

**EFFECTO DE COMPOST A BASE DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA  
AZUCARERA CON ESTIERCOL BOVINO Y CON GALLINAZA EN  
PROPIEDADES QUIMICAS DEL SUELO**

**LUCIANA MARIA NOGUERA LARROSA**

Trabajo Final de grado presentado 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

2018

**EFFECTO DE COMPOST A BASE DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA  
AZUCARERA CON ESTIERCOL BOVINO Y CON GALLINAZA EN  
PROPIEDADES QUIMICAS DEL SUELO**

**LUCIANA MARIA NOGUERA LARROSA**

Orientador: Prof. Ing. Agr. (Dr.) CARLOS A. LEGUIZAMÓN ROJAS

Co-Orientador: Prof. Q.A. (MSc.) DORALICIA ZACARIAS SERVÍN

Trabajo final de grado presentado 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

2018

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

**EFEECTO DE COMPOST A BASE DE RESÍDUOS DE LA INDUSTRIA  
AZUCARERA CON ESTIERCOL BOVINO Y CON GALLINAZA EN  
PROPIEDADES QUIMICAS DEL SUELO**

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

Autora: Luciana Maria Noguera Larrosa

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

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

**Miembros de la Mesa Examinadora:**

Prof. Ing. Agr. (Dr.) Carlos A. Leguizamón R. \_\_\_\_\_

Prof. Q.A. (MSc.) Doralicia Zacarías S. \_\_\_\_\_

Ing. Agr. Laura Raquel Quiñonez Vera \_\_\_\_\_

San Lorenzo, 14 de diciembre de 2018

DEDICADO  
*A mis Queridos Padres;  
Palmira y Pastor,  
A mis hermanos Pastor y Pamela,  
A mis abuelos Toti (+) y Calelu*

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres, Palmira y Pastor, por ser mis pilares y motivación de vida, quienes me inculcaron los mejores valores, por su apoyo incondicional durante todos los momentos de mi vida. De ellos este logro y toda mi gratitud.

A mis hermanos, Pamela y Pastor, por ser mis soportes ante toda adversidad.

A mi Orientador Prof. Carlos Leguizamón, a mi Co-Orientadora Prof. Doralicia Zacarias, por la paciencia, el conocimiento y experiencia compartida y el apoyo durante la realización de este trabajo.

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 durante mi formación.

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

A mi familia, quienes estuvieron siempre acompañándome en cada paso que doy.

A mis amigas; Guadalupe, Melissa, Gloria y Astrid, quienes estuvieron apoyándome a lo largo de mi formación académica y alentándome a la culminación de este trabajo.

A Miguel, por su incondicionalidad y apoyo durante la realización de este trabajo.

# EFFECTO DE COMPOST A BASE DE RESÍDUOS DE LA INDUSTRIA AZUCARERA CON ESTIERCOL BOVINO Y CON GALLINAZA EN PROPIEDADES QUIMICAS DEL SUELO

Autora: Luciana Maria Noguera Larrosa  
Orientador: Prof. Ing. Agr. (Dr.) Carlos A. Leguizamón R.  
Co-orientadora: Prof. QaI. (MSc.) Doralicia Zacarías S.

## RESUMEN

El procesamiento agroindustrial de la caña de azúcar genera importantes cantidades de residuos, que pueden ser reutilizados para aumentar la fertilidad de los suelos y el reciclaje de nutrientes, disminuyendo la contaminación por la mala disposición de estos. Estos residuos pueden ser enriquecidos con el uso de estiércol bovino y gallinaza. El objetivo del experimento fue evaluar el efecto del compost a base de residuos de la industria azucarera con estiércol bovino y con gallinaza en las características químicas del suelo. El experimento se realizó en invernadero y corresponde al segundo año de evaluación. El diseño experimental fue de bloques completos al azar y los tratamientos fueron dispuestos en arreglo factorial con dos factores, el factor fuentes: compost a base de residuos de la industria azucarera con estiércol bovino (C-EB) y con gallinaza (C-G); y el factor dosis: 0, 2,4, 6, 8, 10, 12 t ha<sup>-1</sup> de ambos tipos de compost. El suelo para el experimento fue colectado del distrito de Arroyos y Esteros, del área de influencia de la Cooperativa “Manduvira” propietaria de la industria azucarera. El suelo fue tamizado con un tamiz de 4 mm. y luego cargado 7,1 kg en macetas. Luego de 30 días del cargado de las macetas y de la aplicación de las enmiendas se realizó la siembra del maíz, dejándose dos plantas por macetas. Transcurridos 60 días de la siembra se realizó la cosecha de la parte aérea y radicular de la planta. Fueron realizadas evaluaciones en la planta de maíz y de algunas variables químicas del suelo, las cuales fueron sometidas a análisis de varianza. Los tenores de calcio y magnesio intercambiables, de fósforo disponible y cinc en el suelo fueron superiores con la aplicación del compost con gallinaza en relación al compost con estiércol bovino. Las dosis sucesivas de ambos tipos de compost incrementaron significativamente la disponibilidad de fósforo y del cinc en el suelo. El pH, la conductividad eléctrica, el potasio intercambiable, el cobre y el manganeso del suelo no fueron afectados por la aplicación del compost a base de residuos de la industria azucarera con estiércol bovino y con gallinaza, ni por sus dosis sucesivas. La altura, el diámetro del tallo, la materia seca aérea y radicular del maíz es superior con la aplicación del compost con gallinaza en relación al compost con estiércol bovino. Las dosis sucesivas de compost con gallinaza incrementan la altura, el diámetro del tallo, la materia seca aérea y de raíz del maíz. Las dosis de compost con estiércol bovino incrementaron la materia seca aérea y de raíz del maíz. Respuestas significativas en parámetros químicos del suelo y en parámetros del crecimiento del maíz se obtienen a menores dosis con la aplicación de compost de residuos de la industria azucarera con gallinaza.

**Palabras clave:** Enmienda, Residuos orgánicos, propiedades químicas del suelo, *Zea Mays* L.

# **EFEITO DO COMPOSTO BASEADO EM RESÍDUOS DA INDÚSTRIA AÇUCAREIRA COM ESTERCO BOVINO E COM ESTERCO DE GALINHA NAS PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO**

Autora: Luciana Maria Noguera Larrosa

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

Co-orientadora: Prof. QaI. (MSc.) Doralicia Zacarías S.

## **RESUMO**

O processamento agroindustrial da cana-de-açúcar gera quantidades significativas de resíduos, que podem ser reutilizados para aumentar a fertilidade do solo e a reciclagem de nutrientes, reduzindo a poluição devido à má disposição dos mesmos. Esses resíduos podem ser enriquecidos com o uso de esterco bovino e esterco de galinha. O objetivo do experimento foi avaliar o efeito de composto à base de resíduos da indústria açucareira com esterco bovino e com esterco de galinha sobre as características químicas do solo. O experimento foi conduzido em casa de vegetação e corresponde ao segundo ano de avaliação. O desenho experimental foi o de blocos casualizados e tratamentos foram dispostos em arranjo fatorial com dois factores, o factor de compostagem de resíduos de fontes com base da indústria do açúcar com esterco bovino (C-EB) e esterco de galinha (C-L); e o fator de dose: 0, 2,4, 6, 8, 10, 12 t ha<sup>-1</sup> de ambos tipos de composto. O solo para o experimento foi coletado no distrito de Arroyos y Esteros, da área de influência da Cooperativa "Manduvira", dona da indústria açucareira. O solo foi peneirado com uma peneira de 4 mm. e depois carregou 7,1 kg em potes. Após 30 dias de carregamento das panelas e aplicação das emendas, o milho foi semeado, deixando duas plantas por vaso. Sessenta dias após a semeadura, a parte aérea e radicular da planta foi colhida. As avaliações foram feitas no milho e em algumas variáveis químicas do solo, as quais foram submetidas à análise de variância. Os níveis intercambiáveis de cálcio e magnésio de fósforo e zinco disponíveis no solo foram maiores com a aplicação de composto com esterco de galinha em relação ao composto com esterco bovino. As doses sucessivas de ambos tipos de composto aumentaram significativamente a disponibilidade de fósforo e zinco no solo. O pH, a condutividade eléctrica, de potássio permutável, cobre e manganês solo não foram influenciados pela aplicação baseada compostagem de resíduos provenientes da indústria do açúcar com esterco bovino e esterco de galinha, ou para as suas doses sucessivas. A altura, o diâmetro do caule, a matéria seca aérea e radicular do milho é superior com a aplicação do composto com esterco de galinha em relação ao composto com esterco bovino. As doses sucessivas de composto com esterco de galinha aumentam a altura, o diâmetro do caule, a matéria seca aérea e a raiz do milho. As doses de composto com esterco bovino aumentaram a matéria seca aérea e a raiz do milho. Respostas significativas nos parâmetros químicos do solo e nos parâmetros de crescimento do milho são obtidas em doses menores com a aplicação de composto de lixo da indústria açucareira com esterco de galinha.

**Palabras claves:** Alteração, resíduos orgânicos, propriedades químicas do solo, Zea Mays L

# **EFFECT OF COMPOST BASED ON WASTE FROM THE SUGAR INDUSTRY WITH BOVINE MANURE AND WITH CHICKEN MANURE IN THE CHEMICAL PROPERTIES OF THE SOIL**

Author: Luciana Maria Noguera Larrosa

Advisor: Prof. Ing. Agr. (Dr.) Carlos A. Leguizamón R.

Co-Advisor: Prof. QaI. (MSc.) Doralicia Zacarías S.

## **SUMMARY**

Agroindustrial processing of sugarcane generates significant amounts of waste, which can be reused to increase soil fertility and the recycling of nutrients, reducing pollution due to the poor disposition of these. These residues can be enriched with the use of bovine manure and chicken manure. The objective of the experiment was to evaluate the effect of compost based on waste from the sugar industry with bovine manure and with chicken manure on the chemical characteristics of the soil. The experiment was carried out in the greenhouse and corresponds to the second year of evaluation. The experimental design was randomized complete blocks and the treatments were arranged in factorial arrangement with two factors, the source factor: compost based on residues of the sugar industry with bovine manure (C-EB) and with chicken manure (C-G); and the dose factor: 0, 2.4, 6, 8, 10, 12 t ha<sup>-1</sup> of both types of compost. The soil for the experiment was collected from the district of Arroyos y Esteros, from the area of influence of the Cooperativa "Manduvira", owner of the sugar industry. The soil was sieved with a 4 mm sieve. and then loaded 7.1 kg in pots. After 30 days of loading the pots and applying the amendments, the corn was sown, leaving two plants per pot. Sixty days after sowing, the aerial and radicular part of the plant was harvested. Evaluations were made in the corn plant and some chemical variables of the soil, which were subjected to analysis of variance. The interchangeable calcium and magnesium levels of available phosphorus and zinc in the soil were higher with the application of compost with chicken manure in relation to compost with bovine manure. The successive doses of both types of compost significantly increased the availability of phosphorus and zinc in the soil. The pH, the electrical conductivity, the interchangeable potassium, the copper and the manganese of the soil were not affected by the application of compost based on waste from the sugar industry with bovine manure and poultry manure, nor by their successive doses. The height, the diameter of the stem, the aerial and radicular dry matter of the maize is superior with the application of the compost with chicken manure in relation to the compost with bovine manure. The successive doses of compost with chicken manure increase the height, diameter of the stem, aerial dry matter and corn root. The doses of compost with bovine manure increased the aerial dry matter and the root of the maize. Significant responses in soil chemical parameters and in corn growth parameters are obtained at lower doses with the application of waste compost from the sugar industry with poultry manure.

**Keywords:** Amendment, Organic waste, soil chemical properties, Zea Mays L.



## TABLA DE CONTENIDO

<b>PORTADA</b>	<b>I</b>
<b>PAGINA DE REGISTRO CATALOGRAFICO</b>	<b>I</b>
<b>PAGINA DE APROBACION</b>	<b>II</b>
<b>DEDICATORIA</b>	<b>III</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>IV</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>V</b>
<b>RESUMO</b>	<b>VI</b>
<b>SUMMARY</b>	<b>VII</b>
<b>TABLA DE CONTENIDO</b>	<b>VIII</b>
<b>LISTA DE TABLAS</b>	<b>IX</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>XI</b>
<b>LISTA DE ANEXOS</b>	<b>XI</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA</b>	<b>2</b>
<b>2.1 Compost .....</b>	<b>2</b>
2.1.1 Proceso de compostaje .....	2
2.1.2 Factores importantes en el proceso de compostaje .....	4
<b>2.2 Residuos utilizados en la elaboración de compost.....</b>	<b>5</b>
2.2.1 Residuos de la industria azucarera .....	5
2.2.2 Estiércol bovino.....	7
2.2.3 Gallinaza.....	9
<b>2.3 Respuesta a la aplicación de residuos de la industria azucarera .....</b>	<b>10</b>
<b>2.4 Efectos a la aplicación de compost.....</b>	<b>11</b>

<b>3.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>13</b>
<b>3.1</b>	<b>Localización de la investigación.....</b>	<b>13</b>
<b>3.2</b>	<b>Histórico del experimento.....</b>	<b>14</b>
<b>3.3</b>	<b>Diseño experimental y tratamientos .....</b>	<b>14</b>
<b>3.4</b>	<b>Manejo del experimento .....</b>	<b>15</b>
<b>3.5</b>	<b>Variables evaluadas .....</b>	<b>15</b>
3.5.1	Medición de variables del suelo.....	15
3.5.2	Medición de variables en el maíz .....	16
<b>3.6</b>	<b>Método de análisis de datos.....</b>	<b>17</b>
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>18</b>
<b>4.1</b>	<b>Acidez activa y conductividad eléctrica .....</b>	<b>18</b>
<b>4.2</b>	<b>Calcio, magnesio, potasio intercambiables y fósforo disponible.....</b>	<b>19</b>
<b>4.3</b>	<b>Cobre, hierro, cinc y manganeso en el suelo.....</b>	<b>22</b>
<b>4.4</b>	<b>Altura y diámetro del maíz.....</b>	<b>25</b>
<b>4.5</b>	<b>Materia seca aérea y radicular .....</b>	<b>27</b>
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>29</b>
<b>6.</b>	<b>REFERENCIAS</b>	<b>30</b>
<b>7.</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>36</b>

