

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE AGRONOMÍA



TESIS

**EFFECTO DEL COMPOST DE RESIDUOS SÓLIDOS
BIODEGRADABLES, OBTENIDOS DEL COMEDOR
UNIVERSITARIO DE LA UNAS EN EL RENDIMIENTO DEL
CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays* L.) VARIEDAD MARGINAL 28 – T**

Para obtener el título profesional de

INGENIERO AGRÓNOMO

Elaborado por

ANTONINO FRANCESCO LI DEL CASTILLO MEZA

Tingo María – Perú

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

REGISTRO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO UNIVERSITARIO, INVESTIGACIÓN DOCENTE.

I. DATOS GENERALES DE PREGRADO

Universidad : Universidad Nacional Agraria de la Selva

Facultad : Agronomía

Título de Tesis : Efecto del compost de residuos sólidos biodegradables, obtenidos del comedor universitario de la unas en el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) variedad Marginal 28 - T.

Autor : Antonino Francescoli Del Castillo Meza

Asesor de Tesis : Ing. M. Sc. Victorino Rivas Pulache

Escuela Profesional : Escuela Profesional de Agronomía

Programa de Investigación : Cultivos Tropicales

Línea (s) de Investigación : Suelos y Fertilizantes

Eje Temático de Investigación : Sistemas Agrícolas de Producción

Lugar de Ejecución : Tingo María - Huánuco

Duración : **Fecha de Inicio:** 16/11/17
Termino: 24/07/19

Financiamiento : **SI.** 1800
FEDU: NO
Propio: SI
Otros: NO



Año de la Lucha de la corrupción y la impunidad

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 005-2019-FA-UNAS

BACHILLER : Antonino Francescoli DEL CASTILLO MEZA.

TÍTULO : EFECTO DEL COMPOST DE RESIDUOS SÓLIDOS BIODEGRADABLES, OBTENIDOS DEL COMEDOR UNIVERSITARIO DE LA UNAS EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE MAIZ (*Zea mays* L) VARIEDAD MARGINAL 28.

JURADO CALIFICADOR

PRESIDENTE : Dr. JOSÉ W. ZAVALA SOLÓRZANO
VOCAL : Dr. HUGO A. HUAMANI YUPANQUI
VOCAL : Ing. CARLOS M. MIRANDA ARMAS
ASESOR : Ing. M.Sc. VICTORINO RIVAS PULACHE

FECHA DE SUSTENTACIÓN : 21 de enero del 2019
HORA DE SUSTENTACIÓN : 6:00 pm
LUGAR DE SUSTENTACIÓN : SALA DE AUDIOVISUALES DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

CALIFICATIVO : BUENO
RESULTADO : APROBADO

OBSERVACIONES A LA TESIS: EN HOJA ADJUNTA

TINGO MARÍA, 21 de febrero del 2019.

Dr. JOSÉ W. ZAVALA SOLÓRZANO
PRESIDENTE

Dr. HUGO A. HUAMANI YUPANQUI
VOCAL

Ing. CARLOS M. MIRANDA ARMAS
VOCAL

Ing. M.Sc. VICTORINO RIVAS PULACHE
ASESOR



DEDICATORIA

A Dios, porque me da la vida y la salud para cumplir mis objetivos y por ser mi fuerza espiritual en todos los momentos de mi vida.

A mis padres, Kelvin Del Castillo Paima, Anabel Meza Rengifo, por ser quienes fueron mi ejemplo y motivación en mi vida profesional, grandes padres, amigos, consejeros por lo cual estoy cumpliendo mis objetivos trazados y por darme todo el amor y la comprensión que necesito para hacerle frente a las adversidades de la vida.

A mis abuelos, Roberto Del Castillo Vargas, Luisa Paima Tananta, Alcidia Rengifo Cárdenas (Q.E.P.D) que ellos desde el cielo me dieron la fuerza necesaria para cumplir uno de mis objetivos en mi vida profesional sé que ellos están felices por haber culminado uno de los logros más importantes en mi carrera profesional.

