36

LISTA DE TABLAS

	Pág.
1. Análisis de muestra de suelo de Arroyos y Esteros utilizado en el experimento. Laboratorio de suelos. FCA/UNA, 2017.	15
2. Análisis de compost de Arroyos y Esteros utilizado en el experimento. Laboratorio de Suelos FCA/UNA. San Lorenzo, 2017.	15
3. Tipos y dosis de compost a base de residuos de industria azucarera, con estiércol bovino (C-EB) y gallinaza (C-G) utilizados con suelo para producción de caña de azúcar de Arroyos y Esteros. San Lorenzo, 2017.	16
4. Promedio de altura y número de macollos en trigo por efecto de la aplicación de compost con estiércol bovino (C-EB) y compost con gallinaza (C-G). San Lorenzo, 2017.	20
5. Promedio de materia seca aérea y radicular de la planta por efecto de la aplicación de dosis de compost con estiércol bovino (C-EB) y gallinaza (C-G). San Lorenzo, 2017.	22
6. Calcio, magnesio y potasio intercambiables en función a la aplicación de dosis de estiércol bovino y gallinaza. San Lorenzo, 2017.	26

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1. Imagen satelital de la Facultad de Ciencias Agrarias-UNA. San Lorenzo, 2017.	14
2. Promedio de materia seca aérea por efecto de la aplicación de dosis de compost con estiércol bovino. San Lorenzo, 2017.	23
3. Promedio de materia seca radicular por efecto de la aplicación de dosis de compost con gallinaza. San Lorenzo, 2017.	24
4. pH en función a aplicación de dosis de compost con estiércol bovino. San Lorenzo, 2017.	25
5. Promedio de la variable de fósforo disponible por efecto de la aplicación de dosis de compost con estiércol bovino (C-EB) y gallinaza (C-G). San Lorenzo, 2017.	27

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
1. Tratamiento, dosis y cantidad de compost de estiércol bovino (C-EB) y gallinaza (C-G) utilizados con suelo de textura arenosa. San Lorenzo, 2017.	36
2. Croquis de distribución de los tratamientos en invernadero, compost con gallinaza (C-G); compost con estiércol bovino (C-EB).	36
3. Datos de las variables de pH, conductividad eléctrica, altura de planta, macollo, materia seca aérea y radicular obtenido en el compost con estiércol bovino.	37
4. Calcio, magnesio, potasio y fósforo obtenido en el compost con estiércol bovino.	37
5. Datos de las variables de pH, conductividad eléctrica, altura de planta, macollo, materia seca aérea y radicular obtenido en el compost con gallinaza.	38
6. Calcio, magnesio, potasio y fósforo obtenido en el compost con gallinaza.	39
7. Análisis de varianza de altura de planta con el uso de compost con estiércol bovino y compost con gallinaza.	40
8. Análisis de varianza de macollo con el uso de compost con estiércol bovino y compost con gallinaza.	40
9. Análisis de varianza de masa seca aérea con el uso de compost con estiércol bovino y compost con gallinaza.	40
10. Análisis de varianza de masa seca radicular con el uso de compost con estiércol bovino y compost con gallinaza.	41
11. Análisis de varianza de conductividad eléctrica con el uso de compost con estiércol bovino y compost con gallinaza.	41
12. Análisis de varianza de pH con el uso de compost con estiércol bovino y compost con gallinaza.	41
13. Análisis de varianza de calcio con el uso de compost con estiércol bovino y compost con gallinaza.	42
14. Análisis de varianza de magnesio con el uso de compost con estiércol bovino y compost con gallinaza.	42
15. Análisis de varianza de potasio con el uso de compost con estiércol bovino y compost con gallinaza.	42
16. Análisis de varianza de fósforo con el uso de compost con estiércol bovino y compost con gallinaza.	43

1. INTRODUCCIÓN

La tendencia mundial por el consumo de productos orgánicos va creciendo a nivel mundial, siendo cada vez más los consumidores que exigen alimentos etiquetados como inocuos para la salud, denominados ecológicos, orgánicos o naturales. Para cultivar o producir estos alimentos, el agricultor debe cumplir con normas y prácticas de conservación de suelos y sin empleo de insumos químicos.

En la producción orgánica al limitarse el uso de insumos químicos, es requerido buscar alternativas para corregir las deficiencias de los suelos ocasionadas por su continuo uso. Medidas para esta corrección es el reciclaje de los nutrientes, la aplicación de residuos de animales, uso de subproductos de industrias, entre otros. Además estos residuos pueden ser mejorados a través de técnicas de compostaje que se obtiene como resultado de la descomposición de la materia orgánica en presencia de oxígeno, gracias a la acción de microorganismos que viven en la misma.

El compost es un conjunto de desechos orgánicos y materiales biodegradables que se puede emplear como recuperador del suelo, pues puede contribuir en el mejoramiento de su estructura, aireación, capacidad de retención de agua, contenido de nutrientes, de manera a obtener mejor resultado en plantas de jardín, huertas, cultivos intensivos, árboles frutales y forestales.

El experimento tuvo como objetivo general evaluar tipos y dosis de compost a base de residuos de la industria azucarera como mejorador de las características químicas del suelo; y como objetivos específicos: determinar el efecto de tipos y dosis de dosis de compost en la concentración de fósforo disponible, pH; calcio, magnesio y potasio intercambiables; conductividad eléctrica del suelo. Evaluar en la planta de trigo altura; número de macollos y materia seca aérea y radicular.

Como hipótesis del trabajo se plantean; la aplicación de dosis creciente de compost disminuirá la acidez y aumentará la concentración de nutrientes del suelo, siendo que, el compost con gallinaza posibilitará un mejor desarrollo del trigo y una mayor concentración de nutrientes en el suelo, en relación al compost con estiércol bovino.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Materia orgánica

La materia orgánica (MO), es un componente fundamental del suelo del cual dependen muchas de sus propiedades químicas, físicas y biológicas. Su contenido y propiedades están íntimamente relacionados con las características edafoclimáticas del sitio (Carter 2002).

La MO es uno de los factores críticos que afectan la sustentabilidad de cualquier sistema productivo. Se considera un constituyente transitorio de los suelos que debe ser renovado constantemente, elemento decisivo para preservar la fertilidad y conservación de los suelos. Su acrecentamiento requiere de un cuidadoso manejo (Zuninho et al. 1982).

La MO incrementa la capacidad de amortiguamiento del suelo, eleva la capacidad de intercambio catiónico, permite el desarrollo de la micro y macro-fauna benéfica, mejora la estructura. Estos factores y principalmente el mejoramiento de estructura, está relacionada con la resistencia que ofrece el suelo frente a la acción degradativa de diversos agentes, fundamentalmente el agua y el viento, en condiciones adecuadas ejerce una acción óptima sobre la estabilidad del suelo, e indirectamente, sobre los parámetros relacionados con la circulación de agua, aire, calor, penetración de las raíces de las plantas (Labrador 1996, Aslantas et al. 2007).

La MO también promueve la formación de agregados, almacenaje y liberación de nutrientes e inmoviliza contaminantes. Su adición de cantidades óptimas mejora la entrada y retención de agua, debido a una relación positiva entre el contenido de materia orgánica y el agua disponible (Julca-Otiniano et al. 2006).

La mineralización de la materia orgánica implica procesos metabólicos catalizados por enzimas. La actividad enzimática es un indicador de cambios tempranos en la calidad del suelo por sus relaciones con la microflora y la facilidad de su medición y su rápida respuesta a las prácticas de manejo agrícola (De la Paz-Jiménez et al. 2002).

En suelos arados, la materia orgánica del suelo es fuertemente humificada y microbiológicamente alterada, lo que indica una rápida descomposición del material fresco o una baja protección por la agregación. La tasa de pérdidas de C del suelo, por cambios en el uso de la tierra, depende de varios factores: intensidad de la labranza, rotación y drenaje del suelo, así como la textura (Gregorich et al. 1996).

La cantidad de humus presente en el suelo depende del equilibrio dinámico que se alcance entre la formación (humificación) y destrucción (mineralización) del mismo. Así también en el suelo las partículas coloidales se hallan en contacto con la solución acuosa del mismo. En cualquier caso, se encuentra en contacto con la solución del suelo; por su gran superficie de contacto y la carga negativa que se distribuye a lo largo de la misma, el complejo coloidal arcilloso/ húmico del suelo tiene gran capacidad de adsorber cationes (Domínguez 1997).

Fuentes orgánicas tienen un uso importante debido a los costos de los fertilizantes químicos, al desequilibrio ambiental que estos ocasionan en los suelos y a la necesidad de preservar la materia orgánica en los sistemas agrícolas, lo cual es un aspecto fundamental relacionado con la sostenibilidad de dichos sistemas (Ramírez 2005).

2.1.1. Abono orgánico

Pastor (1990) denomina a los abonos aquellos que desempeñan diversas funciones directas o indirectas, que influyen sobre el crecimiento de plantas y sus cosechas, obrando como nutrientes, agente movilizador de sustancias, catalizador de procesos vitales (tanto en el suelo como en la planta).

Un abono natural, sin químicos mejora las características físicas, químicas y

biológicas del suelo. El agregado de estiércol en el suelo, modifica su estructura en cuanto a su característica física. Así, en un suelo arenoso, ayuda para la mayor cohesión de sus partículas, permitiendo una mejor retención del agua y por lo tanto una mayor disponibilidad de los nutrientes naturalmente contenidos en el suelo. En un suelo arcilloso, evita la formación de costras o terrones y dispersa las partículas permitiendo una mejora aireación (Semple 1974).

Los abonos orgánicos se han usado desde tiempos remotos y su influencia sobre la fertilidad de los suelos se ha demostrado, aunque su composición química, el aporte de nutrientes a los cultivos y su efecto en el suelo varían según su procedencia, edad, manejo y contenido de humedad (Romero et al. 2000). A pesar que los abonos orgánicos aportan materia orgánica, nutrientes y microorganismos, lo cual favorece la fertilidad del suelo y la nutrición de las plantas, su capacidad como fuente de nutrientes es baja, respecto a los fertilizantes (Eghball et al. 2004).

Con relación a las propiedades biológicas, los abonos orgánicos favorecen a una mayor actividad radicular y facilitan la dinámica de microorganismos aerobios. De esta manera, constituyen una fuente de energía para que los microorganismos se multipliquen rápidamente (Kolmans y Vásquez 1996).

2.2. Residuos de industria azucarera

Entre los principales residuos de la industria azucarera se encuentran los fibrosos como el bagazo de caña de azúcar y los residuos agrícolas cañeros, que se incluyen dentro de los recursos de biomasa, que es el recurso energético más versátil disponible (Villegas citado por Bustos et al. 2011).

El bagazo de caña de azúcar es un recurso natural lignocelulósico que presenta características muy interesantes, tales como su renovabilidad, bajo valor económico y abundancia. Por lo tanto, tiene un creciente potencial como materia prima para la industria química y biotecnológica (Rodríguez et al. 2001). A pesar de que este residuo es utilizado como combustible en las industrias azucarera, alimentaria, de papel, alcohol y química, grandes cantidades son acumuladas en la naturaleza (Martínez et al. 2002).