## LISTA DE TABLAS

	Pag.
Tabla 1. Análisis inicial del suelo de Arroyos y Esteros utilizado en el experimento.FCA/UNA, 2017 .....	13
Tabla 2. Análisis inicial del compost de la industria azucarera con estiércol bovino (C-EB) y con gallinaza (C-G) de la Cooperativa Manduvirá, Arroyos y Esteros. FCA/UNA, 2017.. .....	14
Tabla 3. Acidez activa (pH) y conductividad eléctrica (CE) en el suelo por efecto de la aplicación de dosis de compost con estiércol bovino (C-EB) y con gallinaza (C-G). San Lorenzo, 2018 .....	18
Tabla 4. Calcio, magnesio y potasio intercambiables en función a la aplicación de dosis de compost con estiércol bovino (C-EB) y con gallinaza (C-G). San Lorenzo, 2018 .....	20
Tabla 5. Cobre y manganeso en el suelo por efecto de la aplicación de dosis de compost con estiércol bovino (C-EB) y con gallinaza (C-G). San Lorenzo, 2018.....	22
Tabla 6. Altura de la planta y diámetro del tallo del maíz por efecto de la aplicación dosis de compost con estiércol bovino (C-EB) y con gallinaza (C-G). San Lorenzo, 2018 .....	25

## LISTA DE FIGURAS

	Pag.
Fig. 1. El fósforo disponible por efecto de la aplicación de dosis de compost con estiércol bovino (C-EB) y gallinaza (C-G). San Lorenzo, 2018. ....	21
Fig. 2. Cinc por efecto de la aplicación de dosis de compost con estiércol bovino (C-EB) y gallinaza (C-G). San Lorenzo, 2018.....	23
Fig. 3. Hierro por efecto de la aplicación de dosis de compost con estiércol bovino (C-EB) y gallinaza (C-G). San Lorenzo, 2018.....	24
Fig. 4. Materia seca aérea de la planta por efecto de la aplicación de dosis de compost con estiércol bovino (C-EB) y con gallinaza (C- G). San Lorenzo, 2018.....	27
Fig. 5. Materia seca aérea de la planta por efecto de la aplicación de dosis de compost con estiércol bovino (C-EB) y con gallinaza (C- G). San Lorenzo, 2018.....	28

## LISTA DE ANEXOS

	Pag.
A. 1. Tratamiento, dosis y cantidad de compost de estiércol bovino (C-EB) y gallinaza (C-G) utilizados con suelo de textura arenosa. San Lorenzo, 2018 .....	36
A. 2. Croquis de distribución de los tratamientos en invernadero, compost con gallinaza (C-G); compost con estiércol bovino (C-EB).....	36
A. 3. Datos de las variables de pH, conductividad eléctrica obtenida en el compost con estiércol bovino.....	37
A. 4. Datos de las variables calcio, magnesio, potasio y fósforo obtenido en el compost con estiércol bovino.....	38
A. 5. Datos de las variables cobre, zinc, hierro y manganeso obtenido en el compost con estiércol bovino.....	38
A. 6. Datos de las variables diámetro y altura de la planta obtenidos con el compost con estiércol bovino.....	39
A. 7. Datos de las variables materia seca aérea y radicular obtenidos con el compost con estiércol bovino.....	40
A. 8. Datos de las variables de pH, conductividad eléctrica obtenida en el compost con gallinaza.....	41
A. 9. Datos de las variables calcio, magnesio, potasio y fósforo obtenido en el compost con estiércol gallinaza .....	42
A. 10. Datos de las variables cobre, zinc, hierro y manganeso obtenido en el compost con gallinaza.....	42
A. 11. Datos de las variables diámetro y altura de la planta de maíz obtenido en el compost con gallinaza.....	43
A. 12. Datos de las variables materia seca aérea y radicular obtenidos en el compost con gallinaza.....	44
A. 13. Análisis de varianza del pH del suelo con el uso de compost con estiércol bovino y compost con gallinaza .....	45
A. 14. Análisis de varianza de conductividad eléctrica del suelo con el uso de compost con estiércol bovino y compost con gallinaza.....	45
A. 15. Análisis de varianza de calcio con el uso de compost con estiércol bovino y compost con gallinaza.....	45
A. 16. Análisis de varianza de magnesio con el uso de compost con estiércol bovino y compost con gallinaza.....	46
A. 17. Análisis de varianza de potasio con el uso de compost con estiércol bovino y compost con gallinaza.....	46
A. 18. Análisis de varianza de fósforo con el uso de compost con estiércol bovino y compost con gallinaza.....	46
A. 19. Análisis de varianza de cobre con el uso de compost con estiércol bovino y compost con gallinaza.....	47

A. 20. Análisis de varianza de cinc con el uso de compost con estiércol bovino y compost con gallinaza .....	47
A. 21. Análisis de varianza de hierro con el uso de compost con estiércol bovino y compost con gallinaza .....	47
A. 22. Análisis de varianza de manganeso con el uso de compost con estiércol bovino y compost con gallinaza .....	48
A. 23. Análisis de varianza de altura de la planta, primera medición, con el uso de compost con estiércol bovino y compost con gallinaza .....	48
A. 24. Análisis de varianza de altura de la planta, segunda medición, con el uso de compost con estiércol bovino y compost con gallinaza .....	48
A. 25. Análisis de varianza de altura de la planta, tercera medición, con el uso de compost con estiércol bovino y compost con gallinaza .....	49
A. 26. Análisis de varianza de altura de la planta, cuarta medición, con el uso de compost con estiércol bovino y compost con gallinaza .....	49
A. 27. Análisis de varianza de diámetro de la planta, con el uso de compost con estiércol bovino y compost con gallinaza .....	49
A. 28. Análisis de varianza de materia seca aérea con el uso de compost con estiércol bovino y compost con gallinaza .....	50
A. 29. Análisis de varianza de materia seca radicular con el uso de compost con estiércol bovino y compost con gallinaza .....	50

## 1. INTRODUCCIÓN

En el Paraguay, la producción orgánica va en aumento, y una de sus limitaciones es la fertilización de los suelos. Por eso la elaboración de abonos orgánicos es una práctica de suma importancia

El procesamiento agroindustrial de la caña de azúcar en el país tiene gran importancia debido a que es el primer exportador de azúcar orgánica. Este proceso genera gran cantidad de residuos orgánicos que pudieran ser utilizados en las parcelas agrícolas.

Teniendo en cuenta que la aplicación de estos residuos en fresco pueden causar efectos negativos, principalmente en la planta, una alternativa sería la elaboración de compost a bases de estos residuos con la mezcla de estiércol bovino, gallinaza u otros residuos que puedan mejorar la calidad de la enmienda.

El experimento consistió en la utilización de composta a base de residuos de la industria azucarera con estiércol bovino y con gallinaza. El objetivo general fue evaluar el efecto del compost como mejorador de las características químicas del suelo y en el cultivo del maíz. Los objetivos específicos fueron; determinar la concentración de fósforo, calcio, magnesio, potasio, cinc, cobre, manganeso, hierro en el suelo; evaluar la conductividad eléctrica y la acidez activa del suelo; medir la materia seca aérea y radicular de la planta de maíz.

La aplicación de compost disminuirá la acidez activa y aumentará la concentración de algunos macro y micronutrientes en el suelo. El compost a base de residuos de la industria azucarera con gallinaza posibilitara un mejor desarrollo de la planta de maíz, en relación al compost con estiércol bovino.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 Compost**

El compost es el resultado de un proceso biológico controlado de transformación de la materia orgánica a humus a través de la descomposición aeróbica (Soto 2003).

La aplicación del compost es una forma de incorporar materia orgánica al suelo. Su importancia es atribuida a la capacidad de intercambio catiónico del suelo y en la retención de los nutrientes, así también influye en la agregación y estructura del suelo y en la retención del agua en el suelo (Montemurro et al. 2008). También puede ser considerada una fuente de nutrientes para las plantas (Soto 2003).

#### **2.1.1 Proceso de compostaje**

El compostaje es un proceso que consiste en la descomposición biológica de residuos que transforma la materia orgánica en CO<sub>2</sub>, biomasa, energía térmica y materia orgánica estabilizada rica en sustancias húmicas como producto final (Fernandez y Sartaj 1997).

En el proceso del compostaje, se acelera las transformaciones de los materiales orgánicos, los productos salientes poseen mejores propiedades que al inicio del proceso, es por ello que su utilización mejora la fertilidad de los suelos, por ende el rendimiento de los cultivos, con respecto a otras fuentes orgánicas (Arzola et al. 2013).



El proceso se desarrolla con una flora microbiana muy compleja, variada y característica de las cuatro etapas fundamentales; mesofílica, termofílica, enfriamiento y maduración (Fernández et al. 2004).

La etapa mesofílica, donde se produce el desarrollo de la flora microbiana, comienza con el aumento de la temperatura y la disminución del pH. Esta fase se inicia con la degradación por parte de las bacterias de los elementos más biodegradables (FAO 2013).

El mismo autor explica como en la segunda etapa, la termofílica se incrementa aún más la temperatura por acción de los microorganismos pudiendo ser mayor a 70°C, dependiendo del material de partida y de las condiciones ambientales. Como consecuencia de la intensa actividad de las bacterias y el aumento de la temperatura alcanzado en la pila de residuos, provoca la aparición de organismos termófilos (bacterias y hongos), que degradan rápidamente la materia orgánica. La temperatura alcanzada durante esta fase del proceso garantiza la higienización y eliminación de gérmenes patógenos, larvas y semillas. Pasado este tiempo disminuye la actividad biológica y se estabiliza el medio.

Una vez que se comienza a agotar el material biodegradable se llega a la tercera etapa, la del enfriamiento y por último a la de maduración donde se producen complejas relaciones de condensación que llevan a compuestos estables y complejos conocidos como humus y ácidos húmicos. Es un período de fermentación lenta, en el que la parte menos biodegradable de la materia orgánica se va degradando. La temperatura de la pila va disminuyendo lentamente al igual que la actividad de las bacterias, produciéndose la colonización de la pila por todos los organismos y microorganismos que ayudan a la degradación de esas partes menos biodegradables del residuo (FAO 2013).

### 2.1.2 Factores importantes en el proceso de compostaje

Los residuos orgánicos tanto de origen animal como vegetal, pueden ser utilizados en la fabricación del compost. Estos residuos aportan gran variedad de nutrientes, cuyas proporciones pueden variar principalmente en función al tipo de residuo, estado de utilización (fresco, semi madura, maduro) y origen (Sepulveda et al. 2010).

El carbono y el nitrógeno son los dos constituyentes básicos de la materia orgánica. La relación C/N es uno de los factores más importante a controlar para obtener una fermentación correcta y, por tanto, un producto final de características adecuadas. Teóricamente una relación de 25-35 de C y uno de N es la adecuada, pero esta variará en función de las materias primas que conforman el compost. Si la relación C/N es muy elevada disminuye la actividad biológica, en caso contrario, si es muy baja afecta perdiendo el exceso de nitrógeno en forma de amoníaco. Es importante realizar la mezcla adecuada de los distintos residuos con diferentes relaciones C/N para obtener un compost equilibrado (Soto 2003).

El tamaño de las partículas de los sustratos afecta al área de contacto, y por consiguiente, la actividad microbiológica y con ella la degradación de los materiales. Sin embargo, las partículas muy pequeñas pueden limitar el flujo de aire; un diámetro adecuado de las partículas para compostar es de 10 a 50 mm (Fernández et al. 2004).

Para que se pueda realizar los procesos de reproducción, metabólicos y asimilativos, los microorganismos necesitan de agua para que faciliten la disponibilidad de nutrientes necesarios para dichos procesos. Un exceso de agua evita que el oxígeno esté disponible para que los microorganismos puedan digerir el material, el proceso se volverá anaeróbico, la materia orgánica sufrirá una putrefacción. Cuando existe déficit de humedad, la actividad microbiana se inhibe. Se consideran niveles óptimos de humedad entre 40% a 60%, éstos dependen de los tipos de material utilizado (FAO2013).

Como ya mencionado, los microorganismos deben disponer de oxígeno suficiente para que se dé el proceso aerobio, esto se logra mediante la aireación. Si se garantiza el oxígeno necesario para que se desarrolle el proceso, combinando materiales, se puede obtener un compost de buena calidad, evitándose problemas de malos olores (Flores et al. 2009).

El compostaje permite un amplio intervalo de pH (3,0 – 7,0), sin embargo los valores óptimos están entre 5,5 y 7,0; las bacterias prefieren un medio casi neutro, mientras los hongos se desarrollan mejor en un medio ligeramente ácido. El valor del pH cae ligeramente durante la etapa de enfriamiento llegando a un valor de 6 a 7 en el compost maduro (Soto 2003).

## **2.2 Residuos utilizados en la elaboración de compost**

### **2.2.1 Residuos de la industria azucarera**

La industrialización de la caña de azúcar genera residuos o subproductos como la miel o melaza, ceniza de caldera, vinaza, bagazo, bagacillos, torta de filtro o cachaza, etc. que pueden ser utilizados para un proceso de compostaje y posteriormente aplicados al suelo como fuente de materia orgánica y nutrientes (Arzola et al. 2013).

La miel o también llamada melaza, es el producto final de la refinación de la sacarosa, procedente de la caña de azúcar, es un líquido denso y viscoso de color oscuro. Es una mezcla compleja que contiene sacarosa, glucosa, fructosa, rafinosa, los cuales son fermentables, también contienen sustancias reductoras no fermentables (Honig 1974). Se utiliza para alimentos concentrados de animales o suplemento alimenticio para el hombre (Leeson y Summers 2000).

La torta de filtro es el residuo que se elimina en el proceso de la clarificación del jugo de la caña. Es considerada como el subproducto más importante de los ingenios azucareros, con un valor como fertilizante bastante alto, producida a una tasa de tres toneladas húmedas, por cada cien toneladas de caña molida. Dicho valor

depende de la zona agroecológica donde se encuentra el ingenio (Arbalaez 1992). Es un material constituido por una mezcla de fibra de caña, sacarosa, coloides, coagulados, incluyendo la cera, fosfato de calcio y partículas de suelo. Físicamente la cachaza es un material esponjoso, amorfo, de color oscuro a negro, que absorbe grandes cantidades de agua (Suquilanda 1995).