A mi hermano, por ser más que un hermano un amigo para mí y un ejemplo en la vida profesional por el apoyo incondicional en todo momento que requerí de su persona por los consejos en cada momento que me dio cuando me sentía mal el ánimo moral que me brindo para seguir cumpliendo con mis metas.

A mi hermana (Q.E.P.D), Jennifer Del Castillo Meza que ella fue mi angelita que me guio día a día desde el momento que empezó mi vida universitaria me brindo fuerzas, seguridad para afrontar esta nueva etapa de mi vida a lo largo de mi formación profesional y sé que ella está orgullosa de mi porque cumplí con uno de los objetivos que a ella le hubiese gustado compartir conmigo.

AGRADECIMIENTO

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, mi Alma Mater y a los docentes de la facultad de agronomía quienes contribuyeron con sus conocimientos en mi formación profesional.
- Al Ing. M. Sc. Victorino Rivas Pulache, asesor del presente trabajo, por su constante y desinteresada orientación, por su invaluable apoyo técnico, metodológico y científico.
- A los docentes de la Facultad de Agronomía quienes me han formado profesionalmente con sus grandes conocimientos.
- Al gerente general de M&F Orgánicos, Ing. Fernando Reátegui Díaz por brindarme un lugar en su distinguida empresa para así poder realizar mis abonos de los residuos biodegradables del comedor de la unas.
- A Maritza Rivera Cárdenas mi pareja por ser un apoyo incondicional en mi vida cotidiana y profesional y por ser participe con su apoyo en este trabajo de investigación.
- A todas aquellas personas que en forma directa e indirecta colaboraron en la realización del presente trabajo.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN.....	15
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	17
2.1 El cultivo de maíz.....	17
2.1.1. Importancia del maíz.....	17
2.1.2. Origen.....	18
2.1.3. Clasificación botánica y descripción morfológica del maíz.....	18
2.1.4. Variedad Marginal 28 - T.....	19
2.1.5. Factores edafoclimáticos.....	19
2.1.6. Necesidades nutricionales y extracción.....	21
2.1.7. Fisiología y fenología del maíz.....	21
2.2 Abonos orgánicos.....	23
2.2.1. Propiedades de los abonos orgánicos.....	24
2.3 Los residuos sólidos.....	25
2.3.1. Residuos sólidos orgánicos.....	26
2.3.2. Clasificación de los residuos sólidos orgánicos.....	26
2.4 El compost.....	28
2.5.1. Materia prima para el compostaje.....	28
2.5.2. El proceso del compostaje.....	28
2.5.3. Microorganismos del proceso del compostaje.....	34
2.5.4. Madurez y estabilidad del compost.....	35
2.5.5. Clasificación de calidad del compost.....	36
2.5.6. Indicadores químicos del compost.....	37

2.5.7. Uso del compost como fertilizante	41
2.5 Trabajos de investigación	42
III. MATERIALES Y MÉTODOS	44
3.1. Ubicación.....	44
3.2. Análisis de suelo y de las fuentes de materia orgánica.....	44
3.3. Registros meteorológicos.....	46
3.4. Componentes en estudio	46
3.5. Tratamientos en estudio.....	46
3.6. Diseño experimental	47
3.6.1. Modelo aditivo lineal	47
3.6.2. Análisis de varianza	48
3.7. Características del campo experimental.....	48
3.8. Ejecución del experimento	49
3.8.1 Obtención de los abonos orgánicos.....	49
3.8.2 Conducción del experimento	50
3.9. Variables a evaluar.....	52
3.9.1 Altura de la planta del maíz	52
3.9.2 Diámetro del tallo del maíz	52
3.9.3 Peso fresco y peso seco.....	52
3.9.4 Peso de 100 granos	52
3.9.5 Número de hileras por mazorca.....	52
3.9.6 Rendimiento del maíz.....	53
3.9.7 Evaluación de las características del suelo	53
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	55