Durante la combustión del bagazo y de la paja de la caña se pierden el C y el N, destruyéndose así el carácter orgánico de estos; queda entonces la ceniza, la cual está compuesta por sílice, bases, fósforo y otros elementos. La composición de la ceniza es variable, siendo los beneficios que de su empleo se derivan debidos bien a mejoras de las propiedades físicas de los suelos pesados o al suministro de nutrimentos como potasio (2% de K₂O en base seca), fósforo (1% de P₂O₅ en base seca), calcio y otras bases que tienden a su vez a aumentar el pH del suelo (Arzola citado por Arzola et al 2013).

Otro residuo procedente de este proceso es la melaza o mieles finales que son el subproducto, ya sea de la fabricación o de la refinación del azúcar crudo; contienen gran cantidad de componentes disueltos entre los que se encuentran, en su mayor parte, azúcares como la sacarosa (31%), glucosa (9,5%) y fructuosa (10%), y nitrógeno (0,95%) (Dumbrepatil et al. 2008).

La cachaza o torta de filtro contiene muchos de los coloides de la materia orgánica originalmente dispersa en el jugo, conjuntamente con aniones orgánicos e inorgánicos como fibra, cera, grasa, materia terrosa, azúcares, fosfatos de calcio y compuestos nitrogenados que precipitan durante la clarificación. En su composición elemental se presenta una gran variedad de nutrimentos requeridos por el cultivo y que abarca tanto macro como microelementos. Dentro de los macroelementos primarios predominan el fósforo y el nitrógeno (entre 2-3% en base seca) con respecto al potasio (0,5% en base seca). Algunos autores han propuesto la utilización de estos residuos para la producción de determinados aditivos alimentarios (Sreenath et al. 2001).

La cachaza beneficia las propiedades químicas y físicas del suelo, razón por la cual se presenta respuesta a su aplicación dentro de un amplio rango de variación de características de los suelos: su mayor efectividad se presenta en aquellos casos en que los factores edáficos que limitan el rendimiento son precisamente los que se modifican favorablemente con su aplicación, tal es el caso, de suelos ácidos, de malas propiedades físicas, pobres en materia orgánica y fósforo asimilable pero bien abastecidos de potasio (Arzola y Monomou citado por Arzola et al 2013).

2.3. Estiércol bovino

El estiércol es un material sólido, fuente de nitrógeno como nutriente para la mayoría de las plantas, además es una fuente importante de elementos esenciales, presenta baja concentración de nutrientes inorgánicos y la tasa de mineralización del N puede alcanzar hasta 50% durante el año de aplicación. Además no solo aporta N, también proporciona un 33% de fósforo disponible en el suelo durante el año de aplicación (Primavesi 1988, Flores et al. 2009).

La aplicación de estiércol aumenta la MO en el suelo, favorece algunas de sus características físicas como la estabilidad de los agregados, la porosidad que mejora el flujo de aire, agua y el desarrollo radical de las plantas, generalmente se incrementa la velocidad de infiltración, conductividad hidráulica, retención de agua y se reduce densidad aparente. No obstante en ocasiones no es posible demostrar su beneficio en uno o dos ciclos de cultivo, esto es especialmente cierto en suelos tratados con pequeñas o moderadas cantidades de desechos orgánicos (Pérez et al. 2000, Acevedo et al. 2001, Flores et al. 2004, Fortis et al. 2009).

En algunos casos los beneficios del estiércol sobre el crecimiento de las plantas son mayores que los que se podrían explicar tan solo con base en su concentración de nutrientes. En general, se acepta que el valor total de estiércol se debe a la aportación de nutrientes más el aporte de MO. La diferencia importante entre el estiércol y el fertilizante químico es que el estiércol puede tener un efecto benéfico en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo como mayor actividad de microorganismos y mejor desarrollo radicular (Del Pino et al. 2008).

Según Olivares et al. (2008) el contenido nutricional de N foliar en plantas de lechuga tratadas con estiércol bovino y lombricomposta, fue similar respecto a la aportación equivalente del fertilizante nitrogenado inorgánico.

En un experimento con una fertilización de 0, 10 y 20 t ha⁻¹ de estiércol, aplicados a lo largo de tres años, la concentración de materia orgánica incremento con relación al testigo en el estrato de 0 a 10 cm de profundidad del suelo con la dosis de 20 t ha⁻¹, aumentando también el contenido de NO₃, en el estrato 0 a 20 cm

de profundidad, el testigo presentó valores de NO₃ promedio de 4,4 mg kg⁻¹, 7,83 mg kg⁻¹ con 10 t ha⁻¹ y 13,35 mg kg⁻¹ con 20 t ha⁻¹ de estiércol, lo que demuestra los beneficios del estiércol al favorecer una mayor mineralización, a medida que se incrementó la dosis de estiércol (Arellano et al. 2015).

La aplicación de estiércol bovino a dosis de 0, 10, 20, 30, 40 t ha⁻¹ en pequeños surcos, en un Ultisol de textura arena franca con pH 5,6, y materia orgánica baja, incrementa significativamente el rendimiento de materia verde en pasto elefante con la dosis de 30 t ha⁻¹ en el primer y segundo corte a los 90 y 180 días respectivamente (Martínez 2010).

Salazar et al. (2007) aplicando tratamientos de (0, 40, 80, 120 y 160 Mg ha⁻¹) de estiércol bovino y fertilización química (100-150-00 kg ha⁻¹ de N y P₂O₅), en maíz forrajero, concluyeron que el tratamiento de 120 Mg ha⁻¹ fue el que mejor respondió para la producción de materia verde con 103,33 Mg ha⁻¹. La aplicación de estiércol afecta en forma inmediata las propiedades químicas del suelo como el incremento de la salinidad y concentración de nitratos, así también posteriormente favorece su fertilidad.

Cruz citado por Longoria (2000), menciona en su trabajo que si bien el estiércol tiene magnificas propiedades, sin embargo, cuando el abono no ha sido procesado adecuadamente es decir estacionado y secado, su utilización puede traer efectos nocivos tales como fijación de amonio, zinc y cobre que son tóxicos para el suelo, así también la proliferación de malas hierbas; producción de inhibidores del crecimiento de las plantas, así como infestación de plagas y enfermedades.

En un experimento de estiércol bovino con acolchado plástico de dosis 0, 40, 80, 120 y 160 t ha⁻¹, y fertilización química (100-60-00), la aplicación de estiércol bovino con acolchado plástico incremento la materia orgánica y nitratos en el suelo. Los resultados para el primer año de fertilización indican que los rendimientos totales de tomate en kg ha⁻¹ no reflejan claramente la bondad del estiércol ya que el testigo es estadísticamente igual, así como también al tratamiento donde se aplicó fertilizante químico, debido probablemente a que en el primer año el suelo, por su textura arcillosa, presentaba nutrimentos suficientes para satisfacer las

necesidades del cultivo. Para el año dos los resultados, con respecto al rendimiento total de tomate, también presentaron significancia estadística al ($P < 0.05$), pero en este año el testigo fue superado por la mayoría de los tratamientos con aplicación de estiércol, siendo mejor el tratamiento con 120 t ha^{-1} y acolchado con $119,58 \text{ t ha}^{-1}$. Con respecto al tratamiento con fertilizante químico y acolchado no presentó diferencia con el de 120 t ha^{-1} de estiércol y acolchado, cuyo rendimiento fue igual, lo que demuestra la bondad del estiércol en la disponibilidad de nutrimentos después del segundo año de su aplicación (Salazar et al. 2004).

Según Arellano et al. (2015) la aplicación de 10 y 20 t ha^{-1} de estiércol no incrementa la conductividad eléctrica del suelo y Salazar et al. (2004) encontró que aplicando dosis de 120 y 160 Mg ha^{-1} incremento la conductividad eléctrica (CE) del suelo. Según Dimas et al (2001) en un experimento con maíz evaluando las características químicas del suelo, con dosis de 20 , 30 y 40 t ha^{-1} de estiércol bovino, y un testigo con fertilización inorgánica ($120-40-00$), indico que se observó cambios en las características químicas del suelo (materia orgánica, N y P) antes y después de la siembra. Sin embargo, no se registraron cambios significativos en pH, CE, Ca, Mg, Na y K.

2.4. Gallinaza

La gallinaza es un abono orgánico concentrado y de rápida acción, ya que sus nutrientes se encuentran en compuestos asimilables por la planta (Eghball et al. 2004). El estiércol de gallina de la cría de gallinas ponedoras en jaula se considera un sustrato de alta calidad nutricional (Raviv et al. 2004).

El estiércol de gallina de Jaula (GJ) mezcla de deposiciones sólidas y líquidas de los animales, es el residuo orgánico más representativo que generan las explotaciones avícolas tanto por su volumen como por sus características fisicoquímicas (Rosales et al. 2007). Está compuesta principalmente por proteína ($20,5\%$), celulosa (20%), hemicelulosa ($23,2\%$), lignina ($1,6\%$) y ácidos grasos volátiles (AGV) ($0,3\%$). Esta elevada concentración de materia orgánica convierte a la GJ en un sustrato atractivo para la digestión anaerobia (Li et al. 2013).

Su principal aporte consiste en mejorar las características de la fertilidad del suelo, con algunos nutrientes principales como, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro; pero el que mayor concentración presenta es el nitrógeno (Restrepo 1998). Según Muñoz y Montes (2015) cuando se incluye gallinaza en la elaboración del abono orgánico, se aumenta el contenido de fósforo en el suelo.

Así también beneficia el incremento de la actividad macro y microbiológica del suelo, al mismo tiempo que estimula el desarrollo uniforme y abundante del sistema radical de las plantas. Es una fuente rica de sílice, lo que favorece a los vegetales para darle una mayor resistencia contra insectos y microorganismos. A largo plazo se convierte en una fuente constante de humus (Restrepo 1998).

García y Monje (1995) mencionan que los nutrientes contenidos en la gallinaza se tornan más aprovechables y disponibles para la planta en la etapa de crecimiento, ya que esta presenta mayor área radicular y por ende mayor acceso a la absorción de los elementos nutritivos liberados por el estiércol.

La mezcla compuesta de estiércol bovino y gallinaza en cultivo de maíz y frijol tiene un efecto igual o superior al tratamiento del fertilizante químico, indicando que los abonos orgánicos son alternativas viables y sostenibles en condiciones de campo a corto plazo (Escobar et al. 2013).

Dimas et al. (2001) en un experimento con maíz evaluando las características químicas del suelo, con dosis de gallinaza 4, 8 y 12 t ha⁻¹ para gallinaza, y un testigo con fertilización inorgánica (120-40-00), indico cambios en las características químicas del suelo (materia orgánica, N y P) antes y después de la siembra. Sin embargo, no se registraron cambios significativos en pH, CE, Ca, Mg, Na y K.

2.5. Compost

El termino compost se emplea para abarcar todo tipo de de enmiendas orgánica, incluyendo estiércoles animales como los restos de vegetales (Soto 2003).