La cachaza es un material orgánico de relación C/N muy amplia y cuando se adiciona al suelo puede mostrar bajo contenido de potasio, el cual se encuentra en forma soluble y fácilmente lixiviable. Presenta alto contenido de fósforo que puede ser un buen sustituto del superfosfato triple. Los altos contenidos de nitrógeno se deben a la elevada cantidad de materia orgánica que presenta este residuo, se presenta en forma de combinaciones orgánicas complejas, tales como fosfolípidos y nucleoproteínas, también aparecen en forma de fosfatos de calcio provenientes del proceso de clarificación (Salamanca 2008).

La cachaza como enmienda, incrementa temporalmente la capacidad de intercambio catiónico del suelo, por la producción de humus; aumenta el contenido o la capacidad de retención de humedad del mismo y durante su descomposición se produce gran cantidad de CO<sub>2</sub>, que al transformarse en H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, junto con otros ácidos de origen orgánico, disolverían los nutrientes insolubles en suelos de pH alcalino (Zérega 1993).

El mismo autor también manifiesta que las principales limitaciones de la cachaza para su uso agronómico son el alto contenido de humedad (75-80%) que presenta en estado fresco, lo cual encarece los costos de transporte, y su alta relación C/N. Estas limitaciones pueden ser solventadas si la cachaza es compostada ya que se produce una deshidratación de la misma y una mejor relación C/N.

El bagazo de la caña es el desecho que queda después de la molienda de la caña de azúcar. Es un residuo fibroso que se obtiene del prensado y la extracción del jugo de la caña, heterogéneo en cuanto a su composición granulométrica y estructural, que presenta relativamente baja densidad y un alto contenido de humedad (en torno a 55%),

en las condiciones en que se obtiene del proceso de molienda de la caña (Meyer et al. 1996, Oliva y Antolin 2004, Leeson y Summers 2000). Está constituida por la fracción sólida soluble orgánica insoluble en agua, presente originalmente en el tallo de la caña de azúcar (RITL 2010); su composición variará dependiendo del tipo de caña, su madurez, método de cosecha y la eficiencia del ingenio.

El bagazo es utilizado para la elaboración de papel y alimentación animal, como también como combustible en las calderas de los ingenios azucareros (Oliva y Antolin 2004).

La vinaza constituye el principal residuo líquido, es obtenido del producto de la fermentación de la melaza para la obtención de alcohol; por cada litro de alcohol producido se genera 13 litros de vinaza (Cuellar et al. 2002).

La vinaza contiene principalmente azufre, magnesio y calcio, elevadas concentraciones de potasio y materia orgánica disuelta, así como niveles medios de nitrógeno y fósforo; sin embargo esta composición es variable, dependiendo de factores, tales como el origen de los materiales, el tipo y operación del proceso de destilación (RITL 2010).

La materia orgánica presente en la vinaza y los contenidos de calcio y otras bases intercambiables pueden facilitar la neutralización del aluminio intercambiable en suelos extremadamente ácidos o el desplazamiento del sodio en suelos fuertemente alcalinos y sódicos (Hernández et al 2008)

### **2.2.2 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 (Primavesi 1988, Flores et al. 2009).

La calidad del estiércol está definida por la manera en la que se almacena y maneja, previa a su utilización. Si es almacenada a la intemperie hasta su utilización, existe una gran disminución de los elementos nutritivos debido a los factores climáticos (Cruz 1986). El contenido medio de los principales nutrientes del estiércol bovino medido en kg por cada tonelada de estiércol son los siguientes; N: 3,4; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:1,3; K<sub>2</sub>O:3,5 (Sánchez 2010).

La eficiencia de la fertilización con estiércol está afectada por las condiciones climáticas y el modo de aplicación (Sánchez 2010).

Existen varios trabajos del efecto en el rendimiento del maíz de la aplicación del estiércol. Estos estudios revelan en su mayoría revelan un aumento en el rendimiento (Nitta y Matsuguchi 1989; Lei 1989).

Cruzaley y Cantu (1990) estudiaron el efecto de tres tipos de abonos orgánicos (gallinaza, estiércol bovino, caprino) en el rendimiento del maíz y pH de suelos calcáreos. En estos suelos encontraron el incremento en el rendimiento y una disminución en el pH, con la aplicación de los abonos mencionados.

Rodríguez (2006), observó que la aplicación de estiércol bovino al suelo mejoro significativamente el rendimiento de la mandioca, cuyo valor aumento de 4.445 kg ha<sup>-1</sup> en el testigo a 6.270 kg ha<sup>-1</sup> cuando aplicó el estiércol.

Duarte (2006), concluyó que en el cultivo del algodón no se incrementó significativamente el rendimiento con 20 t ha<sup>-1</sup> de estiércol bovino, el rendimiento aumentó de 1.320 kg ha<sup>-1</sup> (testigo) a 1.507 kg ha<sup>-1</sup>, combinando estiércol bovino 10 t ha<sup>-1</sup>+ 30-30-25 de NPK, el rendimiento aumentó a 1.535 kg ha<sup>-1</sup>.

Rolón (2003), constató que el rendimiento de la caña de azúcar aumentó, utilizando estiércol bovino, de 47.291 hasta 86.000 kg ha<sup>-1</sup>, cuando se aplicó las dosis de 61.500 kg ha<sup>-1</sup>, pero a partir de la aplicación de 77.000 kg ha<sup>-1</sup> de estiércol superó inclusive el rendimiento alcanzado con la aplicación de fertilizantes inorgánicos (120-

120-120 kg ha<sup>-1</sup> de NPK, respectivamente), que fue de 69.033 kg ha<sup>-1</sup>. Estos resultados indican en general el efecto positivo del estiércol bovino en el rendimiento de diversos rubros.

### **2.2.3 Gallinaza**

Son las deposiciones acumuladas de las gallinas ponedoras, durante su etapa de desarrollo o producción de huevos, mezclados con desperdicios de alimentos, plumas y materiales de la cama (Estrada 2003).

La cantidad y calidad de la producción de la gallinaza está determinada por varios factores; edad, raza, cantidad de ave, el valor nutritivos de los alimentos, el tipo y cantidad de alimentos, tipo y cantidad de la cama, contenido de humedad de la cama e incluso las condiciones climáticas durante la acumulación del estiércol (Perkins 1966).

Benzing (2001), manifiesta que la aplicación de estiércol fresco puede provocar un considerable incremento de la actividad biológica del suelo.

Espinola (2005), en un experimento con aplicación de gallinaza y gallinaza combinada con torta de filtro en diferentes cantidades en caña de azúcar, concluyó que el mayor rendimiento se obtuvo con la aplicación de 10 t ha<sup>-1</sup> de gallinaza más 30 t ha<sup>-1</sup> de torta de filtro, obteniéndose un valor de 48% superior al testigo.

Maldonado y Vergara (1992) demostraron que la aplicación conjunta de gallinaza y fertilizantes químicos aumenta sustancialmente el rendimiento del maíz, comparado con la aplicación por separado.

### 2.3 Respuesta a la aplicación de residuos de la industria azucarera

La aplicación de bagazo al suelo puede mejorar algunas propiedades físicas del suelo, tales como la tasa de infiltración, retención y distribución de la humedad en el perfil del suelo siendo recomendable particularmente en cultivos semiperennes como la caña de azúcar (Zérega 1993). El mismo autor sugiere mezclar la torta de filtro con el bagazo y restos de cosecha, para prolongar el efecto residual en el mejoramiento de las propiedades físicas del suelo.

Salamanca (2008) evaluó los efectos de tres dosis de cachaza enriquecida con N (0,6%) y K<sub>2</sub>O (0,2%) sobre las propiedades del suelo, el rendimiento y la calidad del jugo de caña azúcar, además de la fórmula de fertilización convencional y un testigo. Los resultados indican que el suelo mejoró sus propiedades químicas con respecto al testigo absoluto y los tratamientos con 10 y 15 t ha<sup>-1</sup> de abono órgano-mineral de cachaza (AOMC) fueron los que respondieron en un incremento en variables, como: materia orgánica (15 y 24%), pH (6 y 8%), N total (48 y 70%), N mineral (144 y 162%), P (300 y 461%) y K (46 y 47%).

Las aplicaciones de vinaza a largo plazo ejerce una fuerte influencia sobre las características químicas del suelo. Aumento de la saturación por potasio en el complejo de cambio, de la capacidad de intercambio catiónico, zinc, cobre, hierro y magnesio extractables, conductividad eléctrica, pH, así como del nitrógeno y el carbono orgánico (Crisóstomo et al. 1984). Da Gloria et al. (1978) encontraron que las aplicaciones de vinaza incrementan el contenido de materia orgánica y el valor de la capacidad de intercambio catiónico del suelo, así como el rendimiento agrícola y azucarero de diferentes cepas de caña de azúcar.

Innes (1951) reporta que los estudios realizados con la vinaza en Jamaica, donde abundan suelos insuficientes en potasio, han demostrado que este residuo incrementa el abastecimiento potásico de estos suelos, el contenido de este elemento en las plantas y los rendimientos agro-azucareros de la caña de azúcar. David (1981) señala que las vinazas mezcladas en proporción de una parte de ella por 9 o 10 de agua e incluso en una dilución mayor, resultan adecuadas para ser aplicadas a los suelos,



mencionando el inconveniente de la fuerte acción corrosiva de este residuo debido a su bajo pH.

La necesidad de complementar a vinaza con determinados nutrimentos dependerá del tipo y dosis de vinaza y de los contenidos de nutrientes presentes en el suelo. Esto explica que mientras Crisóstomo et al. (1984) recomienden aplicar como complemento de esta de 90 a 100 kg de N ha<sup>-1</sup>; mientras que Gloria y Magro (1976) reportan buenos resultados al añadir fertilizante fosfórico. Travaglini (1999), concluyó que con la aplicación de vinaza, no es necesario complementar la fertilización potásica, ya que la aplicación adicional de este elemento no colabora con la recuperación de azúcar, solo aumenta el tenor de K<sub>2</sub>O y cenizas en el caldo.

Por otro lado, la vinaza posee un efecto beneficioso sobre las propiedades físicas del suelo, lo que resulta de interés en suelos donde el mal drenaje y la falta de aireación limitan los rendimientos del cultivo. Camargo et al. (1980), han observado mejor estructura y agregación de las partículas, así como de la permeabilidad del suelo.

#### **2.4 Efectos a la aplicación de compost**

Cruz (1986), indica que entre las propiedades físicas del suelo que son mejoradas por la administración de compuestos orgánicos; se encuentran la agregación de las partículas y las relaciones con éstas como son; la aireación y la permeabilidad. Dentro de las químicas, pueden citarse el incremento de nutrientes, el aumento del poder amortiguador del pH y la elevación de la capacidad de intercambio catiónico (CIC). La producción de cultivos para la alimentación, se desarrolla perfectamente en suelos con altos contenidos de materia orgánica, y ellos son usualmente de una calidad nutricional superior

Muñoz et al. (2015) observó un efecto positivo sobre las propiedades químicas del suelo, al comparar compost a base de gallinaza y tronco de plátano y otro compost a base tronco de plátano, naranja y maíz. La aplicación de dichos compost mejoró notablemente el pH, el contenido de materia orgánica y la CIC, lo que mejora la

disponibilidad de nutrientes para los cultivos. También constató que la aplicación de compost al suelo favorece el control biológico de plagas.

Tisdale et al. (1985) mencionan que la adición de compost provee amonio, mayor movilidad y disponibilidad de fósforo y micronutrientes debido a que estos elementos forman complejos químicos con la materia orgánica, aumenta la retención de humedad, mejora la estructura del suelo; incrementa la infiltración y disminuye la densidad aparente del suelo. Por otro lado, aumenta la capacidad buffer del suelo limitando cambios drásticos de pH, y también disminuye la toxicidad del aluminio en suelos ácidos.

Según Campitelli et al. (2014) la utilización del compost como enmienda orgánica o productos que restituyen la materia orgánica en suelos degradados, tienen un gran potencial e interés, ya que la presencia de dicha materia orgánica en el suelo, en proporciones adecuadas, es fundamental para asegurar la fertilidad y evitar la desertificación. La materia orgánica en el suelo produce una serie de efectos que dependerán de las características del suelo, la calidad de las enmiendas, dosis, forma y frecuencia de aplicación.

Cruz (1986), menciona en su trabajo que cuando el abono no ha sido procesado adecuadamente, su utilización puede traer efectos nocivos tales como fijación de amonio, zinc y cobre, proliferación de malas hierbas, producción de inhibidores del crecimiento de las plantas como también infestación de plagas y enfermedades.

Algunos de los efectos desfavorables de la aplicación de compost son el bloqueo de los elementos fertilizantes, como el N, pasa a una forma orgánica no inmediatamente asimilable por las plantas, en un medio reductor húmedo hay una dispersión de cementos coloidales como los óxidos de hierro que afectan a la estructuración de suelo y en medio aireado seco las capas de materiales orgánicos que pueden formarse, se oponen al paso de las raíces (García y Monje 1995).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Localización de la investigación

La investigación se realizó en el invernadero del Área de Suelos y Ordenamiento Territorial situada en el campo experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción, Casa Matriz. El trabajo se realizó 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 suelo utilizado fue de una parcela de productor de la Cooperativa Manduvirá, situado en el distrito de Arroyos y Esteros, departamento de Cordillera. En la tabla 1 se presenta resultados de análisis de suelo de la parcela.

**Tabla 1.** Análisis inicial del suelo de Arroyos y Esteros utilizado en el experimento. FCA/UNA, 2017

Prof.	pH	MO	P	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sub>2</sub> O	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup>	Clase textural	Color	
cm		%		-----mg kg <sup>-1</sup> -----						Munsell	Desc.
0-10	5,70	0,74	3,22	1,43	0,73	0,02	0,01	0,00	Arenoso	7,5 YR 5/3	Marrón pálido

La cooperativa Manduvirá cuenta con la industria azucarera orgánica “Manduvirá”, y actualmente está en proceso de elaboración de compost con los

residuos de la industria y otros productos como el estiércol bovino y gallinaza. Resultados del análisis del compost se presenta en la tabla 2.