4.1 Efecto de los residuos sólidos del comedor universitario y de la cáscara de plátano en las propiedades químicas del suelo	55
4.2 Efecto sobre algunas propiedades físicas del suelo.....	60
4.2.1 Color del suelo	60
4.2.2 Densidad aparente	62
4.3 Densidad de macrofauna	65
4.4 Evaluación de la altura de las plantas de maíz	68
4.5 Evaluación del diámetro de las plantas de maíz	74
4.6 Peso fresco y seco del maíz	78
4.7 Inserción de la mazorca y número de hileras/mazorca	80
4.8 Peso de mazorca, peso de 100 semillas y rendimiento	85
4.9 Análisis de rentabilidad	91
V. CONCLUSIONES.....	93
VI. RECOMENDACIONES	94
VII. RESUMEN.....	95
ABSTRACT	95
VIII.BIBLIOGRAFÍA.....	97
IX. ANEXO	111

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
1. Etapas de crecimiento del maíz.....	22
2. Valores en la interpretación del análisis del compost.....	40
3. Contenido de niveles óptimo para abonos orgánicos.....	40
4. Rango óptimo de un compost comercialmente aceptable.....	41
5. Contenido de N, P, K en el compost.....	41
6. Análisis físico – químico del suelo.....	45
7. Análisis químico de las fuentes utilizadas.....	45
8. Historial meteorológico registrado para la ejecución del experimento.....	46
9. Descripción de los tratamientos.....	46
10. Esquema del análisis de variancia.....	48
11. Resultados del análisis físico – químico del suelo al inicio del experimento.....	55
12. Efecto de la incorporación del compost en el color del suelo al final del experimento.....	60
13. Análisis de variancia para la densidad aparente (g/cm ³).....	62
14. Prueba de comparación de Tukey ($\alpha=0.05$) para la densidad aparente por efecto de la aplicación del compost del comedor universitario (UNAS) y compost de cáscara de plátano.....	63
15. Análisis de variancia para la densidad de individuos en dos profundidades del suelo en el cultivo de maíz.....	65

16. Prueba de comparación de Tukey ($\alpha=0.05$) para densidad de macrofauna en dos profundidades del suelo en el cultivo de maíz.....	66
17. Análisis de variancia para el promedio de altura (cm) y el ADCA en plantas de maíz a los 75 DDS.....	69
18. Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para los promedios de altura y ADCA de las plantas de maíz por efecto de la incorporación del compost....	71
19. Análisis de variancia del promedio de diámetro (cm) y el ADCD en plantas de maíz a los 75 DDS.....	74
20. Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para el promedio del diámetro del tallo y el ADCD de las plantas de maíz por efecto de la incorporación del compost.....	75
21. Análisis de variancia para el peso fresco y peso seco del maíz por efecto de la incorporación del compost.	78
22. Prueba de comparación de Tukey ($\alpha=0.05$) para el peso fresco y peso seco del maíz por efecto de incorporación del compost.....	79
23. Análisis de variancia para la altura de inserción de la mazorca y número de hileras/mazorca.....	81
24. Prueba de comparación de Tukey ($\alpha=0.05$) para la altura de Inserción de la mazorca (m) y el número de hileras por efecto de la incorporación del compost.	82
25. Análisis de variancia para peso de mazorca, peso de 100 semillas y rendimiento.....	85

26.	Prueba de comparación de Tukey ($\alpha=0.05$) peso de mazorca, peso de 100 semillas y rendimiento de maíz por efecto de la incorporación del compost.	86
27.	Análisis de rentabilidad de los tratamientos.....	91
28.	Análisis económico de los tratamientos en estudio.	113
29.	Datos originales de altura de planta (cm) a los 135 días por efecto de la incorporación del compost.	114
30.	Datos originales del ADCA (u^2) a los 135 días por efecto de la incorporación del compost.	114
31.	Datos originales del diámetro de planta (mm) a los 135 días por efecto de la incorporación del compost.	114
32.	Datos originales del ADCD (u^2) a los 135 días por efecto de la incorporación del compost.	115
33.	Datos originales de altura de mazorca (m) a los 135 días por efecto de la incorporación del compost.	115
34.	Datos originales del número de hileras a los 135 días por efecto de la incorporación del compost.	115
35.	Datos originales del peso de mazorca (g) a los 135 días por efecto de la incorporación del compost.	116
36.	Datos originales del peso de 100 semillas (g) a los 135 días por efecto de la incorporación del compost.	116
37.	Datos originales del rendimiento de maíz (t/ha) a los 135 días por efecto de la incorporación del compost.	116