El proceso de compostaje consiste en la transformación de la materia orgánica por microorganismos en presencia de aire y bajo condiciones controladas. El primer paso del proceso es disponer de una cantidad adecuada de residuos orgánicos, estos materiales aportarán la materia orgánica, minerales y microorganismos para que, en las condiciones de aireación y humedad apropiadas, se produzcan las reacciones de descomposición. A partir de este proceso empezarán a trabajar los diferentes grupos de microorganismos, rompiendo las moléculas de las más simples a las más complejas, transformándolas en compost. Durante el proceso, como consecuencia de la oxidación del carbono a CO₂, se produce energía en forma de calor, esta queda retenida en la masa de residuos que se está transformando, de forma que el material se va calentando, llegando a alcanzar los 75°C en las zonas interiores del montón lo que permite eliminar a los patógenos (Alcolea y González 2000).

Su importancia estriba no solamente en la forma de los nutrientes que reciben las plantas, sino también en que los estiércoles orgánicos que es una fuente de nutrientes y energía para el ecosistema del suelo, siendo los microorganismos los que proporcionan posteriormente los nutrientes a disposición de las plantas en una proporción equilibrada y distribuida a lo largo de la estación de crecimiento. Otra característica importante es su habilidad para estimular el complejo de microorganismos beneficiosos que ayudan a mantener bajo control las potenciales plagas y patógenos (Lampkin 1998).

La elaboración de compost constituyen una forma de reciclaje de nutrientes en el sistema agropecuario, estos incluyen todo material de origen orgánico utilizado para la fertilización orgánica de cultivos o como mejoradores de la calidad de los suelos (Soto 2003).

El compost se ha recomendado para aquellos suelos sometidos a cultivo intenso o sin rotación de cultivo, para mantener y mejorar la estructura y calidad del suelo, buscando aumentar la capacidad de retención de humedad y facilitar la disponibilidad de nutrientes para la absorción de las plantas (Castellanos citado por Dimas 2001).

El contenido de N de las compostas es 1-3% y la tasa de mineralización del nitrógeno es cercana al 10%, por lo cual sólo una fracción del N y otros nutrientes está disponible el primer año después de su aplicación (Sikora y Enkiri 2001).

En un experimento con aplicaciones de 20, 30 y 40 t ha⁻¹ de estiércol bovino; para gallinaza dosis de 4, 8 y 12 t ha⁻¹, y una fertilización inorgánica (120-40-00 de N-P-K), indicaron cambios en las características químicas del suelo (materia orgánica, N y P) antes y después de la siembra de maíz. En las características físicas del suelo no presentaron diferencia significativa. Con la fertilización inorgánica se obtuvo un mejor rendimiento de (6,05 t ha⁻¹) no obstante el abono orgánico de estiércol bovino y gallinaza (5,66 t ha⁻¹) mostró similares resultados (Dimas et al. 2001)

La aplicación de compost mejora notablemente el pH, el contenido de MO y la CIC, pasando el pH de 5,5 a 6,15, indicando que la aplicación de abonos tiene efecto directo sobre el pH del suelo; lo cual mejora la disponibilidad de nutrientes y disminuye la necesidad de encalar; esto atribuye al contenido de cationes básicos (Ca, Mg y K) presentes en estos abonos, lo que provoca una reducción en las concentraciones de iones intercambiables (Al y H). El compost tiene una alta capacidad de adsorción físico química de cationes que se incrementa durante el proceso de humificación; el efecto de la aplicación de compostajes favorece la capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE); además, los ácidos húmicos y fúlvicos incrementan la capacidad de intercambio catiónico del suelo y la retención de humedad (Muñoz y Montes 2015).

Las pérdidas de nitrógeno por lixiviación son inevitables a pesar de la implementación de las mejores prácticas agrícolas como el manejo del recurso hídrico y la adecuada fertilización nitrogenada (Jamali et al. 2015). Sin embargo según Daza et al. (2015) la aplicación de residuo orgánicos reduce porcentaje de pérdida de nitrógeno por lixiviación.

Álvarez et al. (2009) en un experimento de maíz con fertilización química y orgánica, sugiere la importancia del manejo integrado de fertilizantes con dosis (60 – 30 N y 120 - 60 P), y 6 t ha⁻¹ de residuos orgánicos (composta, bocashi y humus de

lombriz) por su efecto positivo en la actividad enzimática, colonización micorrízica y aumento del rendimiento de maíz en el estado de Chiapas.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización de la investigación

La investigación fue conducida en el marco del Proyecto “Manejo sostenible de la fertilidad del suelo para la producción de alimentos”, apoyado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). El trabajo se realizó en invernadero, localizado en el campo experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción, en la ciudad de San Lorenzo, Departamento Central.



Figura 1. Imagen satelital de la Facultad de Ciencias Agrarias UNA. San Lorenzo, 2017.

El suelo utilizado fue obtenido del distrito de Arroyos y Esteros, Departamento de Cordillera del área de influencia de la Cooperativa Manduvira situada a 67 km de Asunción.

Tabla 1. Análisis del suelo de parcela de socio de la cooperativa Manduvira, Arroyos y Esteros utilizado en el experimento. Laboratorio de Suelos FCA/UNA. San Lorenzo, 2017.

Prof.	pH	MO	P	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³	Clase	Color	
cm		%	mg kg ⁻¹cmol _c kg ⁻¹					textural	Munsell	Descripción
0-10	5,7	0,74	3,2	1,43	0,73	0,02	0,01	0,0	Arenosa	7,5 YR 5/3	Marrón pálido

La cooperativa cuenta con la industria azucarera orgánica “Manduvira”, y actualmente está en proceso de elaborar compost con los residuos de la industria azucarera y otros productos como el estiércol bovino y la gallinaza, para enriquecer el compost.

Tabla 2. Análisis de compost de industria azucarera con estiércol bovino (C-EB) y con gallinaza (C-G) de Cooperativa Manduvirá, Arroyos y Esteros. Laboratorio de Suelos FCA/UNA. San Lorenzo, 2017.

Código	pH	CO	P	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Cu	Zn	Fe	Mn
			%.....			mg kg ⁻¹			
(C-EB)	7,3	5,8	1,18	0,99	0,19	0,24	0,03	49	258	6000	629
(C-G)	7,1	8,2	2,01	3,08	0,58	0,53	0,12	149	548	4500	1259

3.2 Diseño experimental y tratamientos

Se realizó un experimento factorial, siendo los factores tipos y dosis de compost. Los tipos de compost fueron dos, producidos a bases de residuos de la industria azucarera, con estiércol bovino (C-EB) y con gallinaza (C-G). Los tipos de compost fueron aplicados en siete dosis, según se presenta en la Tabla 3, totalizando 14 tratamientos.

El experimento se condujo en invernadero utilizando macetas de 5 L. La unidad experimental está compuesta por dos macetas y se tuvo cuatro repeticiones, totalizando 112 macetas experimentales. Los tratamientos se distribuyeron según un diseño en bloques completamente al azar.

Tabla 3. Tipos y dosis de compost a base de residuos de industria azucarera, con estiércol bovino (C-EB) y gallinaza (C-G) utilizados con suelo para producción de caña de azúcar de Arroyos y Esteros. San Lorenzo, 2017.

Tratamientos	Descripción	Dosis (t ha ⁻¹)	Cantidad de compost por maceta (g)
T ₁	C-EB	0	0
T ₂	C-EB	2,11	5
T ₃	C-EB	4,23	10
T ₄	C-EB	6,34	15
T ₅	C-EB	8,45	20
T ₆	C-EB	10,56	25
T ₇	C-EB	12,68	30
T ₈	C-G	0	0
T ₉	C-G	2,11	5
T ₁₀	C-G	4,23	10
T ₁₁	C-G	6,43	15
T ₁₂	C-G	8,45	20
T ₁₃	C-G	10,56	25
T ₁₄	C-G	12,68	30

3.3 Instalación y manejo del experimento

En parcela de socio de la Cooperativa Manduvira se colectó suelo representativo del área de influencia de la cooperativa, de la camada 0-0,20 m. El suelo fue secado al aire libre, posteriormente se pasó por un tamiz de 2 mm y se extrajo una muestra que fue remitida al laboratorio de suelos para su análisis. Para el experimento se utilizó macetas de plástico con capacidad de 5 L, y en cada una de ellas se colocaron 7,10 kg de suelo.

Para la determinación de la cantidad de compost que se aplicó en cada tratamiento fue asumida una densidad de 1.500 kg m⁻³ de suelo. A partir de esta densidad y de una profundidad de 0,20 m se determinó la masa de suelo de una hectárea (3.000.000 kg.). Ecuación 1

$$m = d \times V$$

Dónde:

m = masa de suelo en una hectárea;

d = densidad aparente del suelo;

V = volumen de la masa de suelo en una hectárea.

La determinación de la cantidad de compost que se aplicó en los diferentes tratamientos se realizó como se presenta en el siguiente cálculo.

$$\begin{array}{r}
 3.000.000 \text{ kg Suelo} \quad \text{_____} \quad 2,113 \text{ kg Compost} \\
 7,10 \text{ kg Suelo} \quad \text{_____} \quad X \text{ kg} \\
 x = 0,005 \text{ kg} = 5 \text{ g} \frac{\text{compost}}{\text{maceta}}
 \end{array}$$

Posterior a los cálculos realizados, se pesaron las dosis de compost que fueron mezcladas con el suelo. Para este efecto, en un balde de 5 L se colocó el suelo y la dosis de compost correspondiente a cada tratamiento, se procedió a mezclar para obtener una mezcla homogénea y se cargaron en las macetas. Posterior al cargado, se realizó el riego de tres veces a la semana de 500 mL de agua hasta el momento de la siembra.

La siembra de trigo se realizó el 19 de mayo, un mes después de haberse realizado el cargado de macetas. El riego se realizó tres veces a la semana, con un volumen de 500 mL de agua antes de la emergencia de la planta, posterior a ello, se realizó de acuerdo a la necesidad hídrica de la planta hasta la cosecha.

Se acompañó el crecimiento de 20 plantas por macetas, y después de 15 días de la emergencia se observó la presencia de Spodoptera y esta se controló aplicando Alsystin 48 SC®, posterior a eso, después de 22 días se observó la presencia de pulgones, los cuales se controló con la aplicación de un piretroide.

La cosecha de la parte aérea y radicular del trigo se realizó el 24 de julio a los dos meses después de la emergencia. Las plantas fueron secas en invernadero y posteriormente en estufa a 65°C.

Con relación al suelo, de cada unidad experimental se colectó una muestra, compuesta de la mezcla de dos sub muestras, obtenida de las dos macetas que componía cada unidad experimental. Las sub muestras se mezclaron, obteniéndose la muestra que fue llevada al laboratorio para su análisis.

3.4 Variables de medición

Las variables evaluadas del suelo fueron fósforo disponible; pH; conductividad eléctrica; calcio, magnesio y potasio intercambiables. En la planta de trigo se midieron la altura, número de macollos, materia seca de la parte aérea y radicular.