**Tabla 2.** Análisis inicial del compost de la industria azucarera con estiércol bovino (C-EB) y con gallinaza (C-G) de la Cooperativa Manduvirá, Arroyos y Esteros. FCA/UNA, 2017..

Código	pH	CO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Ca	Mg	K <sub>2</sub> O	Na	Cu	Zn	Fe	Mn	
		.....%							.....mg kg <sup>-1</sup> .....			
(C-EB)	7,3	5,8	2,70	0,99	0,19	0,29	0,03	49	258	6.000	629	
(C-G)	7,1	8,2	4,60	3,08	0,58	0,64	0,12	149	548	4.500	1259	

### 3.2 Histórico del experimento

El experimento inicial se instaló en el mes de julio de 2017 utilizando como cultivo indicador el trigo, siendo las dosis aplicadas 0- 2,11- 4,23- 6,34-8,45- 10,56- 12,68 t ha<sup>-1</sup> de compost con estiércol bovino y de la misma manera para el compost con gallinaza.

En el segundo experimento se sembró maíz, como cultivo indicador, con la aplicación de las dosis para ambos tipos de compost, los cuales fueron aplicados en las mismas macetas del anterior experimento.

### 3.3 Diseño experimental y tratamientos

El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar y los tratamientos dispuestos en arreglo factorial. Los factores fueron fuentes y dosis de compost. Se utilizaron compost a base de residuos de la industria azucarera con estiércol bovino y con gallinaza (fuentes). Las dosis evaluadas fueron 0- 2- 4- 6- 8- 10- y 12 t ha<sup>-1</sup>. A partir de las fuentes de compost, las siete dosis de cada compost y las cuatro repeticiones, se obtuvieron 56 unidades experimentales. Cada unidad experimental estuvo compuesta por dos macetas.

### **3.4 Manejo del experimento**

Una vez pesado las dosis correspondientes para cada tratamiento, las macetas fueron vaciadas, el suelo tamizado y las dosis fueron incorporadas, mezclándose con el suelo, para el posterior llenado de las macetas de 5 litros, con 7,10 kg de suelo.

Luego de 30 días, se realizó la siembra de maíz, colocando 4 semillas por macetas. El riego se realizó tres veces por semana con 500 mL de agua antes de la emergencia de la planta. Posteriormente, a los 6 días después de la siembra se realizó el riego diariamente hasta la cosecha, cuidando de utilizar el mismo volumen de agua por cada maceta.

El raleo se realizó a las dos semanas después de la emergencia, dejando 2 plantas por macetas.

Durante el periodo de crecimiento, se observó la presencia de Spodoptera y la misma fue controlada con la aplicación del insecticida Betacyfluthrin, 10 ml/litro.

La cosecha del cultivo y la colecta de muestras del suelo fueron realizadas a los 60 días después de la siembra.

En relación al suelo, de cada maceta se tomó una sub muestra, obteniendo una muestra completa por cada unidad experimental. Posteriormente fue trasladada al laboratorio del Área de Suelos y O.T para los análisis correspondientes.

### **3.5 Variables evaluadas**

#### **3.5.1 Medición de variables del suelo**

Las variables evaluadas fueron pH, conductividad eléctrica, fósforo disponible, bases del suelo y micronutrientes. Entre las bases fueron determinados el calcio,

magnesio y potasio intercambiables; entre los micronutrientes, el hierro, zinc, cobre y manganeso.

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). Se realizaron en todos los tratamientos.

La conductividad eléctrica fue obtenida directamente por la lectura del conductivímetro, expresado en  $\text{dS m}^{-1}$  y a  $25^{\circ}\text{C}$ , según la metodología presentada por Tedesco et al. (1995).

Para las bases ( $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ) se utilizó como solución extractora  $\text{KCl 1M}$  y la lectura mediante el espectrofotómetro de absorción atómica según la metodología presentada por Tedesco et al (1995).

Para la determinación de  $\text{K}^{+}$  y los micronutrientes (Cu, Zn, Mn y Fe) se utilizó como solución extractora Mehlich1, la lectura se realizó mediante el espectrofotómetro de absorción atómica. El P, mediante el espectrofotómetro calorímetro, según Tedesco et al. (1995)

Estas determinaciones se realizaron a los tratamientos con aplicaciones de 0, 4, 8, 12  $\text{t ha}^{-1}$  de ambas fuentes de compost.

### **3.5.2 Medición de variables en el maíz**

La altura de la planta fue medida con cintra métrica desde la base hasta el ápice de la hoja, donde se tomaron dos plantas por tratamiento y se efectuaron en todas las unidades experimentales, estas mediciones se realizaron a los 28, 34, 41 y 49 días después de la siembra. En cuanto al diámetro del tallo, se procedió a la medición con el paquímetro, a los 60 días después de la siembra, se efectuó en todas las unidades experimentales, dos plantas por tratamiento.

Para la determinación de la 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. Posteriormente fueron llevadas a estufa a 65° C por 48 horas, se pesaron todas las plantas. Los resultados de la materia seca se expresaron en g/planta. Estas mediciones se realizaron en los 14 tratamientos.

### **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. En las variables que presentaron diferencias estadísticas significativas; se efectuaron la comparación de medias por el test Scott-Knott al 5 % de probabilidad de error y análisis de regresión. El procesamiento de los datos se realizó utilizando el programa estadístico InfoStat (Di Rienzo et al. 2011).

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Acidez activa y conductividad eléctrica

El pH y la conductividad eléctrica no fueron influenciados significativamente por las fuentes de compost, por las dosis de compost y no hubo interacción entre los factores estudiados (Tabla 3) (Anexo 13,14).

**Tabla 3.** Acidez activa (pH) y conductividad eléctrica (CE) en el suelo por efecto de la aplicación de dosis de compost con estiércol bovino (C-EB) y con gallinaza (C-G). San Lorenzo, 2018

Compost	pH	CE (dS m <sup>-1</sup> )
C- EB	5,67 NS	0,08 NS
C- G	5,61	0,08
Promedio	5,64	0,08
Dosis (t ha <sup>-1</sup> )		
0	5,43 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>
2	5,64	0,08
4	5,66	0,07
6	5,70	0,08
8	5,55	0,08
10	5,73	0,09
12	5,79	0,08
Promedio	5,67	0,07
CV%	4,22	26,30

CV, coeficiente de variación; letras diferentes en minúscula, diferencia no significativa entre las dosis en cada tipo de compost, letras diferentes en mayúscula, diferencia significativa entre tipos de compost.



López et al. (2001) tampoco encontraron diferencias significativas en la conductividad eléctrica (CE) con la aplicación de 20, 30 y 40 t ha<sup>-1</sup> de estiércol bovino y 4, 8 y 12 t ha<sup>-1</sup> de gallinaza. Barahona y Villarreal (2015) encontraron tendencia de aumento en la CE a medida que aumentaron la dosis de gallinaza, pero aun así no encontraron diferencias estadísticas.

En la literatura se encuentran diferentes resultados en el pH del suelo por la adición de residuos orgánicos, en este sentido, Dimas et al. (2001) no encontraron cambios significativos en el pH, con la incorporación de 20, 30 y 40 t ha<sup>-1</sup> para bovino, caprino y composta y tampoco con la aplicación de 4, 8 y 12 t ha<sup>-1</sup> para gallinaza y un testigo con fertilización 120-40-00 de NPK.

Por otro lado, Jiménez et al. (2004) Alvarez et al. (2006) concluyeron que el pH se incrementa en los tratamientos con estiércoles o abonos orgánicos. Barahona y Villarreal (2015) encontraron que el pH, en general aumenta con el incremento de la dosis de gallinaza, donde con la aplicación de 60 t ha<sup>-1</sup> se alcanzó un pH de 5,9, en relación al testigo con un pH de 5,6.

#### **4.2 Calcio, magnesio, potasio intercambiables y fósforo disponible**

El calcio y magnesio intercambiables presentaron diferencias significativas por efecto de las fuentes de compost aplicadas, siendo el compost con gallinaza el que generó un aumento en el contenido de estos elementos, las dosis de compost no influenciaron significativamente en estas variables. No se verifica interacción entre los factores evaluados para estas dos variables. Con respecto al potasio intercambiable no hubo efecto significativo por las dosis, como tampoco por las fuentes de compost y no se verificó interacción entre los factores evaluados (Tabla 4) (Anexo 15, 16 y 17).

**Tabla 4.** Calcio, magnesio y potasio intercambiables en función a la aplicación de dosis de compost con estiércol bovino (C-EB) y con gallinaza (C-G). San Lorenzo, 2018

Compost	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>
	------(mg kg <sup>-1</sup> )-----		
C- EB	0,85 B	0,38 B	0,05 NS
C-G	1,02 A	0,44 A	0,05
Promedio	0,93	0,41	0,05
Dosis (t ha <sup>-1</sup> )			
0	0,94 <sup>ns</sup>	0,43 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>
4	0,89	0,39	0,05
8	0,95	0,42	0,04
12	0,94	0,40	0,05
Promedio	0,84	0,37	0,04
CV (%)	16,02	18,86	48,64

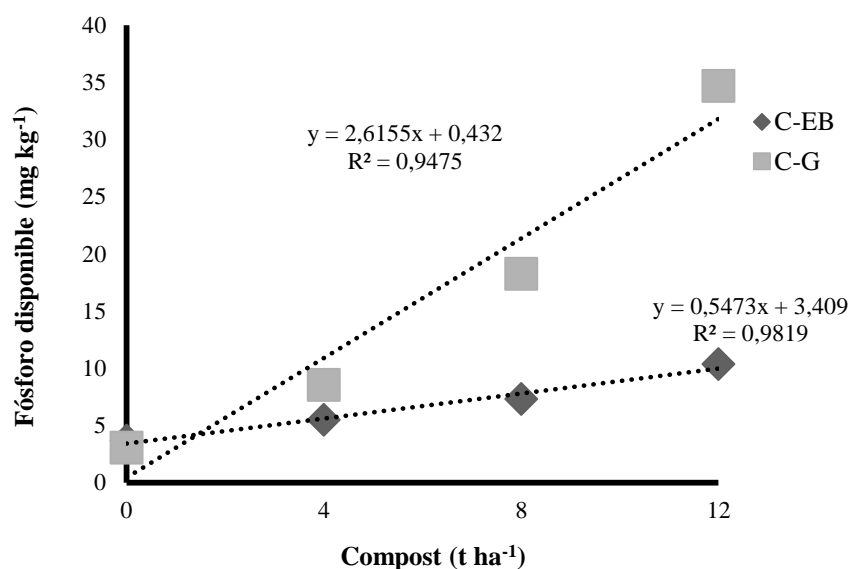
CV, coeficiente de variación; letras diferentes en minúscula, diferencia no significativa entre las dosis en cada tipo de compost, letras diferentes en mayúscula, diferencia significativa entre tipos de compost.

Dimas et al. (2001) con la aplicación de residuos orgánicos, no encontraron diferencias significativas en el Ca<sup>+2</sup> y Mg<sup>+2</sup> intercambiables en un experimento evaluando las características químicas del suelo.

El fósforo disponible fue afectado significativamente por las fuentes y las dosis de compost, así como se verifica interacción de los factores evaluados (Figura 1) (Anexo 18). El compost con gallinaza propicio mayor nivel de fósforo en el suelo en relación al otro compost.

Por otro lado, el incremento del fósforo disponible en el suelo con las dosis crecientes de compost con gallinaza se ajustó a la ecuación lineal ( $y = 2,615x + 0,432$ ) con coeficiente de determinación ( $R^2 = 0,947$ ), que implica una elevación de 2,615 mg kg<sup>-1</sup> de P por cada tonelada adicional de compost. El valor mayor de fósforo disponible se obtuvo con la aplicación de 12 t ha<sup>-1</sup> de C-G (34,68 mg kg<sup>-1</sup> de P), obteniendo en el testigo la menor concentración (3,05 mg kg<sup>-1</sup> de P). En cuanto a la aplicación del compost con estiércol bovino se ajustó a una ecuación lineal ( $y = 0,547x + 3,409$ ) con coeficiente de determinación ( $R^2 = 0,981$ ), indicando un incremento de fósforo disponible de 0,547 mg kg<sup>-1</sup> por tonelada adicional de C- EB adicionado. Se verifica

que la aplicación del C-G propicio que el nivel del fósforo disponible pasara de un nivel bajo ( $<12 \text{ mg kg}^{-1}$  de P) a un nivel alto ( $>30 \text{ mg kg}^{-1}$  de P), siendo una importante alternativa para la corrección del P en el suelo.



**Figura 1.** El fósforo disponible por efecto de la aplicación de dosis de compost con estiércol bovino (C-EB) y gallinaza (C-G). San Lorenzo, 2018.

Bobadilla (2018) encontró resultados semejantes con la aplicación de las mismas dosis de compost con estiércol bovino y gallinaza, siendo el compost con gallinaza el que presentó mejores resultados.

Gandarilla et al. (1984) encontró valores crecientes en el contenido de  $\text{P}_2\text{O}_5$  asimilable por el incremento de las dosis de estiércol vacuno, obteniéndose la mayor cantidad de este elemento en el suelo con las dosis de  $25 \text{ t ha}^{-1}$  del abono. El incremento en las cantidades de estiércol vacuno va a generar un menor contenido de nitrógeno en planta pero va a elevar el contenido de fósforo y potasio en relación a la fertilización mineral. La aplicación combinada de la fertilización mineral y orgánica en este suelo genera un incremento mayor en el contenido de fósforo asimilable para los cultivos que el empleo de cada uno de estos materiales por separado.