3.4.1 Determinación de variables del suelo

El pH se determinó por el método del potenciómetro, utilizando una relación suelo: agua 1:1 según la metodología recomendada por Tedesco et al. (1995). El pH se determinó en los 14 tratamientos.

Para la determinación de Ca^{++} , Mg^{++} se utilizó como solución extractora el KCl 1M; para el K^{+} se utilizó como solución extractora Mehlich-1, siendo las determinaciones realizadas con un espectrofotómetro de absorción atómica, según la metodología presentada por Tedesco et al. (1995). Estas determinaciones se realizaron a los tratamientos con aplicaciones de 0; 4,23; 8,45 y 12,68 t ha⁻¹ de los dos tipos de compost.

Para evaluar el fósforo disponible se utilizó como solución extractora Mehlich-1 y se midió con espectrofotómetro colorimétrico según la metodología presentada por Tedesco et al. (1995). Estas determinaciones se realizaron a los tratamientos con aplicaciones de 0; 4,23; 8,45 y 12,68 t ha⁻¹ de los dos tipos compost.

La conductividad eléctrica fue obtenida directamente por la lectura del conductivímetro y se expresó en dS m⁻¹ referente a la temperatura de 25°C, según la metodología presentada por Tedesco et al. (1995). La conductividad eléctrica se determinó en los 14 tratamientos.

3.4.2. Determinación de variables en el trigo

La altura de la planta se midió con una cinta métrica desde la base hasta el ápice de la hoja. Para la determinación del número de macollos se procedió a aislar la planta y se procedió al conteo. Ambas mediciones se realizaron en cuatro plantas por tratamiento.

Para la determinación de materia seca aérea y radicular, las plantas se extrajeron de forma entera de cada unidad experimental, las raíces fueron lavadas y secadas al aire libre. La parte aérea y radicular conjuntas fueron llevadas a estufa a 60°C por 48 horas, posteriormente fueron pesadas. Los resultados de la materia seca de raíces y parte aérea se expresaron en g tratamiento. Estas mediciones se realizaron en los 14 tratamientos.

3.5 Métodos de control de calidad

Se elaboraron planillas para el seguimiento de los datos de forma a que no se suprima ninguna información. Se verificaron la calibración de la balanza y de los equipos que se utilizaron, para evitar errores que puedan comprometer los resultados del experimento. Los resultados fueron analizados con las herramientas correspondientes para su exactitud.

3.6 Método de análisis de datos

Las variables de medición fueron sometidas al análisis de varianza, según el modelo factorial dispuestos en bloques completos al azar. Las variables que presentaron diferencias estadísticas significativas; fueron comparadas por el test Scott-Knott al 5 % de probabilidad de error y análisis de regresión para determinar la función que representa la respuesta de las diferentes variables que fueron evaluadas. El procesamiento de los datos se realizó utilizando el programa estadístico InfoStat (Di Rienzo et al. 2011).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Altura y número de macollos del trigo

De acuerdo al análisis de varianza de los resultados obtenidos de altura de plantas y de número de macollos (Anexo 7 y 8), no se verifica interacción para ambas variables, sin embargo, se aprecia diferencias por efecto de las diferentes dosis de compost (Tabla 4).

Tabla 4. Promedio de altura y número de macollos en trigo por efecto de la aplicación de compost con estiércol bovino (C-EB) y compost con gallinaza (C-G). San Lorenzo, 2017.

Factores	Dosis (t ha ⁻¹)	Altura de planta (cm)	Número de macollos
C-EB	0	29,8 a	1,1 a
C-EB	2,11	36,8 b	2,1 b
C-EB	4,23	38,6 b	2,4 b
C-EB	6,34	40,3 c	2,85 b
C-EB	8,45	41,5 c	3,3 b
C-EB	10,56	40,9 c	3,1 b
C-EB	12,68	39,8 c	2,8 b
Media general		37,2 NS	2,5 NS
C-G	0	30,3 a	1,2 a
C-G	2,11	35,6 b	1,5 a
C-G	4,23	36,9 b	1,7 a
C-G	6,34	38,6 c	2,5 b
C-G	8,45	39,5 c	2,4 b
C-G	10,56	40,0 c	2,6 b
C-G	12,68	39,3 c	3,2 b
Media general		38,2 NS	2,2 NS
CV (%)		5,52	35,92

CV, coeficiente de variación; NS, diferencia no significativa entre tipos de compost. Media de dosis de cada compost seguida por diferentes letras minúsculas en la columna difieren entre sí por la prueba de Scott-Knott al 5 % de probabilidad de error.

Como respuesta a la aplicación de las diferentes dosis de compost en el número de macollos se observó diferencia significativa en dosis, obteniéndose el valor más alto de 3,3 con dosis de 8,4 t ha⁻¹ de compost con estiércol bovino, en el testigo se observó una media de 1,1. Para el compost con gallinaza se observó una media de 3,2 en dosis de 12,6 t ha⁻¹ de gallinaza, mientras que el menor valor se verificó en el testigo, sin aplicación de compost.

En relación a la altura de la planta con la aplicación de las diferentes dosis de estiércol bovino y gallinaza fue posible detectar una variación de 29,8 a 41,5 cm y 30,3 a 40,0 cm, respectivamente, entre las medias de altura de las plantas. Se observó que con los tratamientos de 8,45 t.ha⁻¹ de estiércol bovino y 10,56 t.ha⁻¹ de gallinaza se obtuvieron los valores más altos, de igual forma para ambos compost se observó que en el tratamiento sin aplicación de compost se determinaron los valores más bajos.

Según los resultados observados por Escobar et al. (2013), sobre variables de crecimiento en la etapa vegetativa del maíz señalan que los mejores resultados se presentaron en los tratamiento con fertilización química y que en los tratamiento que contenían el compost con gallinaza obtuvo un efecto casi similar al químico, indicando que la fertilización orgánica podría ser una alternativa para sustituir a la fertilización química. Zamora y Benavides (2002), realizaron una evaluación del efecto de la fertilización mineral y orgánica (gallinaza) en el crecimiento y rendimiento del cultivo de maíz, donde obtuvo los mejores resultados en la altura de la planta y número de hojas aplicando el compost a base de gallinaza con la aplicación de 20 t ha⁻¹.

4.2. Materia seca aérea y radicular del trigo

En el análisis de varianza realizado a resultados obtenidos de materia seca aérea (Anexo 9) se puede apreciar que existió interacción, diferencia significativa en dosis y entre tipos de compost. Los resultados obtenidos de la variable de materia seca radicular de la planta (Anexo 10) se puede apreciar que existió interacción, diferencia significativa entre las dosis y entre los tipos de compost al igual que en la materia seca aérea de la planta. Los resultados se observan en la (Tabla 5).

Tabla 5. Promedio de materia seca aérea y radicular de la planta por efecto de la aplicación de dosis de compost con estiércol bovino (C-EB) y gallinaza (C-G). San Lorenzo, 2017.

Factores	Dosis (t ha ⁻¹)	Materia seca aérea(g).....	Materia seca de raíces(g).....
C-EB	0	5,32 a	2,90 a
C-EB	2,11	13,92 b	7,27 b
C-EB	4,23	17,72 c	9,22 b
C-EB	6,34	19,02 c	9,00 b
C-EB	8,45	20,00 c	11,55 c
C-EB	10,56	20,85 c	10,75 c
C-EB	12,68	16,17 b	7,02 b
Media general		16,14 B	8,24 B
C-G	0	9,00 a	3,70 ns
C-G	2,11	10,00 a	5,12
C-G	4,23	11,70 a	6,10
C-G	6,34	13,82 b	6,92
C-G	8,45	12,77 b	6,80
C-G	10,56	15,12 b	6,42
C-G	12,68	14,87 b	6,85
Media general		12,47 A	5,98 A
CV (%)		18,51	24,91

CV, coeficiente de variación; ns, no significativo en dosis de cada tipo de compost. Medias de tipos de compost con diferentes letras mayúsculas y medias de dosis de cada tipo de compost seguidas por diferentes letras minúsculas difieren entre sí por la prueba de Scott-Knott al 5 % de probabilidad de error.

El incremento de la materia seca aérea de la planta con dosis crecientes de compost con gallinaza se ajustó a una ecuación cuadrática ($y = -0,0249x^2 + 0,8046x + 8,814$) con coeficiente de determinación ($R^2 = 92,47\%$), con dosis de compost con estiércol bovino el incremento de la materia seca se ajustó a una ecuación cuadrática ($y = -0,218x^2 + 3,5863x + 6,061$) con coeficiente de determinación ($R^2 = 96,72\%$). A partir de las ecuaciones de segundo grado obtenidas, se verifica que la máxima producción de materia seca aérea (máxima eficiencia técnica) se alcanza con las dosis de 16 y 8,2 t ha⁻¹, respectivamente, para compost con gallinaza y con estiércol bovino. La estimación de dosis de máxima eficiencia técnica en el compost con gallinaza, para la materia seca aérea, fue superior a la dosis máxima utilizada en el experimento; en cambio para el compost con estiércol bovino, la dosis de mayor producción estimada para la materia seca aérea y radicular de la planta,

además de ser próximos, están en el rango de las dosis estudiadas, pudiendo verificarse una dosis de 8 t ha^{-1} .

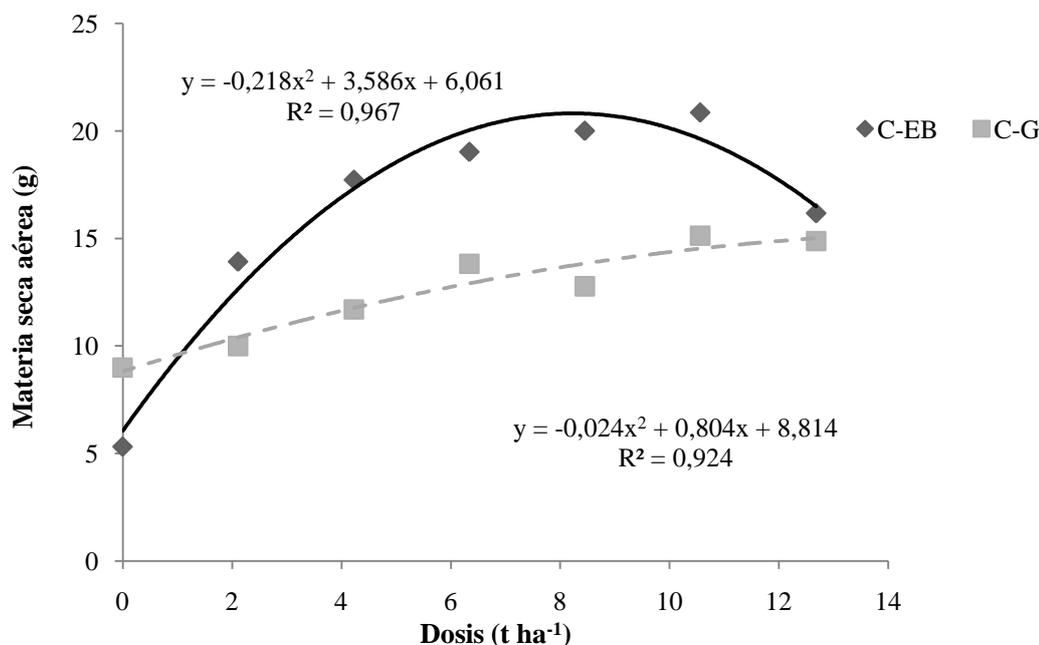


Figura 2. Promedio de materia seca aérea de la planta por efecto de la aplicación de dosis de compost con estiércol bovino (C-EB) y gallinaza (C-G). San Lorenzo, 2017.

Salazar et al. (2007) también encontró diferencias significativas estudiando la variable de rendimiento de forraje de maíz con la aplicación de estiércol, citando como dosis de máxima producción 120 Mg de estiércol/ha, que produjo $103,33 \text{ Mg ha}^{-1}$ de forraje verde y $29,18 \text{ Mg ha}^{-1}$ de forraje seco.

En los resultado del promedio de la materia seca radicular se observa que existió interacción ente dosis y compost El incremento se observó con dosis crecientes de compost con estiércol bovino, se ajustó a una ecuación cuadrática ($y = -0,1298x^2 + 2,0118x + 3,0271$) con coeficiente de determinación ($R^2 = 90,45\%$), dando el valor más alto con un promedio de $11,55 \text{ g}$ a dosis de $8,4 \text{ t ha}^{-1}$, en el testigo se observó una media de $2,90 \text{ g}$ sin la aplicación de compost (Figura 3). Sin embargo con la aplicación de gallinaza, se observó en el testigo y en la dosis de $12,68 \text{ t ha}^{-1}$ una media de $3,7$ y $6,85 \text{ g}$ respectivamente, y no se registró diferencia significativa.

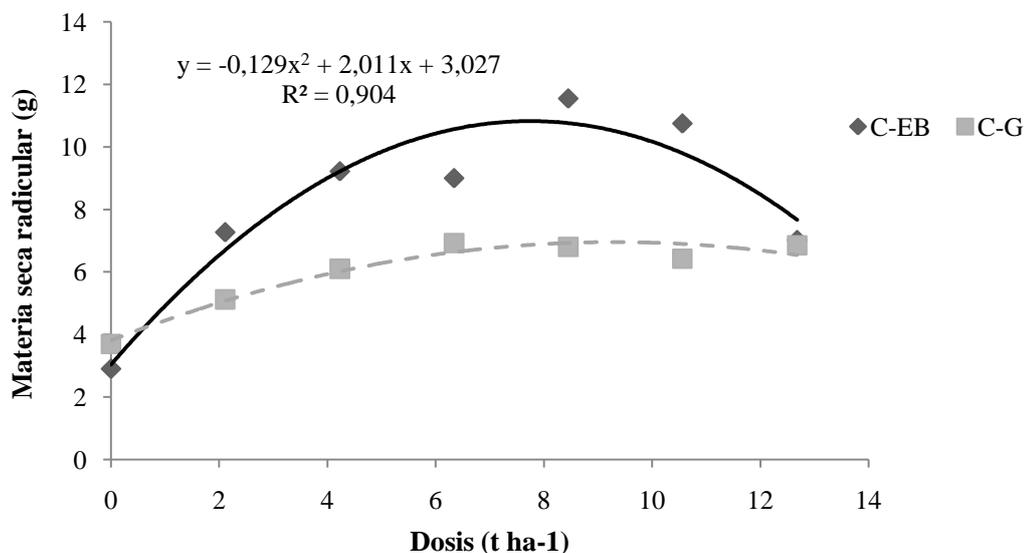


Figura 3 Promedio de materia seca radicular de la planta por efecto de la aplicación de dosis de compost con estiércol bovino (C-EB) y gallinaza (C-G). San Lorenzo, 2017.

Los valores de máxima eficiencia técnica son 9,4 y 7,8 t ha⁻¹ respectivamente para compost con gallinaza y con estiércol bovino lo cual indican que su eficiencia máxima está en el rango de las dosis estudiadas.

4.3. Conductividad eléctrica y pH

Con el análisis de varianza aplicado a los resultados promedios obtenidos de conductividad eléctrica (Anexo 11), se observa que no existe respuesta significativa ni interacción entre dosis y tipo compost. Según Del Pino et al. (2008) con la aplicación de estiércol de gallina y estiércol bovino, la conductividad eléctrica presentó un comportamiento intermedio, no existiendo diferencias significativas.

En la variable de pH no existe diferencia significativa, sin embargo se puede apreciar que existe interacción entre el factor tipo de compost y dosis de compost (Anexo 12) y (Figura 4). El comportamiento del pH con dosis crecientes de estiércol bovino se ajustó a una ecuación cuadrática ($y = -0,0064x^2 + 0,1217x + 5,5$) con coeficiente de determinación ($R^2 = 91,45\%$), incrementándose el pH a medida que se incrementa la dosis de aplicación de estiércol bovino hasta una determinada dosis, a partir del cual comienza a disminuir. La dosis de compost con estiércol bovino de

máximo pH estimado es de 10,1 t ha⁻¹. Por el contrario se aprecia que a dosis creciente de gallinaza el pH disminuye, el testigo presentó un pH de 6,1 y en la mayor dosis del compost un pH 5,67.

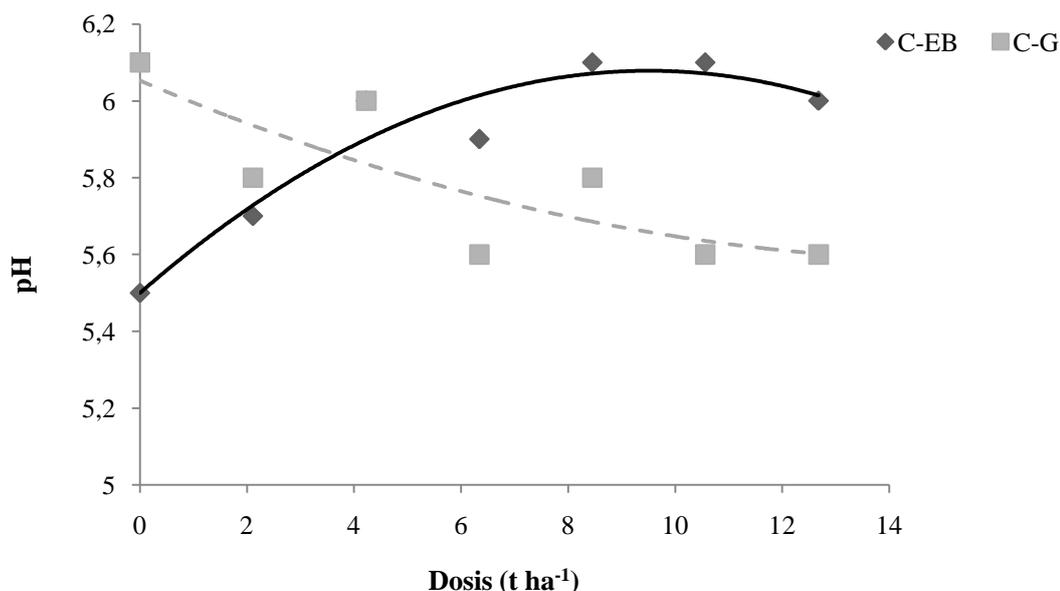


Figura 4. pH en función a aplicación de dosis de compost con estiércol bovino (C-EB) y gallinaza (C-G). San Lorenzo, 2017.

Del Pino et al. (2008) en su experimento con gallinaza y estiércol bovino indicó una disminución del pH en suelo durante la incubación de los compost ; posterior a eso el suelo con aplicación de gallinaza presentó valores significativamente mayores de pH con respecto al estiércol bovino (EB), esos resultados se dieron en función a un contenido superior de Ca⁺², Mg⁺², K⁺ y Na⁺ en el compost de gallinaza en relación al EB, el cual no mostró diferencias significativas en el pH del suelo. Dimas et al. (2001) con la aplicación de dosis de 20, 30 y 40 t ha⁻¹ de estiércol bovino y 12 t ha⁻¹ de gallinaza no encontró cambios significativos en el pH del suelo. Según Eghball et al. (2004) en un experimento con estiércol bovino aplicando 200 kg ha⁻¹ por año con una duración del experimento de cuatro años, el pH aumentó considerablemente con relación al testigo.

4.4. Fósforo disponible, calcio, magnesio y potasio intercambiables

Con el análisis de varianza aplicado a los resultados promedios obtenidos de las variables de calcio y potasio intercambiables (Anexo 13 y 15), se observa que no existe respuesta significativa; la variable de magnesio en cambio si presentó diferencia significativa entre tipos de compost (Anexo 14), siendo superior el compost con gallinaza (Tabla 6).

Tabla 6. Calcio, magnesio y potasio intercambiables en función a la aplicación de dosis de compost con estiércol bovino y gallinaza. San Lorenzo, 2017.

Factor	Dosis (t ha ⁻¹)	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺
	(cmolc Kg ⁻¹).....		
C-EB	0	1,64 ns	0,71 ns	0,03 ns
C-EB	4,23	1,59	0,67	0,02
C-EB	8,45	1,64	0,70	0,04
C-EB	12,68	1,64	0,67	0,06
Media general		1,62 NS	0,69 A	0,04 NS
C-G	0	1,64 ns	0,71 ns	0,03 ns
C-G	4,23	1,29	0,77	0,04
C-G	8,45	1,69	0,72	0,03
C-G	12,68	1,89	0,79	0,04
Media general		1,62 NS	0,75 B	0,04 NS
CV (%)		19,90	7,26	66,34

CV, coeficiente de variación; NS, no significativo en tipos de compost. ns, no significativo en dosis de cada tipo de compost por la prueba de Scott-Knott al 5 % de probabilidad de error.

La no diferencia significativa por la aplicación de compost con estiércol bovino y con gallinaza las razones por la cual no se alcanza el rendimiento potencial se debe a las limitaciones del suelo, al bajo contenido de nutrientes que se verifica en el análisis de suelo. Otras de las razones en la variable de potasio de la no diferencia significativa puede estar relacionada con el alto coeficiente de variación Dimas et al. (2001) en un experimento con maíz evaluando las características químicas del suelo, indicó que no se registraron cambios significativos en Ca⁺² y K⁺ intercambiables.

En la Figura 5 se presentan los resultados de la variable de fósforo disponible en el suelo. Se puede apreciar interacción entre dosis y compost, así como efecto

significativo de dosis y tipo de compost (Anexo 16). No existe diferencia significativa en la aplicación de dosis de estiércol bovino, sin embargo el incremento del Fósforo en el suelo con las dosis crecientes de gallinaza se ajustó a una ecuación lineal ($y = 1,4752x + 0,9223$) con coeficiente de determinación ($R^2 = 96\%$), que indica un aumento por cada tonelada adicional de Gallinaza.