### 4.3 Cobre, hierro, cinc y manganeso en el suelo

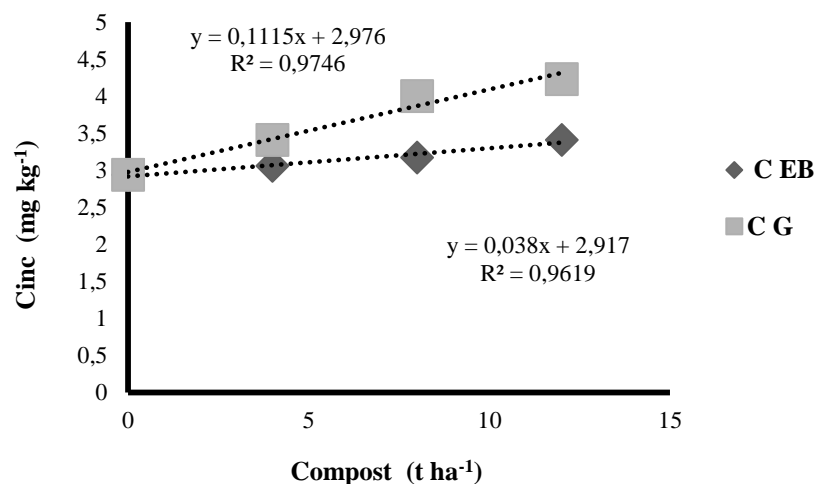
Con el análisis de varianza aplicado a los resultados obtenidos en las variables cobre y manganeso se verifica que no existieron respuestas significativas por efecto de las dosis ni las fuentes de compost aplicadas; tampoco se presentó interacción entre los factores analizados para estas variables. (Tabla 5) (Anexo 19 y 20). Las variables de hierro y cinc, en cambio presentaron diferencias significativas entre fuentes de compost, dosis de compost, e interacción entre los factores estudiados. (Anexo 21 y 22).

**Tabla 5.** Cobre y manganeso en el suelo por efecto de la aplicación de dosis de compost con estiércol bovino (C-EB) y con gallinaza (C-G). San Lorenzo, 2018

Compost	Cu <sup>+2</sup> ------(mg kg <sup>-1</sup> )-----	Mn <sup>++</sup>
C- EB	0,53NS	39,10 NS
C- G	0,54	49,28
Promedio	0,53	40,19
Dosis (t ha <sup>-1</sup> )		
0	0,66 <sup>ns</sup>	39,22 <sup>ns</sup>
4	0,55	59,12
8	0,49	39,33
12	0,44	37,62
Promedio	0,53	39,09
CV%	51,66	63,89

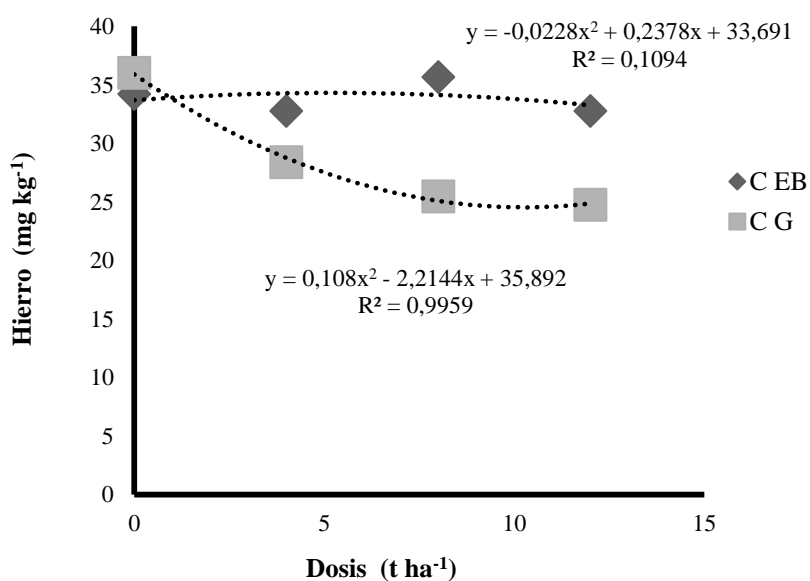
CV, coeficiente de variación; letras diferentes en minúscula, diferencia no significativa entre las dosis en cada tipo de compost, letras diferentes en mayúscula, diferencia significativa entre compost

En la variable cinc se obtuvo mayor concentración por la aplicación de C-G (3,64 mg kg<sup>-1</sup>) en relación al C-EB (3,14 mg kg<sup>-1</sup>). El incremento de cinc por la aplicación de compost con gallinaza se ajustó a una ecuación lineal ( $y = -0,111x + 2,976$ ) con un coeficiente de determinación ( $R^2 = 0,974$ ), pasando de un nivel bajo a un nivel medio en la disponibilidad del elemento en el suelo con la aplicación de la dosis menor. Las dosis del compost con estiércol bovino no aumentó significativamente el nivel de cinc en el suelo obteniéndose un promedio de 3,14 mg kg<sup>-1</sup>, pasando de un nivel de 2,94 mg kg<sup>-1</sup> en el testigo a un 3,41 mg kg<sup>-1</sup> con la aplicación de 12 t ha<sup>-1</sup>.



**Figura 2.** Cinc por efecto de la aplicación de dosis de compost con estiércol bovino (C-EB) y gallinaza (C-G). San Lorenzo, 2018.

En cuanto a la variable hierro, se obtuvo mayor disponibilidad de hierro con la aplicación del compost con estiércol bovino (33,84 mg kg<sup>-1</sup>) en relación al compost con gallinaza (28,65 mg kg<sup>-1</sup>). Con la aplicación del C-EB, la dosis 8 t ha<sup>-1</sup>, arrojó un valor de 35,66 mg kg<sup>-1</sup>, en relación al testigo que obtuvo un valor de 32,75 mg kg<sup>-1</sup> (Figura 3).



**Figura 3.** Hierro por efecto de la aplicación de dosis de compost con estiércol bovino (C-EB) y gallinaza (C-G). San Lorenzo, 2018.

Arriache y Mora (2005) en un experimento con gallinaza y cachaza, no encontraron respuestas significativas entre los micronutrientes, sólo el Fe mostró cierto incremento con la aplicación de los residuos orgánicos.

Singhania et al. (1983) obtuvieron un aumento en el cinc disponible del suelo al aplicar estiércol y un resultado similar alcanzan Arozarena et al. (1985) al aplicar cachaza, pero Flores- et al. (1984) al aplicar gallinaza y compost informan que el contenido de hierro aumenta aunque no existe efecto sobre el cobre, y el manganeso disminuye.

#### 4.4 Altura y diámetro del maíz

De acuerdo a los resultados obtenidos, la altura de la planta del maíz medidas a los 28, 34, 41 y 49 días después de la siembra (dds) presentaron diferencias significativas entre las fuentes en todas las evaluaciones. En relación al factor dosis de compost, la altura fue influenciada positivamente en las dos primeras evaluaciones con el C-EB, y las dosis de C-G influenciaron en todas las mediciones. Por otro lado, el análisis estadístico determinó interacción entre los factores para la medición de altura a los 28 y 34 dds. El diámetro del tallo evaluado a los 49 dds fue influenciado significativamente por la fuente y las dosis de compost. (Tabla 6) (Anexo 23, 24, 25 y 26).

**Tabla 6.** Altura de la planta y diámetro del tallo del maíz por efecto de la aplicación dosis de compost con estiércol bovino (C-EB) y con gallinaza (C-G). San Lorenzo, 2018

Fuentes	Dosis (t ha <sup>-1</sup> )	Altura de la planta de maíz (cm)				Diámetro del tallo del maíz (cm)
		28 dds <sup>1</sup>	34 dds	41 dds	49 dds	49 dds
C-EB	0	26,7 b <sup>2</sup>	59,7 b	76,7 <sup>ns</sup>	84,0 <sup>ns</sup>	1,0 <sup>ns</sup>
C-EB	2	32,3 b	68,6 b	81,0	92,5	1,0
C-EB	4	29,5 b	66,1 b	77,5	91,0	1,0
C-EB	6	33,4 b	69,8 a	81,0	96,5	1,1
C-EB	8	33,6 b	67,3 b	79,0	90,5	1,1
C-EB	10	42,4 a	70,8 a	83,3	90,7	1,1
C-EB	12	44,2 a	73,6 a	82,2	97,2	1,2
Fuente		34,6 B <sup>3</sup>	68,0 B	80,1 B	91,7 B	1,1 B
C-G	0	26,0 c	62,7 b	78,0 b	88,5 b	1,0 b
C-G	2	35,8 c	70,3 a	84,7 b	102,2 a	1,2 b
C-G	4	43,8 b	75,5 a	91,7 a	100,2 a	1,3 a
C-G	6	50,9 a	76,1 a	91,0 a	106,0 a	1,5 a
C-G	8	50,3 a	75,8 a	87,5 a	104,7 a	1,3 a
C-G	10	52,8 a	74,5 a	90,2 a	108,7 a	1,5 a
C-G	12	55,9 a	77,5 a	89,0 a	99,2 a	1,4 a
Fuente		45,1 A	73,2 A	87,4 A	101,3 A	1,36 A
CV (%)		12,45	8,8	9,31	9,89	12,87

CV, coeficiente de variación; <sup>1</sup>dds, días después de la siembra; <sup>2</sup>medias con letras diferentes en minúscula indican diferencias significativas entre las dosis de cada fuente de compost, <sup>3</sup>media con letras diferentes en mayúscula indican diferencias significativas entre las fuentes de compost, ns no diferencias significativas entre las dosis de cada fuente de compost.

La altura de la planta fue superior con la aplicación de compost con gallinaza en relación al compost con estiércol bovino, medidas en cuatro momentos.

Existieron diferencias significativas en la altura de la planta del maíz por efecto de las dosis del compost con gallinaza, en las cuatro mediciones, siendo siempre menor en el testigo. En cambio, la aplicación de dosis del compost con estiércol bovino influyó positivamente solo en la primera y segunda medición, no presentando efecto significativo en las dos últimas mediciones (a los 41 y 49 dds).

En el diámetro del tallo de la planta del maíz existen diferencias significativas entre las fuentes de compost utilizadas, observándose un mayor diámetro, cuando aplicado el compost con gallinaza. Con la aplicación de las dosis de compost con gallinaza también presentaron diferencias significativas, no así cuando se aplicaron dosis de C-EB (Tabla 6) (Anexo 27).

García (1995) observó que con la aplicación de abonos orgánicos (estiércol bovino, gallinaza) y fertilización mineral (18-46-0), la altura del maíz presentó valores mayores con los tratamientos de fertilización mineral, seguido por la aplicación de gallinaza y en último lugar con la aplicación del estiércol bovino, medidos a los 35 dds.

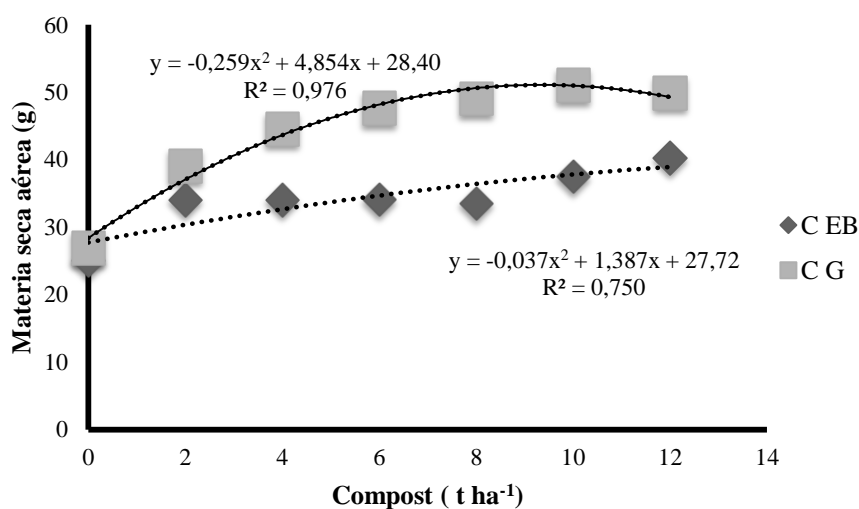
Cantarero y Martínez (2002) con la aplicación de tratamientos con de fertilizante mineral, gallinaza y estiércol bovino, no verificaron diferencias significativas pero obtuvieron un mayor diámetro con la aplicación de  $2.303 \text{ kg ha}^{-1}$  de estiércol a los 51 días después de la siembra. Al igual Longoria (2000) no encontró diferencias significativas con la aplicación de diferentes dosis de estiércol bovino, pero si una tendencia de diámetro del tallo más gruesos al aumentar las dosis del estiércol.



#### 4.5 Materia seca aérea y radicular

La materia seca aérea y radicular del maíz fue influenciada positivamente por las dosis y fuentes de compost evaluadas, verificándose además interacción entre factores para las dos variables medidas (Figura 4) (Anexo 28, 29).

La materia seca aérea obtenida por la adición de C-G fue superior al encontrado con el C-EB, resultando en promedios de 44,03 y 34,09 gramos, respectivamente. El incremento de la materia seca aérea del maíz con dosis crecientes de compost con gallinaza se ajustó a una ecuación cuadrática ( $y = 0,259x^2 + 4,854x + 28,40$ ) con coeficiente de determinación ( $R^2 = 0,976$ ), verificándose que la mayor materia seca aérea fue obtenida entre las dosis de 8 a 10  $t\ ha^{-1}$ , tendiendo a disminuir posteriormente. La aplicación de C-EB también produjo incremento significativos en la materia seca aérea, ajustándose a una ecuación cuadrática ( $y = -0,037x^2 + 1,387x + 27,72$ ) con coeficiente de determinación ( $R^2 = 0,750$ ).



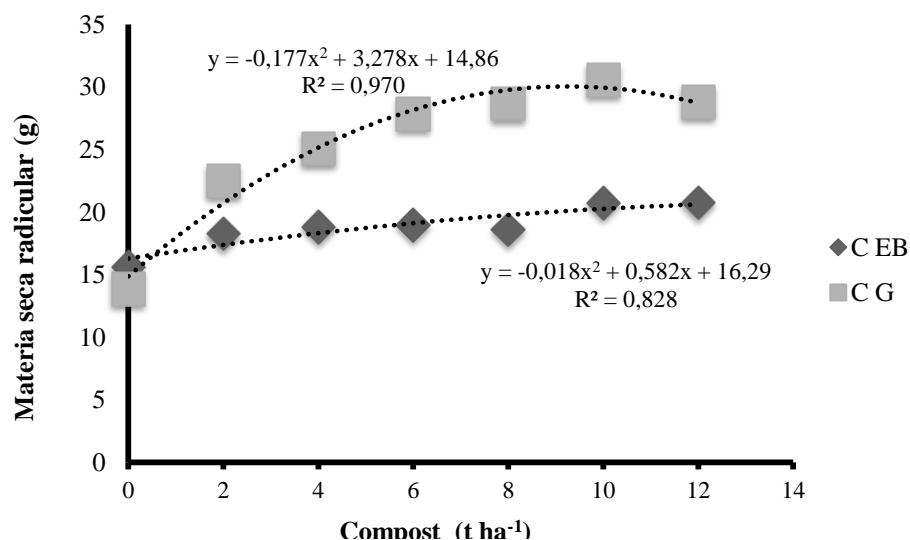
**Figura 4.** Materia seca aérea de la planta por efecto de la aplicación de dosis de compost con estiércol bovino (C-EB) y con gallinaza (C- G). San Lorenzo, 2018.