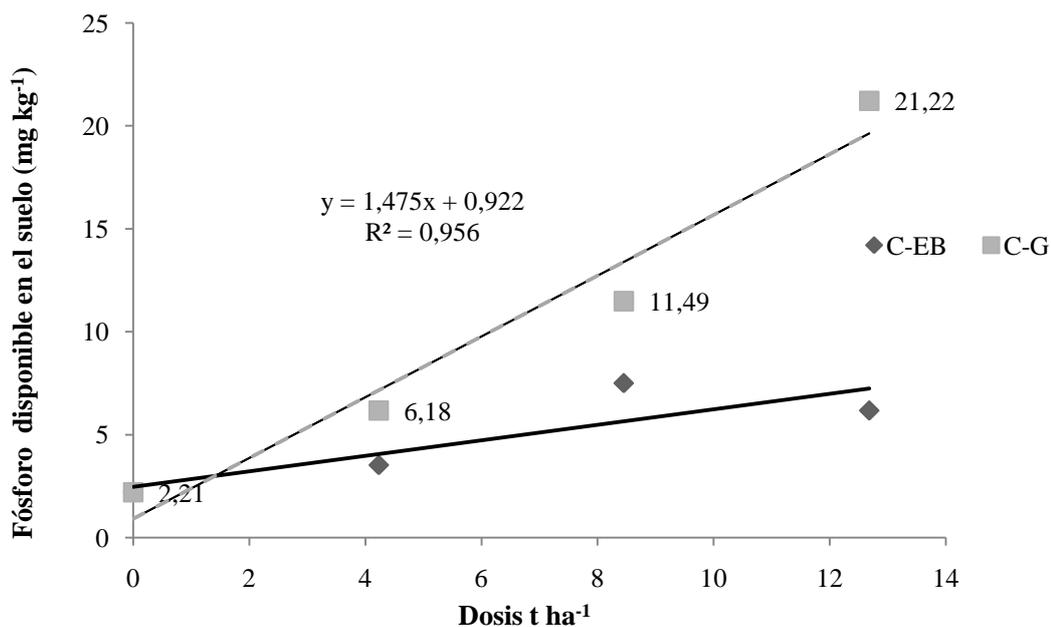


Figura 5. Promedio de la variable de fósforo disponible por efecto de la aplicación de dosis de compost con estiércol bovino (C-EB) y gallinaza (C-G). San Lorenzo, 2017.

Según Muñoz y Montes (2015) cuando se incluye gallinaza en la elaboración del abono orgánico, se aumenta el contenido de fósforo en el suelo. Estos resultados indican la importancia de la aplicación de la gallinaza en estas condiciones de suelo, producto que puede ser obtenido en la propia finca, y que la aplicación de fertilizantes minerales no siempre brinda el resultado deseado en una primera aplicación.

5. CONCLUSIÓN

En las condiciones de invernadero en la cual se desarrolló el experimento se concluye que la aplicación de compost con estiércol bovino genera efecto significativo en las variables de altura de planta, número de macollo, materia seca aérea y radicular. Así también el compost de gallinaza genero efectos significativos en la altura de la planta, número de macollos, masa seca aérea y contenido de fósforo disponible en el suelo.

Las variables de pH, conductividad eléctrica, calcio y potasio tanto para las dosis de estiércol bovino como gallinaza no presentaron diferencias significativas, pudiendo ser por el alto coeficiente de variación, por lo que se recomienda más investigaciones para el manejo de estos compost.

6. RECOMENDACIONES

Se sugiere aplicar hasta 8,45 t ha⁻¹ de compost con estiércol bovino, ya que a mayor dosis es igual o menor al valor obtenido en algunas variables, debido a la misma situación se sugiere que se aplique hasta 10,56 t ha⁻¹ de compost con gallinaza.

La necesidad de tener resultados factibles en la producción requiere de muchas investigaciones. Se recomienda realizar más ensayos referentes a la fertilización orgánica utilizando alternativas como compost a base de residuos de la industria azucarera con estiércol bovino y gallinaza para dar mayor confiabilidad en lo obtenido en el presente experimento.

7. REFERENCIAS

- Acevedo, O; Velázquez, A; Flores, D. 2001. Agregación por especies vegetales y abonos orgánicos en tepetates fracturados bajo condiciones de invernadero (en línea). *TERRA Latinoamericana* 19(4):363-373. Consultado 12 sep. 2016. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/237036641_Agregacion_por_especies_vegetales_y_abonos_organicos_en_tepetates_fracturados_en_condiciones_de_invernadero
- Alcolea, M; González, C. 2000. Manual de compostaje domestico (en línea). Barcelona, España. 49p. Consultado 18 oct. 2016. Disponible en <http://www.resol.com.br/cartilhas/manual-compostaje-en-casa-barcelona.pdf>
- Álvarez, J; Gómez, D; León, N; Gutiérrez, F. 2009. Manejo integrado de fertilizantes y abonos orgánicos en el cultivo de maíz (en línea). *Agrociencia* 44: 575-586. 2009. Consultado 29 oct. 2016. Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v44n5/v44n5a7.pdf>
- Arellano, S; Esteban, S.; Martínez, M; Reyes, L. 2015. Rendimiento de frijol fertilizado con estiércol de bovino en condiciones de secano (en línea). *Rev. fitotec.mex* vol.38(3). Consultado 30 jun. 2017. Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v38n3/v38n3a10.pdf>
- Arzola N, Fundora O, De Mello R.2013. Manejo de suelos para una agricultura sostenible. Jaboticabal, FCAV/UNESP. 509 p.
- Aslantas, R; Cakmakci, R; Sahin, F. 2007. Effect of plant growth promoting rhizobacteria on young apple tree growth and fruit yield under orchard conditions (en línea). *Scientia Horticulturae* 111: 371-377. Consultado 12 sep. 2016. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/222198308_Effect_of_plant_growth_promoting_rhizobacteria_on_young_apple_tree_growth_and_fruit_yield_under_orchard_conditions
- Bustos, G; Cervantes, J; García, M; Adelina, N; Durán, R; Compean E. 2011. Residuos de la industria azucarera: una alternativa para la obtención de ácido láctico (en línea). Tamaulipas, México. Consultado 06 jun. 2017. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/4419/441942924010.pdf>

- Carter, M. 2002. Soil quality for sustainable land management: organic matter and aggregation interactions that maintain soil functions. *Agron J* 94: 38-4.
- Daza, M; Díaz J; Aguirre E; Urrutia, N. 2015. Efecto de abonos de liberación lenta en la lixiviación de nitratos y nutrición nitrogenada en estevia (en línea). *Ev Colomb Cienc Hortíc* vol.9 (1). Consultado 25 oct. 2016. Disponible en http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2011-21732015000100010&lang=pt
- De la Paz-Jiménez, M; De la Horra, A; Pruzzo, L; Palma, R. 2002. Soil quality: a new index based on microbiological and biochemical parameters (en línea). *Biol Fertility Soils* 35:302–306. Consultado 29 oct. 2016. Disponible en <http://sci-hub.cc/10.1007/s00374-002-0450-z>
- Del Pino, A; Repetto, C; Mori, C; Perdomo, C. 2008. Patrones de descomposición de estiércoles en el suelo (en línea). *Terra Latinoamericana* 26: 43-52. Consultado 29 oct. 2016. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57311561006>
- Di Rienzo, A; Casanoves, F; Balzarini, M; Gonzalez, L; Tablada, M; Robledo, C. 2011. Grupo InfoStat (en línea). Córdoba, Argentina FCA. Consultado 30 jun. 2017. Disponible en <http://www.infostat.com.ar>
- Dimas, J; Díaz, A; Martínez, E; Valdez, R. 2001. Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz (en línea). *Terra* 19: 293-299. Consultado 29 oct. 2016. Disponible en <https://chapingo.mx/terra/contenido/19/4/art293-299.pdf>
- Dominguez, V. 1997. Tratado de fertilización. 3^{ra} ed. Madrid, España, Mundi-Prensa. 613pp.
- Dumbrepatil, A; Adsul, M; Chaudhari, S; Khire, J; Gokhale, D. 2008. Utilization of Molasses sugar for lactic acid production by *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *delbrueckii* mutant Uc-3 in batch fermentation (en línea). *Applied and Environmental Microbiology* 74(1): 333-335. Consultado 06 jun. 2017. Disponible en <https://sci-hub.cc/10.1128/AEM.01595-07>
- Eghball, B; Ginting, D; Jilley, J. 2004. Residual effects of manure and compost applications on corn production and soil properties (en línea). *Agron J* 96:442–447. Consultado 29 oct. 2016. Disponible en <http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1013&context=biosysengfacpub>
- Escobar, N; Mora, J; Romero, N. 2013. Respuesta agronómica de *Zea mays* l. y *Phaseolus vulgaris* l. a la fertilización con compost (en línea). *Luna Azul* 37: 18-29. Consultado 02 mar. 2017. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n37/n37a03.pdf>

- Flores, D; Pérez, M; Navarro, H. 2004. Rehabilitación agroecológica de suelos volcánicos endurecidos, experiencias en el Valle de México (en línea). *Rev Agroecol* (19): 24-27. Consultado 30 jun. 2017. Disponible en <http://leisa-al.org/web/index.php/volumen-19-numero-4/2139-rehabilitacion-agroecologica-de-suelos-volcanicos-endurecidos-experiencias-en-el-valle-de-mexico>
- Flores, J; Corral, B; Figueroa, U; Viramontes, L; Rivera, M; Sotomayor, V. 2009. Nitrógeno mineralizable de estiércol bovino lechero en suelos agrícolas del norte de México (en línea) p. 152-172. *In: Agricultura orgánica*. Durango, México, Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED. Consultado 30 oct. 2016. Disponible en http://faz.ujed.mx/Posgrado/maos/autoevaluacion/categorias/3personal_academico/9.1libros/9.1.2linea%20manejo%20sust.%20aguasuelo/Libro%20de%20agricultura%20organica%20SEGUNDA%20PARTE%202009.pdf
- Fortis, M; Leos, J; Preciado, P; Orona, I; García, J; García, J; Orozco, J. 2009. Aplicación de abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero con riego por goteo (en línea). *Terra Latinoamericana* 27: 329-336. Consultado 30 oct. 2016. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792009000400007
- García, C; Monje, N. 1995. *Agricultura orgánica*. Costa Rica, EUNED. 457 p.
- Gregorich, E; Ellert, B; Drury, C; Liang, B. 1996. Fertilization effects on soil organic matter turnover and corn residue C storage (en línea). *Soil Sci Soc Am J* 60: 422-476. Consultado 10 oct. 2016. Disponible en <https://scihub.io/10.2136/sssaj1996.03615995006000020019x>
- Jamali, H; Quayle, W; Baldock, J. 2015. Reducing nitrous oxide emissions and nitrogen leaching losses from irrigated arable cropping in Australia through optimized irrigation scheduling (en línea). *Agr Forest Meteorol* 208: 32-39. Consultado 25 oct. 2016. Disponible en <http://linkinghub.elsevier.com/scihub.cc/retrieve/pii/S0168192315001148>
- Julca-Otiniano, A; Meneses, L; Blas-Sevillano, R; Bello-Amez, S. 2006. La materia orgánica, importancia y experiencias de su uso en la agricultura (en línea). *Idesia* 24:49-61. Consultado 12 sep. 2016. Disponible en http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292006000100009
- Kolmans, E; Vásquez, D. 1996. *Manual de agricultura ecológica: Una introducción a los principios básicos y su aplicación*. Ciudad del a Habana, Cuba. 148 p.
- Li, Y; Zhang, R; Liu, G; Chen, C.; He, Y; Liu, X. 2013. Comparison of methane production potential, biodegradability, and kinetics of different organic substrates (en línea). *Bioresource Technology* 149: 565-569. Consultado 25 oct. 2016.