Resultados similares fueron observados por Salazar et al. (2007) encontrando diferencias significativas en la materia seca del forraje de maíz con la aplicación de estiércol, citando como dosis de máxima producción 120 Mg de estiércol  $ha^{-1}$ , que produjo 103,33 Mg  $ha^{-1}$  de forraje verde y 29,18 Mg  $ha^{-1}$  de forraje seco. Viramontes

et al. (2010) demostraron que la aplicación de estiércol solo y la combinación de fertilizante con estiércol, permitió obtener rendimientos de materia seca iguales o mayores al uso de fertilizante solo a partir del cuarto año de aplicación anual de dichos abonos.

En cuanto a la materia seca radicular (MSR) también se observa mayor incremento por la aplicación de compost con gallinaza en relación al compost con estiércol bovino (Figura 5). Las dosis de C-G produjeron el aumento significativo de la MSR, ajustándose los resultados a una ecuación ( $y = -0,177x^2 + 3,278x + 14,86$ ) con coeficiente de determinación ( $R^2 = 0,970$ ). Se verifica que la mayor MSR se obtuvo entre las dosis 8 y 10  $t\ ha^{-1}$ , tal como el resultado obtenido en relación a la materia seca aérea.

Las dosis crecientes de C-EB también produjeron aumento en la MSR se ajustándose los resultados a una ecuación cuadrática ( $y = -0,018x^2 + 0,582x + 16,29$ ) con coeficiente de determinación ( $R^2 = 0,829$ ) dando el valor más alto con un promedio de 30,57 g a dosis de 10  $t\ ha^{-1}$  de compost con gallinaza, en el testigo se observó una media de 13,84 gramos (Figura 5).



**Figura 5.** Materia seca radicular de la planta por efecto de la aplicación de dosis de compost con estiércol bovino (C-EB) y con gallinaza (C- G). San Lorenzo, 2018.

## 5. CONCLUSIONES

En las condiciones en que se condujo el experimento, se concluye que;

El pH, la conductividad eléctrica, el potasio intercambiable, el cobre y el manganeso del suelo no son afectados por la aplicación de compost a base de residuos de la industria azucarera con estiércol bovino y con gallinaza, ni por sus dosis sucesivas hasta 12 t ha<sup>-1</sup>.

Los tenores de calcio y magnesio intercambiables, de fósforo disponible y cinc en el suelo fueron superiores con la aplicación del compost con gallinaza en relación al compost con estiércol bovino.

Las dosis de ambas fuentes de compost no afectan significativamente el tenor de calcio y magnesio intercambiables en el suelo. Por el contrario si incrementan la disponibilidad del fósforo y del cinc. El hierro en el suelo disminuye con el aumento en las dosis de compost con gallinaza.

La altura, el diámetro del tallo, la materia seca aérea y radicular del maíz es superior con la aplicación del compost con gallinaza en relación al compost con estiércol bovino.

Las dosis sucesivas de compost con gallinaza incrementan la altura, el diámetro del tallo, la materia seca aérea y radicular del maíz. Las dosis de compost con estiércol bovino incrementan la materia seca aérea y de raíz del maíz.

Respuestas significativas en parámetros químicos del suelo y en parámetros de crecimiento del maíz se obtienen con menores dosis con la aplicación de compost con residuos de la industria azucarera con gallinaza.

## 6. REFERENCIAS

- Alvarez, E.; Vazquez, A.; Castellanos, J.; Cueto, J. 2006. Efectividad biológica de abonos orgánicos en el crecimiento de trigo. *Terra Latinoamericana*. 24:261-268.
- Arbelaez C.A. 1992. Efectos Comparativos de tres presentaciones de cachaza en algunas propiedades químicas de los suelos en la productividad de la caña de azúcar. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia. 68p.
- Arozarena, N., Muñiz, O., Coto, F. y Alfonso, C. 1985. Efecto de niveles de cachaza en el contenido asimilable de cinc, cobre y manganeso y sus interacciones con el fósforo asimilable en el suelo ferralítico rojo compactado. *Ciencia y técnica en la agricultura. Suelos y Agroquímica*, 2(2): 25.
- Arriache, I.; Mora, O. 2005. Efecto de la aplicación de residuos orgánicos sobre el cultivo de maíz en suelos degradados del Estado Yaracuy, Venezuela. *Bioagro*, 17(3). Consultado 03 jun 2018. Disponible en: [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S131633612005000300005&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S131633612005000300005&script=sci_arttext).
- Arzola, N.; Fundora, O.; Mello, R. 2013. Manejo de suelos para una agricultura sostenible. *Jaboticabal*. 509p.
- Barahona, L.; Villarreal, J. 2015. Efecto de la gallinaza en las propiedades físicas y químicas del suelo. Panamá. 10.13140.
- Benzing A. 2001. *Agricultura orgánica: Fundamentos para la región andina*. Ed. Neekar – Verlag, Postfach. Villingen – Schwenningen; DE. 682 p.
- Bobadilla, S. 2018. Evaluación de compost a base de residuos de la industria azucarera con gallinaza y estiércol bovino. Tesis Ing Agr. San Lorenzo, PY. Departamento de Suelos y Ordenamiento Territorial, FCA- UNA. 51 p.
- Camargo, O. A.; Valadares, J. M. A. S.; Geraldí, R. N. 1980. Características químicas e físicas do solos que receberam vinhaça por longo tempo. *Campinas, Instituto Agrônomico*, 30 p. (Boletim Técnico, 76)
- Campitelli, S.; Ceppi, M.; Velasco, A.; Rubenacker, A. 2014. *Compostaje: Obtención de abonos de calidad para las plantas*. Argentina. Brujas. 84p.

- Cantarero, R; Martinez, O. 2002. Evaluación de tres tipos de fertilizantes (gallinaza, estiércol vacuno y un fertilizante mineral) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). Variedad NB-6 (en línea). Nicaragua. Consultado 20 set.2018. Disponible en <http://repositorio.una.edu.ni/1853/1/tnf04c229.pdf>
- Crisóstomo, J.; José, M.; Simionato, R. 1984. Complementação nitrogenada em áreas fertilizadas com vinhaça. Coersucar. Reunião Técnica Agronômica.
- Cruz, S.M. 1986. Abonos orgánicos. Ed. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo Méx. p. 33-45.
- Cruzaley, S.; Cantú, A. 1990. Efecto de la fertilización química y orgánica en la producción de maíz en suelos calcáreos. XIII Cong. Nacional de la Ciencia del Suelo. Soc. Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. p. 299.
- Cuellar, A.; Villegas, D.; Leon, O.; Perez, I. 2002. Manual de fertilización de la caña de azúcar en Cuba. Cuba. Publicinca.; p 88.92
- David, E. 1981. Caña de azúcar y alcohol. Revista ATAC.: Vol 40 N° 40. Cuba. p 4-7.
- Da Gloria, N.; Santa Ana, A; Figueiredo, A.; Fitho, O.;Biagil, E. 1978. Uso de vinhaça em caña-de-açúcar de usina de Pedro Serrano. Brasil.
- Di Rienzo, A; Casanoves, F; Balzarini, M; Gonzalez, L; Tablada, M; Robledo, C.2011.Grupo InfoStat (en línea). Córdoba, AR. 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 05 oct. 2018. Disponible en <https://chapingo.mx/terra/contenido/19/4/art293-299.pdf>
- Duarte, G. A. 2006. Fertilización química, orgánica órgano mineral y su efecto sobre el rendimiento del algodón (*Gossypium hirsutum* L.) y la recuperación química de un suelo en rotación de maíz y avena más lupino. Tesis Ing. Agr. San Lorenzo, PY. Departamento de Suelos y Ordenamiento Territorial, FCA- UNA. 51 p.
- Espinola, A. 2005. Efecto de diferentes combinaciones de torta de filtro y gallinaza sobre el rendimiento y calidad de la caña de azúcar en un alfisol del Distrito Independencia, departamento de Guaira. Tesis Ing. Agr. San Lorenzo, PY. Departamento de Suelos y Ordenamiento Territorial, FCA-UNA. 32 p.
- Estrada, M. 2003. Manejo y procesamiento de la gallinaza. Revista Lasallista de investigación (en línea). Consultado 9 enero 2018. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69520108>.

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT). 2013. Manual de compostaje del agricultor. Experiencias américa latina (en línea). Consultado 20 abril 2018. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/019/i3388s/i3388s.pdf>
- Fernandez, L; Sartaj, M. 1997. Comparative study of static pile composting using natural, forced and passive aeration methods. *Compost Science&Utilization* (en línea). Consultado 20 set 2017. Disponible en <http://www.researchgate.net>
- Fernández, R. M; Gómez, J. M y Estrada, I. B. 2004. Compost legislation: sanitation vs Biologicalquality. I International Conference Soil and Compost Eco-Biology. p 167-183
- 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). Consultado 27 mayo 2018. Disponible en [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-57792010000400008&Ing=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792010000400008&Ing=es&nrm=iso)
- Flores, D.; Flores, L. y Aguilera, N. 1984. *Anales de edafología y agrobiología* 43:835.
- Gandarilla, J., Oquendo, G., Curbelo, R., Arteaga, O. y Peña, E. 1984. Respuesta del Pasto Estrella, (*Cynodonn lenfuensis*) a las aplicaciones de dos fuentes de abono orgánico. 2do Seminario Cientifico Tecnico. 16 p.
- García, J. 1994. Efecto de Profit-g, gallinaza y estiércol bovino sobre la actividad fotosintética y el rendimiento del maíz (*Zea mays* L.) en el distrito de Riego N° 26 del bajo rio San Juan (en línea). Consultado 15 agos 2018. Disponible en <http://www.cdigital.dgb.uanl.mx/te/1080062381.pdf>
- García, C; Monje, N. 1995. *Agricultura orgánica*. Costa Rica, EUNED. 457 p.
- Gloria, N., Magro, J. 1976. Utilizacao agrícola de residuos da usina de acucar e destilería na usina de Pedra. Seminario Copersucar da agroindustria acucareira. Sao Paulo, BR. 15p.
- Hernandez, G.; Salgado, S.; Palma, D.; Lagunes, L.; Castelan, M.; Ruiz, O. Vinaza y composta de cachaza como fuente de nutrientes en caña de azúcar en un gleysolmólico en Chiapas, Mexico. (en línea). Consultado 03 oct 2018. Disponible en <http://www.scielo.org.ve> <http://www.redalyc.org/pdf/339/33913613.pdf>
- Honig, P. 1974. *Principios de tecnología azucarera*. Compañía Editorial Continental. México. 156p.
- Innes, R.F. 1951. The agriculture utilization of dunder. *Inst.SugarJournal*.53(1):99-101.

- Jiménez, L.; Larreal, M. y Noguera, N. 2004. Efectos del estiércol bovino sobre algunas propiedades químicas de un Ultisol degradado en el área de la Machiques Colón, estado Zulia. *Revista de Agronegocios*. 21:311-321.
- Lei, Y. 1989. Soil productivity and fertilizer use for maximizing crop yields in liaoning, China. Sander, J.L. *Maximun yield research*, Dev, G. pp. 132-135.
- Leeson, S; Summers, J. 2000. *Nutricion aviar comercial*. Colombia. p 40-50
- Longoria, C. 2000. Fertilización orgánica con estiércol bovino en diferentes fechas y dosis de aplicación en maíz blanco Hualahuisés (en línea). México. Consultado 02 oct. 2018. Disponible en <http://eprints.uanl.mx/6353/1/1080095037.PDF>
- López, J; Díaz, E.; Martínez R.; Valdez, C. 2001. Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. *Terra* 19: 293-299.
- Maldonado, R.; Vergara, A. 1992. Fertilización órgano-mineral sobre el rendimiento de maíz en un suelo calcáreo. XIV Congreso Nacional de Fitogenética. Tuxtla Gutierrez, Chiapas Soc. Mexicana de Fitogenética. 545p
- Meyer, F.; Gaetano, P.; Berlijn, J. 1996. *Elaboración de productos agrícolas*. Editorial Trilas, p 88.
- Montemurro, A.; Araya, A.; Opazo, B. 2008. *Compost Chile: compostaje y reciclaje domiciliario, una solución para nuestros residuos*. Santiago, CL. 185 p.
- Muñoz, J; Montes, C. 2015. Evaluación de abonos orgánicos utilizando como indicadores plantas de lechuga y repollo en popayan (en línea). *RevBio Agro* 13 (1). Consultado 25 oct. 2017. Disponible en [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1692-35612015000100009&lang=pt](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612015000100009&lang=pt)
- Nitta, T.; Matsuguchi, T. 1989. The effects of organic materials added to the soil on growth and yields of upland crops through improvements in the microflora of the rhizosphere. *Research Bulletin of the Hokkaido Agricultural Experiment Station*. No. 152. p. 33-89.
- Oliva, D.; Antolin, G. 2004. Aproximación experimental a la combustión del bagazo de caña en lecho fluidizado (en línea). Consultado 12 may 2018. Disponible en <http://www.Cubasolar.cu>
- Perkins, H. 1966. Estiércol de pollo. Su producción, composición y empleo como fertilizante. Centro regional de ayuda técnica, agencia para el desarrollo internacional (AID). México. 28p.
- Primavesi, A. 1988. *Manejo ecológico do solo. Agricultura en Regioes Tropicais*. 9 ed. Sao Paulo, Novel. 549 p.