Disponible en <http://linkinghub.elsevier.com/sci-hub.cc/retrieve/pii/S0960852413014958>

- Labrador, J. 1996. La Materia orgánica en los agroecosistemas. Madrid, España. Editorial Ministerio de agricultura. 176 p.
- Lampkin, N. 1998. Agricultura ecológica. Madrid, España, Mundi Prensa.
- Longoria, C. 2000. Fertilización orgánica con estiércol bovino en diferentes fechas y dosis de aplicación en maíz blanco Hualahuisés (en línea). México. Consultado 29 oct. 2016. Disponible en <http://eprints.uanl.mx/6353/1/1080095037.PDF>
- Martínez, E; Villarreal, M; Almeida, J; Solenzal, A; Canilha, L; Mussatto, S. 2002. Uso de diferentes materias primas para la producción biotecnológica de xilitol (en línea). Cienc Tecnol Aliment 3(5): 295-301. Consultado 6 jun. 2017. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/724/72430506.pdf>
- Martinez, M. 2010. Efectos de dosis de estiércol bovino sobre el rendimiento del pasto elefante (*Pennisetum purpureum*, shum) tercer año en un suelo Paleudult en el Distrito de Caazapa- Paraguay. Tesis Ing. Agr. San Lorenzo, FCA-UNA.
- Muñoz, J; Montes, C. 2015. Evaluación de abonos orgánicos utilizando como indicadores plantas de lechuga y repollo en popayan (en línea). Rev Bio Agro 13 (1). Consultado 25 oct. 2016. Disponible en http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612015000100009&lang=pt
- Olivares, M; Hernández, A; Vences, C; Jáquez, J; Ojeda, D. 2008. Lombricomposta y composta de estiércol de ganado vacuno lechero: Como fertilizantes y mejoradores de suelo (en línea). Chihuahua, México. Facultad de Ciencias Agrotecnológicas. Consultado 30 oct. 2016. Disponible en <http://www.universidadyciencia.ujat.mx/sistema/documentos/volumenes/28-1-2012/3--624.pdf>
- Pastor, M. 1990. Suelos y agroquímicas. Playa, Ciudad de la Habana. Editorial Pueblo y Educación. 224 p.
- Pérez, O; Etchevers, J; Navarro, H; Núñez, R. 2000. Aporte de los residuos del cultivo anterior al reservorio de nitrógeno en tepetates (en línea). Agrociencia 34:115-125. Consultado 12 jun. 2017. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/302/30234201.pdf>
- Primavesi, A. 1988. Manejo ecológico do solo. Agricultura en Regioes Tropicais. 9 ed. Sao Paulo, Novel. 549 p.

- Ramírez, H. 2005. Producción sostenible de hortalizas. *In: Curso-Taller Introductorio Producción Sostenible de Hortalizas. Posgrado en Agronomía. Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado, Barquisimeto. Edo. Lara. 51 p.*
- Raviv, M; Medina, S; Krasnovsky, A; Ziadna, H. 2004. Organic matter and nitrogen conservation in manure compost for organic agriculture (en línea). *Compost Sei Util* 12(1), 6-10. Consultado 02 mar. 2017. Disponible en <http://sci-hub.io/http://dx.doi.org/10.1080/1065657X.2004.10702151>
- Restrepo, R. 1998. La idea y el arte de fabricar los abonos organicos fermentados: aportes y recomendaciones. Cali, Colombia. Ed. SIMAS. 151 p.
- Rodrigues, R; Felipe, M; Almeida, J; Vitolo, M; Gómez, P. 2001. The influence of pH, temperatura and hydroysate concentration on the removal of volatile and nonvolatile compounds from sugarcane bagasse hemicellulosic hydrolysate treated with activated charcoal before or after vacuum evaporation (en línea). *Brazilian Journal of Chemical Engineering* 18: 299-311. Consultado 12 jun. 2017. Disponible en http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-66322001000300009
- Salazar, E; Trejo, H; Vázquez, C; D. López, J. 2007. Producción de maíz bajo riego por cintilla, con aplicación de estiércol bovino (en línea). *Phyton Rev Int Bot Exp* 76: 169-185. Consultado 30 oct. 2016. Disponible en http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-56572007000100015
- Salazar, E; Vázquez, C; Leos, J; Fortis, M; Montemayor, J; Figueroa, R; D. López, J. 2004. Mineralización del estiércol bovino y su impacto en la calidad del suelo y la producción de tomate (*Lycopersicum sculentum* Mill) bajo riego sub-superficial (en línea). *Phyton Rev Inter Bot Exp* 73: 259-273. Consultado 30 oct. 2016. Disponible en http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-56572004000100032
- Semple, A. 1974. Mejoras de los pastos del mundo. Roma, FAO.169 p.
- Sikora, L; Enkiri, N. 2001. Uptake of 15N fertilizer in compost-amended soils (en línea). *Plant and Soil* 235: 65–73. Consultado 29 oct. 2016. Disponible en <https://sci-hub.cc/10.1023/A:1011855431544>
- Soto, M.G. 2003. Abonos orgánicos: definiciones y procesos. San José, Costa Rica: Ed. Meléndez. p. 20-49.
- Sreenath, H; Moldes, A; Koegel, R; Straub, R. 2001. Lactic acid production from agriculture residues (en línea). *Biotechnol Lett.* 23(3). Consultado 06 jun. 2017. Disponible en <https://sci-hub.io/10.1023/A:1005651117831>

Tedesco, M; Gianello, C; Bissani, C; Bohmen, H; Volkweiss, S.1995. Analises de solo , planta e outros materials. Porto Alegre, Brasil, Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul. 170 p.

Zamora, G; Benavides, V. 2002. Evaluación del efecto de la fertilización mineral y orgánica (gallinaza) en el crecimiento y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.), variedad NB-S en la estación experimental La compañía (en línea). Trabajo de grado. Managua, Nicaragua, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Agraria. Consultado 12 jun. 2017. Disponible en <http://repositorio.una.edu.ni/1861>

Zuninho, H; Borie, F; Aguilera, S; Martin, J; Haider, k. 1982. Soil biology and biochemistry: Decomposition of ¹⁴C-labeled glucose, plant and microbial products and phenols in volcanic ash-derived soils of chile. Editorial ELSEVIER 14 (1): 37- 43 p.

8. ANEXOS

Anexo 1. Tratamiento, dosis y cantidad de compost de estiércol bovino (C-EB) y gallinaza (C-G) utilizados con suelo de textura arenosa. San Lorenzo, 2017.

Tratamientos	Descripción	Dosis (t ha ⁻¹)	Cantidad de compost (g)
T ₁	C-EB	0	0
T ₂	C-EB	2,11	5
T ₃	C-EB	4,23	10
T ₄	C-EB	6,34	15
T ₅	C-EB	8,45	20
T ₆	C-EB	10,56	25
T ₇	C-EB	12,68	30
T ₈	C-G	0	0
T ₉	C-G	2,11	5
T ₁₀	C-G	4,23	10
T ₁₁	C-G	6,43	15
T ₁₂	C-G	8,45	20
T ₁₃	C-G	10,56	25
T ₁₄	C-G	12,68	30

Anexo 2. Croquis de distribución de los tratamientos en invernadero, compost con gallinaza (C-G); compost con estiércol bovino (C-EB).

BLOQUE 1		BLOQUE 2	
T7B1C-G	T7B1C-EB	T5B2C-G	T5B2C-EB
T1B1C-G	T1B1C-EB	T6B2C-G	T6B2C-EB
T2B1C-G	T2B1C-EB	T3B2C-G	T3B2C-EB
T3B1C-G	T3B1C-EB	T2B2C-G	T2B2C-EB
T4B1C-G	T4B1C-EB	T7B2C-G	T7B2C-EB
T5B1C-G	T5B1C-EB	T4B2C-G	T4B2C-EB
T6B1C-G	T6B1C-EB	T1B2C-G	T1B2C-EB
BLOQUE 3		BLOQUE 4	
T2B3C-G	T2B3C-EB	T6B4C-G	T6B4C-EB
T1B3C-G	T1B3C-EB	T7B4C-G	T7B4C-EB
T7B3C-G	T7B3C-EB	T2B4C-G	T2B4C-EB
T5B3C-G	T5B3C-EB	T1B4C-G	T1B4C-EB
T4B3C-G	T4B3C-EB	T4B4C-G	T4B4C-EB
T6B3C-G	T6B3C-EB	T3B4C-G	T3B4C-EB
T3B3C-G	T3B3C-EB	T5B4C-G	T5B4C-EB
Entrada del Invernadero			

Anexo 3. Datos de las variables de pH, conductividad eléctrica, altura de planta, macollo, materia seca aérea y radicular obtenido en el compost con estiércol bovino.

Dosis (t ha ⁻¹)	Bloque	pH	Conductividad eléctrica dS m ⁻¹	Altura de Planta (cm)	Número de Macollo	M. Seca Aérea(g tmt ⁻¹).....	M. Seca Radicular
0	1	5,7	0,038	26	1,2	5,7	2,3
2,11	1	5,8	0,043	37	2,5	16,9	7,8
4,23	1	5,9	0,056	36,8	2,2	19,1	8,6
6,34	1	5,9	0,042	37,6	2,5	17,7	8
8,45	1	6,3	0,067	41,2	3,5	26	11
10,56	1	6,1	0,037	41,1	3	29,9	6,7
12,68	1	6	0,075	37,4	3,7	17,9	5,5
0	2	5,6	0,12	28,5	1,2	3,9	3,2
2,11	2	5,8	0,117	40	3	11,7	8,3
4,23	2	6,1	0,104	41,7	3,5	12	7,9
6,34	2	5,9	0,123	43,1	3,5	20,7	9,3
8,45	2	5,9	0,116	42,3	3,7	10,6	14,8
10,56	2	6,2	0,086	42	4	15,5	10,9
12,68	2	5,9	0,067	39,2	3,2	14	7,9
0	3	5,6	0,054	30,7	1	6,1	2,1
2,11	3	5,9	0,039	32,5	2	18,3	6,7
4,23	3	6,1	0,071	35,2	3	23,1	10,6
6,34	3	6	0,048	39,2	3,2	23,1	8,2
8,45	3	6,1	0,057	37,8	4	27,2	9,6
10,56	3	6	0,064	37,5	3,7	23,2	12,1
12,68	3	6,1	0,	39,5	2,5	18,1	6,4
0	4	5,4	0,123	34,2	1	5,6	4
2,11	4	5,6	0,115	37,8	1	8,8	6,3
4,23	4	5,9	0,127	41	1	16,7	9,8
6,34	4	5,9	0,058	41,5	2,2	14,6	10,5
8,45	4	6,1	0,070	45	2	16,2	10,8
10,56	4	6,2	0,063	43,3	1,7	14,8	13,3
12,68	4	6	0,073	43,2	2	14,7	8,3

Anexo 4. Calcio, magnesio, potasio y fósforo obtenido en el compost con estiércol bovino.