- Red Interinstitucional de Tecnologías Limpias. Proceso para la elaboración de panela (en línea). Consultada 12 feb 2018. Disponible en: <http://www.tecnologiaslimpias.org>
- Rolón, G.A. 2003. Utilización del estiércol vacuno como alternativa al uso de los fertilizantes inorgánicos en el cultivo de la caña de azúcar. Una opción ambiental. Tesis (M. Sc.) San Lorenzo, PY. Escuela de Pos Graduación Académica- UNA. 44 p.
- Rodriguez, J. 2006. Fertilización química, orgánica, y órgano mineral y su efecto sobre el rendimiento de la mandioca (*Manihot esculenta* cranz) y la recuperación química del suelo. Tesis Ing. Agr. San Lorenzo, PY. FCA-UNA. 33 p.
- Salazar, E; Trejo, H; Vázquez, C; D. López, J. 2007. Producción de maíz bajo riego por cintilla, con aplicación de estiércol bovino (en línea). *PhytonRevIntBotExp* 76: 169-185. Consultado 30 set. 2018. Disponible en [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1851-56572007000100015](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-56572007000100015)
- Salamanca, C. 2008. Efecto de las fuentes orgánicas obtenidas de los subproductos agroindustriales de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) y el plátano (*Musa* spp) sobre la actividad microbiana y enzimática en el suelo. FCAPV, UNC. CO. 89p.
- Sánchez, A. 2010. Efecto de combinación de sistemas de siembra y fertilización orgánica en maíz (*Zea mays*), variedad NutriGuarani V-1 en el distrito de Caazapá. Tesis Ing. Agr. San Lorenzo, PY. Departamento de Suelos y Ordenamiento Territorial. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. 31p
- Sepulveda, F.; Tapia, F.; Ardiles, F. 2010. Beneficio de la materia orgánica en los suelo: manejo de los residuos orgánicos e inorgánicos derivados de la actividad agropecuaria en el valle de Azapa, en la región de Arica y Parinoca. Informativo INIA- Ururi N°23.
- Singhania, R.; Rietz, E.; Sochtig, H. y Sanerbeck, D. 1983. Chemical transformation and plant availability of zinc salts added to organic manure. *Plant and Soil*.73:337.
- Soto, M. G. 2003. Abonos orgánicos: El proceso de compostaje. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE. 27 p.
- Suquilanda, M. 1995. Agricultura orgánica, alternativa tecnológica del futuro. FUNDAGRO. Quito , EC. 208 p.
- Tedesco, M; Gianello, C; Bissani, C; Bohmen, H; Volkweiss, S.1995. Analise de solo, planta e outros materiais. Porto Alegre, Brasil, Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul. 170 p.



- Tisdale, S.L., W.L. Nelson and J.D. Beaton. 1985. Soil fertility and fertilizers. McMillan Publishing Company, 4Ed. p220-250.
- Travaglini, N. 1999. Influencia de doses crescentes de vinhaca, com e sem complementacao de potassio na qualidade tecnologica, produtividade e maturacao, em soqueira de cana-de-acucar (*Saccharum spp*) Tese (M.Sc.). Piracicaba, SP, BR. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Querioz". USP. 65 p.
- Viramontes, U.; Wong, J.; Delgado, J.; Nuñez, G.; Reta, D.; Quiroga, H.; Faz, R.; Marquez, J. 2010. Estiercol de bovino lechero sobre el rendimiento y recuperación aparente del nitrógeno en maíz forrajero. *Terra Latinoamericana* 28: 361-369. Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v28n4/v28n4a8.pdf>
- Zérega, L. 1993. Manejo y uso agronómico de la cachaza en suelos cañameleros. *Caña de azúcar*. 11(2):71-92.

## 7. ANEXOS

### A. 1. Tratamiento, dosis y cantidad de compost de estiércol bovino (C-EB) y gallinaza (C-G) utilizados con suelo de textura arenosa. San Lorenzo, 2018

Descripción	Tratamientos	Dosis (t ha <sup>-1</sup> )	Cantidad de compost (gramos)
C-EB	T1	0	0
C-EB	T2	2	4,73
C-EB	T3	4	9,46
C-EB	T4	6	14,20
C-EB	T5	8	18,96
C-EB	T6	10	23,66
C-EB	T7	12	28,40
C-G	T8	0	0
C-G	T9	2	4,73
C-G	T10	4	9,46
C-G	T11	6	14,20
C-G	T12	8	18,96
C-G	T13	10	23,66
C-G	T14	12	28,40

### A. 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

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

BLOQUE 3		BLOQUE 4	
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			

**A. 3.** Datos de las variables de pH, conductividad eléctrica obtenida en el compost con estiércol bovino.

Dosis (t ha <sup>-1</sup> )	Bloque	pH	Conductividad eléctrica dS m <sup>-1</sup>
0	1	4,90	0,09
2	1	5,20	0,05
4	1	5,60	0,06
6	1	5,70	0,06
8	1	5,40	0,06
10	1	5,40	0,06
12	1	5,50	0,06
0	2	5,40	0,05
2	2	5,60	0,06
4	2	5,60	0,06
6	2	5,50	0,06
8	2	5,50	0,06
10	2	5,50	0,08
12	2	5,60	0,06
0	3	6,00	0,08
2	3	5,90	0,15
4	3	6,00	0,06
6	3	5,90	0,09
8	3	5,80	0,09
10	3	6,00	0,11
12	3	6,00	0,10
0	4	5,70	0,08
2	4	6,20	0,10
4	4	5,80	0,08
6	4	5,90	0,09
8	4	5,60	0,06
10	4	5,70	0,09
12	4	5,90	0,07

**A. 4.** Datos de las variables calcio, magnesio, potasio y fósforo obtenido en el compost con estiércol bovino

Dosis (t ha <sup>-1</sup> )	Bloque	P	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>
------(mg kg <sup>-1</sup> )-----					
0	1	2,43	0,99	0,51	0,05
4	1	4,87	0,60	0,22	0,02
8	1	7,30	0,79	0,31	0,04
12	1	7,30	0,79	0,36	0,05
0	2	4,87	0,79	0,31	0,08
4	2	4,87	0,99	0,36	0,04
8	2	2,43	0,99	0,31	0,02
12	2	9,73	0,99	0,31	0,02
0	3	2,43	0,60	0,36	0,06
4	3	4,87	0,79	0,46	0,11
8	3	7,30	0,99	0,51	0,08
12	3	12,17	0,79	0,36	0,06
0	4	4,87	0,79	0,36	0,04
4	4	7,30	0,79	0,41	0,06
8	4	12,17	0,70	0,36	0,02
12	4	12,17	1,19	0,51	0,01

**A. 5.** Datos de las variables cobre, zinc, hierro y manganeso obtenido en el compost con estiércol bovino

Dosis (t ha <sup>-1</sup> )	Bloque	Cu	Zn	Fe	Mn
------(mg kg <sup>-1</sup> )-----					
0	1	0,46	2,82	34,93	37,68
4	1	0,23	2,82	30,56	38,63
8	1	0,46	2,82	33,48	38,63
12	1	0,23	2,82	27,65	37,68
0	2	0,92	2,82	42,21	38,63
4	2	0,46	3,29	36,39	38,63
8	2	0,92	3,76	49,49	39,57
12	2	0,46	3,29	34,93	37,68
0	3	0,92	2,82	27,65	39,57
4	3	0,46	2,82	32,02	40,51
8	3	0,23	2,82	30,56	40,51
12	3	0,23	3,76	32,02	40,51
0	4	0,92	3,29	32,02	38,63
4	4	0,92	3,29	32,02	39,57
8	4	0,46	3,29	29,11	38,63
12	4	0,23	3,76	36,39	40,51

**A. 6. Datos de las variables diámetro y altura de la planta obtenidos con el compost con estiércol bovino**

Dosis (t ha <sup>-1</sup> )	Bloque	Diámetro (cm)		Altura de la planta (cm)							
				28 DDS	34 DDS	41 DDS	49 DDS				
0	1	0,8	0,9	24	27	54	59	67	69	76	74
2	1	0,9	1	25	27	63	51	69	71	70	73
4	1	0,95	0,95	25	26	57	57	67	69	84	82
6	1	1	1,1	35	36	60	62	73	71	89	89
8	1	1,1	1	25	28	60	55	79	76	89	91
10	1	1,2	1	30	33	54	57	76	79	76	74
12	1	1,2	0,9	37	39	64	68	69	67	86	84
0	2	1,1	1,6	17	19	44	48	66	64	79	77
2	2	1,1	1,3	30	26	77	74	87	87	93	95
4	2	1,2	1,2	30	31	77	62	71	69	94	96
6	2	1,2	1,4	31	33	73	69	82	80	96	96
8	2	1,2	1,4	42	42	74	75	85	83	99	99
10	2	1,2	1,4	50	53	80	85	91	89	101	103
12	2	1,2	0,9	38	35	69	74	77	79	106	104
0	3	0,95	0,95	31	32	70	67	81	83	88	88
2	3	0,9	1	40	41	71	70	81	79	89	91
4	3	0,9	1	29	30	67	65	75	77	88	90
6	3	0,96	0,94	35	35	74	78	83	81	95	93
8	3	1	1	34	33	71	65	69	71	78	80
10	3	1	1,05	39	40	79	74	86	84	89	91
12	3	1,2	0,9	52	51	80	77	91	93	104	106
0	4	1,1	1,1	32	31	68	68	91	93	95	95
2	4	1	0,9	32	32	75	68	86	88	115	113
4	4	1,2	1,2	32	31	79	65	97	95	96	98
6	4	1,1	1,22	30	29	70	73	91	89	108	106
8	4	1,2	1,3	30	31	68	71	84	86	95	93
10	4	1,1	1,3	47	49	71	67	82	80	97	95
12	4	1,24	1,25	49	51	77	80	90	92	93	95

**A. 7. Datos de las variables materia seca aérea y radicular obtenidos con el compost con estiércol bovino**

Dosis (t ha <sup>-1</sup> )	Bloque	MS Aérea	MS Radicular
		------(g/planta <sup>-1</sup> )-----	
0	1	21,8	19,7
2	1	29,26	17,28
4	1	32,68	17,86
6	1	31,07	17,81
8	1	35,28	17,94
10	1	33,03	22,1
12	1	33,47	16
0	2	26,58	16,19
2	2	39,47	16,55
4	2	36,37	20,55
6	2	37,39	26,45
8	2	40,18	20,16
10	2	43,73	23,58
12	2	46,45	22,45
0	3	24,54	13,11
2	3	30,33	18,11
4	3	30,28	20,77
6	3	27,25	14,15
8	3	28,13	15,05
10	3	37,07	17,72
12	3	41,27	23,62
0	4	27,2	13,41
2	4	37,01	21,2
4	4	36,96	16,02
6	4	40,76	17,37
8	4	30,6	21,33
10	4	36,27	19,46
12	4	40,02	21,05

**A. 8.** Datos de las variables de pH, conductividad eléctrica obtenida en el compost con gallinaza

Dosis (t ha <sup>-1</sup> )	Bloque	pH	Conductividad eléctrica dS m <sup>-1</sup>
0	1	5,30	0,06
2	1	5,40	0,06
4	1	5,50	0,05
6	1	5,50	0,06
8	1	5,50	0,06
10	1	5,80	0,08
12	1	5,60	0,10
0	2	5,30	0,04
2	2	5,60	0,05
4	2	5,70	0,08
6	2	5,80	0,07
8	2	5,90	0,08
10	2	5,80	0,08
12	2	6,00	0,10
0	3	5,00	0,12
2	3	5,20	0,12
4	3	5,50	0,08
6	3	5,40	0,12
8	3	5,40	0,12
10	3	5,70	0,09
12	3	5,70	0,11
0	4	5,80	0,08
2	4	6,00	0,07
4	4	5,60	0,08
6	4	5,90	0,09
8	4	5,30	0,10
10	4	5,90	0,10
12	4	6,00	0,01

**A. 9.** Datos de las variables calcio, magnesio, potasio y fósforo obtenido en el compost con estiércol gallinaza

Dosis (t ha <sup>-1</sup> )	Bloque	P	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>
		------(mg kg <sup>-1</sup> )-----			
0	1	1,22	0,99	0,46	0,06
4	1	7,30	0,79	0,36	0,05
8	1	21,90	0,99	0,46	0,06
12	1	31,64	0,60	0,41	0,06
0	2	4,87	0,99	0,41	0,08
4	2	7,30	0,99	0,36	0,04
8	2	19,47	0,99	0,46	0,08
12	2	34,07	0,99	0,41	0,08
0	3	4,87	1,19	0,41	0,06
4	3	7,30	0,99	0,36	0,04
8	3	17,04	0,99	0,41	0,03
12	3	26,77	0,99	0,41	0,02
0	4	1,22	1,19	0,60	0,05
4	4	12,17	1,19	0,60	0,04
8	4	14,60	1,19	0,55	0,02
12	4	46,24	1,19	0,43	0,06

**A. 10.** Datos de las variables cobre, zinc, hierro y manganeso obtenido en el compost con gallinaza

Dosis (t ha <sup>-1</sup> )	Bloque	Cu	Zn	Fe	Mn
		------(mg kg <sup>-1</sup> )-----			
0	1	0,46	2,82	33,48	39,57
4	1	0,23	3,29	24,74	38,63
8	1	0,23	4,23	20,38	37,68
12	1	0,92	4,23	27,65	37,68
0	2	0,46	2,82	37,84	39,57
4	2	0,23	3,29	30,56	197,85
8	2	0,23	3,76	26,20	38,63
12	2	0,23	4,23	24,74	39,57
0	3	0,92	2,82	37,84	39,57
4	3	0,92	3,29	30,56	38,63
8	3	0,92	4,23	27,65	40,51
12	3	0,92	4,23	27,65	37,68
0	4	0,23	3,29	34,93	40,51
4	4	0,92	3,76	27,65	40,51
8	4	0,46	3,76	27,65	40,51
12	4	0,46	4,23	18,92	39,57