Dosis (t ha ⁻¹)	Bloque	P (mg kg ⁻¹)	Ca ⁺²(cmolc Kg ⁻¹).....	Mg ⁺²	K ⁺
0	1	1,77	1,59	0,66	0,04
4,23	1	1,77	1,59	0,71	0,04

Anexo 4. Calcio, magnesio, potasio y fósforo obtenido en el compost con estiércol bovino. (Continuación).

Dosis (t ha ⁻¹)	Bloque	P (mg kg ⁻¹)	Ca ⁺²(cmolc Kg ⁻¹).....	Mg ⁺²	K ⁺
8,45	1	8,84	1,79	0,76	0,06
12,68	1	5,3	1,59	0,62	0,03
0	2	3,54	1,59	0,71	0,04
4,23	2	3,54	1,59	0,66	0,02
8,45	2	10,61	1,79	0,76	0,04
12,68	2	7,07	1,59	0,66	0,04
0	3				
4,23	3	3,54	1,59	0,62	0,02
8,45	3	5,3	1,39	0,62	0,04
12,68	3	5,3	1,79	0,66	0,03
0	4				
4,23	4	5,3	1,59	0,71	0,03
8,45	4	5,3	1,59	0,66	0,02
12,68	4	7,07	1,59	0,76	0,17

Anexo 5. Datos de las variables de pH, conductividad eléctrica, altura de planta, macollo, materia seca aérea y radicular obtenido en el compost con gallinaza.

Dosis (t ha ⁻¹)	Bloque	pH	Conductividad eléctrica dS m ⁻¹	Altura de Planta (cm)	Número de Macollo	M. Seca aérea(g tmt ⁻¹).....	M. Seca radicular
0	1	5,7	0,060	30,2	1,2	11,8	5
,11	1	5,6	0,0864	34	1,2	11,2	6,4
4,23	1	5,7	0,0889	36,2	1,5	16,1	9,4
6,34	1	5,9	0,1048	34,3	2,2	15,8	9,2
8,45	1	5,8	0,0681	36,2	2,7	15,1	9,8
10,56	1	5,8	0,0653	37,1	1,5	15,8	6,3
12,68	1	5,9	0,1183	36,8	3,7	15,8	8,5
0	2	6,3	0,0891	32,6	1	7,9	3,3
2,11	2	5,8	0,0913	35	1,2	7,7	3,2
4,23	2	6,1	0,0922	38	1	9	3,7
6,34	2	5,6	0,0678	39,8	2,2	12,7	5,4
8,45	2	6,1	0,0805	39,3	1,5	10,2	4,5
10,56	2	5,4	0,0828	42,5	3	15,3	5,2
12,68	2	5,4	0,0875	39,5	2,5	13,2	4,4
0	3	5,8	0,0469	26,2	1,7	12,5	4,5
4,23	3	5,9	0,0725	38,2	1,5	15	6,6

Anexo 5. Datos de las variables de pH, conductividad eléctrica, altura de planta, macollo, materia seca aérea y radicular obtenido en el compost con gallinaza. (Continuación).

Dosis (t ha ⁻¹)	Bloque	pH	Conductividad eléctrica dS m ⁻¹	Altura de Planta (cm)	Número de Macollo	M. Seca aérea(g tmt ⁻¹).....	M. Seca radicular
6,34	3	5,8	0,091	40	2,2	15,6	6,2
8,45	3	5,9	0,069	43	1,7	14,5	6,2
10,56	3	6	0,075	39,6	2	16,2	5,6
12,68	3	5,8	0,100	38,5	2,5	19,3	6,7
0	4	6,6	0,066	32,3	1,2	3,8	2
2,11	4	6,3	0,092	37	2,2	6,5	4,3
4,23	4	6,6	0,114	35,2	3	6,7	4,7
6,34	4	5,3	0,074	40,3	3,5	11,2	6,9
8,45	4	5,5	0,117	39,7	4	11,3	6,7
10,56	4	5,5	0,098	41,1	4	13,2	8,6
12,68	4	5,6	0,104	42,5	4,2	11,2	7,8

Anexo 6. Calcio, magnesio, potasio y fósforo obtenido en el compost con gallinaza.

Dosis (t ha ⁻¹)	Bloque	P (mg kg ⁻¹)	Ca ⁺²(cmolc Kg ⁻¹).....	Mg ⁺²(cmolc Kg ⁻¹).....	K ⁺
0	1				
4,23	1	8,84	1,79	0,76	0,06
8,45	1	14,15	1,99	0,76	0,04
12,68	1	31,83	1,99	0,81	0,04
0	2				
4,23	2	5,3	1,99	0,81	0,06
8,45	2	5,3	1,59	0,71	0,03
12,68	2	14,15	1,79	0,76	0,06
0	3	1,77	1,59	0,76	0,02
4,23	3	5,3	1,59	0,71	0,04
8,45	3	14,15	1,59	0,66	0,04
12,68	3	21,22	1,99	0,85	0,03
0	4	1,77	1,79	0,71	0,04
4,23	4	5,3	1,79	0,81	0,02
8,45	4	12,38	1,59	0,76	0,04
12,68	4	17,68	1,79	0,76	0,04

Anexo 7. Análisis de varianza de altura de planta con el uso de compost con estiércol bovino y compost con gallinaza.

FV	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
BLOQUES	3	127,22	42,40	9,76	0,00
COMPOST	1	16,61	16,61	3,82	0,05
DOSIS	6	663,05	110,50	25,45	0,00
COMPOST*DOSIS	6	9,23	1,53	0,35	0,90
erro	39	169,33	4,34		
Total corregido	55				
CV (%) =	5,52				
Media general:	37,75		Número de observación:		56

Anexo 8. Análisis de varianza de macollo con el uso de compost con estiércol bovino y compost con gallinaza.

FV	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
BLOQUES	3	0,18	0,06	0,08	0,96
COMPOST	1	1,57	1,57	2,18	0,14
DOSIS	6	22,65	3,77	5,22	0,0005
COMPOST*DOSIS	6	2,41	0,40	0,55	0,76
erro	39	28,20	0,72		
Total corregido	55				
CV (%) =	35,92				
Media general:	2,36		Número de observación:		56

Anexo 9. Análisis de varianza de masa seca aérea con el uso de compost con estiércol bovino y compost con gallinaza.

FV	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
BLOQUES	3	476,16	158,72	22,62	0,00
COMPOST	1	189,07	189,07	26,94	0,00
DOSIS	6	644,39	107,39	15,30	0,00
COMPOST*DOSIS	6	168,75	28,12	4,00	0,0032
erro	39	273,63	7,016		
Total corregido	55				
CV (%) =	18,51				
Media general:	14,30		Número de observación:		56

Anexo 10. Análisis de varianza de masa seca radicular con el uso de compost con estiércol bovino y compost con gallinaza.

FV	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
BLOQUES	3	7,381	2,46	0,78	0,51
COMPOST	1	71,32	71,32	22,68	0,00
DOSIS	6	182,82	30,47	9,68	0,00
COMPOST*DOSIS	6	49,93	8,32	2,64	0,029
erro	39	122,65	3,14		
Total corregido	55				
CV (%) =	24,91				
Media general:	7,11		Número de observación:		56

Anexo 11. Análisis de varianza de conductividad eléctrica con el uso de compost con estiércol bovino y compost con gallinaza.

FV	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
BLOQUES	3	0,0091	0,0030	6,00	0,00
COMPOST	1	0,0007	0,00078	1,55	0,21
DOSIS	6	0,0023	0,00039	0,78	0,58
COMPOST*DOSIS	6	0,0024	0,00040	0,79	0,57
erro	39	0,0197	0,00050		
Total corregido	55				
CV (%) =	27,68				
Media general:	0,08		Número de observación:		56

Anexo 12. Análisis de varianza de pH con el uso de compost con estiércol bovino y compost con gallinaza.

FV	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
BLOQUES	3	0,02	0,008	0,14	0,93
COMPOST	1	0,11	0,11	1,91	0,17
DOSIS	6	0,37	0,06	1,07	0,39
COMPOST*DOSIS	6	1,38	0,23	3,97	0,00
erro	39	2,27	0,05		
Total corregido	55				
CV (%) =	4,1				
Media general:	5,88		Número de observación:		56

Anexo 13. Análisis de varianza de calcio con el uso de compost con estiércol bovino y compost con gallinaza.

FV	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
BLOQUES	3	0,41	0,13	1,30	0,29
COMPOST	1	0,00	0,00	0	0,99
DOSIS	3	0,44	0,14	1,40	0,27
COMPOST*DOSIS	3	0,30	0,10	0,97	0,42
erro	21	2,20	0,10		
Total corregido	31				
CV (%) =	19,9				
Media general:	1,62		Número de observación:		32

Anexo 14. Análisis de varianza de magnesio con el uso de compost con estiércol bovino y compost con gallinaza.

FV	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
BLOQUES	3	0,0037	0,0012	0,45	0,71
COMPOST	1	0,028	0,028	10,54	0,00
DOSIS	3	0,0033	0,0011	0,40	0,75
COMPOST*DOSIS	3	0,020	0,0066	2,44	0,09
erro	21	0,57	0,002		
Total corregido	31	0,1132			
CV (%) =	7,26				
Media general:	0,72		Número de observación:		32

Anexo 15. Análisis de varianza de potasio con el uso de compost con estiércol bovino y compost con gallinaza.

FV	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
BLOQUES	3	0,0016	0,0005	0,74	0,53
COMPOST	1	0,00005	0,00005	0,06	0,79
DOSIS	3	0,0020	0,0006	0,92	0,44
COMPOST*DOSIS	3	0,0018	0,0006	0,81	0,50
erro	21	0,015			
Total corregido	31	0,02			
CV (%) =	66,34				
Media general:	0,04		Número de observación:		32

Anexo 16. Análisis de varianza de fósforo con el uso de compost con estiércol bovino y compost con gallinaza.

FV	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
BLOQUES	3	33,14	11,04	0,96	0,42
COMPOST	1	234,68	234,68	20,55	0,0002
DOSIS	3	619,09	206,36	18,07	0,00
COMPOST*DOSIS	3	263,15	87,71	7,68	0,0012
erro	21	239,81			
Total corregido	31	1389,89			
CV (%) =	44,64				
Media general:	7,57		Número de observación:	32	