**A. 11.** Datos de las variables diámetro y altura de la planta de maíz obtenido en el compost con gallinaza

Dosis (t ha <sup>-1</sup> )	Bloque	Diámetro (cm)		Altura de la planta (cm)							
				28 DDS		34 DDS		41 DDS		49 DDS	
0	1	1,1	1,2	24	25	56	60	73	71	78	80
2	1	1,4	1,4	24	27	58	61	71	73	101	103
4	1	1,4	1,6	41	42	69	65	82,5	82	88	88
6	1	1,5	1,3	45	43	80	70	95	96	106	104
8	1	1,5	1,6	37	38	75	65	82	80	109	111
10	1	1,7	1,7	37	38	59	73	71	69	115	117
12	1	1,5	1,6	50	51	73	72	85	83	100	100
0	2	0,75	0,75	19	19	46	50	69	70	66	68
2	2	1	1,1	36	37	79	72	100	102	101	103
4	2	1	1,2	42	42	76	78	97	95	110	108
6	2	1,5	1,7	46	47	69	68	83	85	109	109
8	2	1,3	1,2	53	54	81	75	86	84	103	105
10	2	1,3	1,3	54	53	77	77	94	96	111	109
12	2	1,2	1,2	52	54	70	72	79	77	91	93
0	3	1	1,1	31	31	64	84	74	72	110	108
2	3	1,2	1,2	37	38	60	66	80	80	88	89
4	3	1,5	1,6	45	48	72	78	90	92	97	100
6	3	1,5	1,7	55	56	80	85	96	94	99	101
8	3	1,3	1,2	57	59	82	84	98	100	109	111
10	3	1,6	1,6	62	60	82	81	100	100	108	106
12	3	1,4	1,5	62	35	85	79	87	90	99	101
0	4	1,2	1,2	30	28	74	68	95	95	98	100
2	4	1,3	1,4	44	43	79	88	91	93	117	117
4	4	1,3	1,3	46	45	84	82	97	99	104	106
6	4	1,4	1,4	58	59	75	82	92	93	111	109
8	4	1,5	1,3	52	52	70	75	86	84	94	96
10	4	1,4	1,3	59	62	69	78	95	97	101	103
12	4	1,5	1,5	59	60	75	94	104	106	106	104

**A. 12.** Datos de las variables materia seca aérea y radicular obtenidos en el compost con gallinaza

Dosis (t ha <sup>-1</sup> )	Bloque	MS Aérea	MS Radicular
		------(g/planta <sup>-1</sup> )-----	
0	1	28,42	14,39
2	1	38,99	22,2
4	1	44,85	27,15
6	1	48,45	27,65
8	1	55,53	29,06
10	1	49,5	30,4
12	1	47,39	23,1
0	2	24,35	17,21
2	2	41,2	21,77
4	2	45,19	23,4
6	2	52,07	34,79
8	2	52,65	30,17
10	2	61,8	31,45
12	2	53,73	34,99
0	3	27,59	12,21
2	3	33,75	22,01
4	3	46,05	27,25
6	3	45,29	23,85
8	3	46,1	29,96
10	3	50,86	30,95
12	3	47,74	32,33
0	4	27,27	11,54
2	4	42,42	24
4	4	42,2	22,6
6	4	44,66	25,05
8	4	41,98	25,59
10	4	41,97	29,48
12	4	50,85	24,36

**A. 13.** Análisis de varianza del pH del suelo con el uso de compost con estiércol bovino y compost con gallinaza

Cuadro de análisis de varianza (Sc tipo III)					
FV	GL	SC	CM	FC	p-valor
BLOQUES	3	0,92	0,31	5,41	0,0033
COMPOST	1	0,05	0,05	0,91	0,3456
DOSIS	6	0,70	0,12	2,06	0,0807
COMPOST*DOSIS	6	0,20	0,03	0,58	0,7437
ERROR	39	2,21	0,06		
CV%	4,22				
NRO DE OBSERVACIÓN	56				
Media General	5,67				

**A. 14.** Análisis de varianza de conductividad eléctrica del suelo con el uso de compost con estiércol bovino y compost con gallinaza

Cuadro de análisis de varianza (Sc tipo III)					
FV	GL	SC	CM	FC	p-valor
BLOQUES	3	0,01	$4,3 \times 10^{-3}$	10,15	<0,0001
COMPOST	1	$3,5 \times 10^{-4}$	$3,5 \times 10^{-4}$	0,83	0,3688
DOSIS	6	$1,5 \times 10^{-3}$	$2,5 \times 10^{-4}$	0,60	0,7292
COMPOST*DOSIS	6	$1,6 \times 10^{-3}$	$2,6 \times 10^{-4}$	0,61	0,7205
ERROR	39	0,02	$4,2 \times 10^{-4}$		
CV%	26,30				
NRO DE OBSERVACIÓN	56				
Media General	0,07				

**A. 15.** Análisis de varianza de calcio con el uso de compost con estiércol bovino y compost con gallinaza

Cuadro de análisis de varianza (Sc tipo III)					
FV	GL	SC	CM	FC	p-valor
BLOQUES	3	0,19	0,06	2,84	0,0623
COMPOST	1	0,22	0,22	10,05	0,0046
DOSIS	3	0,02	0,01	0,28	0,8425
COMPOST*DOSIS	3	0,09	0,03	1,35	0,2867
ERROR	21	0,47	0,02		
CV%	16,03				
NRO DE OBSERVACIÓN	32				
Media General	0,84				

**A. 16.** Análisis de varianza de magnesio con el uso de compost con estiércol bovino y compost con gallinaza

Cuadro de análisis de varianza (Sc tipo III)					
FV	GL	SC	CM	FC	p-valor
BLOQUES	3	0,06	0,02	3,14	0,0470
COMPOST	1	0,04	0,04	6,10	0,0222
DOSIS	3	0,01	$2,4 \times 10^{-3}$	0,39	0,7583
COMPOST*DOSIS	3	0,01	$1,8 \times 10^{-3}$	0,30	0,8233
ERROR	21	0,13	0,01		
CV%	18,86				
NRO DE OBSERVACIÓN	32				
Media General	0,37				

**A. 17.** Análisis de varianza de potasio con el uso de compost con estiércol bovino y compost con gallinaza

Cuadro de análisis de varianza (Sc tipo III)					
FV	GL	SC	CM	FC	p-valor
BLOQUES	3	$1,9 \times 10^{-3}$	$6,4 \times 10^{-4}$	1,09	0,3752
COMPOST	1	$1,5 \times 10^{-4}$	$1,5 \times 10^{-4}$	0,26	0,6140
DOSIS	3	$1,3 \times 10^{-3}$	$4,4 \times 10^{-4}$	0,75	0,5360
COMPOST*DOSIS	3	$1,3 \times 10^{-3}$	$4,2 \times 10^{-4}$	0,72	0,5519
ERROR	21	0,01	$5,8 \times 10^{-4}$		
CV%	48,64				
NRO DE OBSERVACIÓN	32				
Media General	0,047				

**A. 18.** Análisis de varianza de fósforo con el uso de compost con estiércol bovino y compost con gallinaza

Cuadro de análisis de varianza (Sc tipo III)					
FV	GL	SC	CM	FC	p-valor
BLOQUES	3	64,81	21,60	1,64	0,2093
COMPOST	1	711,59	711,58	54,17	<0,0001
DOSIS	3	1676,63	558,88	42,55	<0,0001
COMPOST*DOSIS	3	732,17	244,06	18,58	<0,0001
ERROR	21	275,84	13,14		
CV%	31,77				
NRO DE OBSERVACIÓN	32				
Media General	6,69				

**A. 19.** Análisis de varianza de cobre con el uso de compost con estiércol bovino y compost con gallinaza

Cuadro de análisis de varianza (Sc tipo III)					
FV	GL	SC	CM	FC	p-valor
BLOQUES	3	0,36	0,12	1,46	0,2552
COMPOST	1	1,7x10 <sup>-3</sup>	1,7x10 <sup>-3</sup>	0,02	0,8890
DOSIS	3	0,19	0,06	0,06	0,5266
COMPOST*DOSIS	3	0,41	0,14	1,67	0,2042
ERROR	21	1,74	0,08		
CV%	53,41				
NRO DE OBSERVACIÓN	32				
Media General	0,53				

**A. 20.** Análisis de varianza de cinc con el uso de compost con estiércol bovino y compost con gallinaza

Cuadro de análisis de varianza (Sc tipo III)					
FV	GL	SC	CM	FC	p-valor
BLOQUES	3	0,52	0,17	2,22	0,1163
COMPOST	1	2,00	2,00	25,61	0,0001
DOSIS	3	3,61	1,20	15,45	<0,0001
COMPOST*DOSIS	3	0,96	0,32	4,11	0,0194
ERROR	21	1,64	0,08		
CV%	8,23				
NRO DE OBSERVACIÓN	32				
Media General	3,14				

**A. 21.** Análisis de varianza de hierro con el uso de compost con estiércol bovino y compost con gallinaza

Cuadro de análisis de varianza (Sc tipo III)					
FV	GL	SC	CM	FC	p-valor
BLOQUES	3	185,62	61,87	3,42	0,0359
COMPOST	1	215,23	215,23	11,91	0,0024
DOSIS	3	177,14	59,05	3,27	0,0416
COMPOST*DOSIS	3	165,50	55,17	3,05	0,0510
ERROR	21	379,63	18,08		
CV%	13,61				
NRO DE OBSERVACIÓN	32				
Media General	33,83				

**A. 22. Análisis de varianza de manganeso con el uso de compost con estiércol bovino y compost con gallinaza**

Cuadro de análisis de varianza (Sc tipo III)					
FV	GL	SC	CM	FC	p-valor
BLOQUES	3	2295,86	765,29	0,97	0,4262
COMPOST	1	811,04	811,04	1,03	0,3226
DOSIS	3	2396,98	798,99	1,01	0,4075
COMPOST*DOSIS	3	2323,75	774,58	0,98	0,4209
ERROR	21	16595,27	790,25		
CV%	63,70				
NRO DE OBSERVACIÓN	32				
Media General	39,09				

**A. 23. Análisis de varianza de altura de la planta, primera medición, con el uso de compost con estiércol bovino y compost con gallinaza**

Cuadro de análisis de varianza (Sc tipo III)					
FV	GL	SC	CM	FC	p-valor
BLOQUES	3	920,69	306,90	12,44	<0,0001
COMPOST	1	1541,40	1541,40	62,49	<0,0001
DOSIS	6	3205,80	534,30	21,66	<0,0001
COMPOST*DOSIS	6	556,05	92,68	3,76	0,0048
ERROR	39	961,92	24,66		
CV%	12,45				
NRO DE OBSERVACIÓN	56				
Media General	39,87				

**A. 24. Análisis de varianza de altura de la planta, segunda medición, con el uso de compost con estiércol bovino y compost con gallinaza**

Cuadro de análisis de varianza (Sc tipo III)					
FV	GL	SC	CM	FC	p-valor
BLOQUES	3	1333,19	444,40	11,30	0,0001
COMPOST	1	378,04	378,04	9,61	0,0023
DOSIS	6	995,71	165,95	4,22	0,0036
COMPOST*DOSIS	6	100,80	16,80	0,43	0,0001
ERROR	39	1533,50	39,32		
CV%	8,88				
NRO DE OBSERVACIÓN	56				
Media General	70,63				

**A. 25.** Análisis de varianza de altura de la planta, tercera medición, con el uso de compost con estiércol bovino y compost con gallinaza

Cuadro de análisis de varianza (Sc tipo III)					
FV	GL	SC	CM	FC	p-valor
BLOQUES	3	2000,71	666,90	10,97	<0,0001
COMPOST	1	757,79	757,79	12,46	0,0011
DOSIS	6	479,93	79,99	1,32	0,2735
COMPOST*DOSIS	6	213,21	35,54	0,58	0,7406
ERROR	39	2371,79	60,82		
CV%	9,31				
NRO DE OBSERVACIÓN	56				
Media General	83,79				

**A. 26.** Análisis de varianza de altura de la planta, cuarta medición, con el uso de compost con estiércol bovino y compost con gallinaza

Cuadro de análisis de varianza (Sc tipo III)					
FV	GL	SC	CM	FC	p-valor
BLOQUES	3	934,91	311,64	3,41	0,0267
COMPOST	1	1292,16	1292,16	14,15	0,0006
DOSIS	6	1151,93	191,99	2,10	0,0749
COMPOST*DOSIS	6	352,21	58,70	0,64	0,6952
ERROR	39	3560,34	91,29		
CV%	9,89				
NRO DE OBSERVACIÓN	56				
Media General	96,58				

**A. 27.** Análisis de varianza de diámetro de la planta, con el uso de compost con estiércol bovino y compost con gallinaza

Cuadro de análisis de varianza (Sc tipo III)					
FV	GL	SC	CM	FC	p-valor
BLOQUES	3	0,03	0,01	0,42	0,7391
COMPOST	1	0,79	0,79	30,89	< 0,0001
DOSIS	6	0,57	0,09	3,70	0,0053
COMPOST*DOSIS	6	0,22	0,04	1,41	0,2359
ERROR	39	1	0,03		
CV%	12,87				
NRO DE OBSERVACIÓN	56				
Media General	1,24				

**A. 28.** Análisis de varianza de materia seca aérea con el uso de compost con estiércol bovino y compost con gallinaza

Cuadro de análisis de varianza (Sc tipo III)					
FV	GL	SC	CM	FC	p-valor
BLOQUES	3	301,71	100,57	6,53	0,0011
COMPOST	1	1384,05	1384,05	89,92	<0,0001
DOSIS	6	1999,54	333,26	21,65	<0,0001
COMPOST*DOSIS	6	291,24	48,54	3,15	0,0128
ERROR	39	600,28	15,39		
CV%	10,04				
NRO DE OBSERVACIÓN	56				
Media General	34,08				

**A. 29.** Análisis de varianza de materia seca radicular con el uso de compost con estiércol bovino y compost con gallinaza

Cuadro de análisis de varianza (Sc tipo III)					
FV	GL	SC	CM	FC	p-valor
BLOQUES	3	93,05	31,02	3,45	0,0257
COMPOST	1	594,10	594,10	66,06	<0,0001
DOSIS	6	650,69	108,45	12,06	<0,0001
COMPOST*DOSIS	6	211,43	35,24	3,92	0,0037
ERROR	39	350,75	8,99		
CV%	13,58				
NRO DE OBSERVACIÓN	56				
Media General	18,82				