38.	Datos originales de densidad aparente (g/cm^3) a los 135 días por efecto de la incorporación del compost.	117
39.	Datos originales de altura de planta (cm) a los 135 días por efecto de la incorporación del compost.	117
40.	Datos originales de altura de planta (cm) a los 135 días por efecto de la incorporación del compost.	117
41.	Datos originales de altura de planta (cm) a los 135 días por efecto de la incorporación del compost.	118

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Resumen de las etapas de crecimiento del maíz.	23
2. Temperatura, oxígeno y pH en el proceso de compostaje.	31
3. Potencial de hidrógeno de pH y contenido de Materia orgánica por efecto de la aplicación de residuos sólidos del comedor universitario y cáscara de plátano en distintas dosis.	57
4. Cambios en los contenidos de macronutrientes por la aplicación de residuos sólidos del comedor universitario y cáscara de plátano en distintas dosis.	58
5. Valores de la CIC por la aplicación de los residuos sólidos y Cáscara de plátano en distintas dosis.	59
6. Descripción del color del suelo por efecto de la reincorporación de compost del comedor universitario y compost de cáscara de plátano (TABLA MUNSELL SOIL COLOR CHART).	61
7. Cambio en la densidad aparente por efecto de la aplicación de compost del comedor universitario y compost de cáscara de plátano.	64
8. Densidad (Individuos/m ²) de macrofauna de los siete tratamientos.	68
9. Evolución temporal de la altura de planta.	73
10. Evolución temporal del diámetro de planta.	77
11. Peso fresco y seco por efecto de los diferentes tratamientos.	80
12. Efecto de la incorporación del compost en el número de hileras de las mazorcas de maíz.	84

13. Efecto de la incorporación de compost en la altura de mazorca.	84
14. Efecto de la aplicación del compost en el peso de mazorca, peso de 100 semillas y el rendimiento.	90
15. Croquis de la parcela experimental.	112
16. Elaboración del compost a base de los residuos sólidos del comedor universitario de la Universidad Nacional Agraria de la Selva	118
17. Secado y ensacado del compost	119
18. Limpieza y Demarcación del campo experimental.	119
19. Vista del campo experimental a los 45 días después de la siembra.	120
20. Evaluación de los parámetros biométricos a nivel de campo.	120
21. Cosecha de las mazorcas de maíz variedad marginal 28 - T.	121
22. Secado de las mazorcas de maíz variedad marginal 28 - T.	121
23. Evaluación de la macrofauna en tres profundidades del suelo.	122
24. Determinación del color del suelo utilizando la tabla Munsell.	122
25. Análisis físico – químico del suelo al inicio del experimento.	123
26. Análisis físico – químico del suelo al final del experimento.	124
27. Análisis de materia orgánica para el compost del comedor universitario de la Universidad Nacional Agraria de la Selva	125
28. Análisis de materia orgánica para el compost de cáscara de plátano.	126

I. INTRODUCCIÓN

En el comedor universitario de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), se genera aproximadamente una tonelada de residuos sólidos diariamente; que generan 900 estudiantes, de los cuales cerca del 70 % de los residuos son biodegradables, notándose una inadecuada o nula gestión de estos residuos y una pésima disposición final, con la consiguiente contaminación ambiental; incumpliendo la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos. Dentro de este porcentaje, la parte de residuos cocinados son comercializados para la crianza de cerdos y la mayor parte que son residuos orgánicos compostables (residuos de alimentos, vegetales) son arrojados juntos con todos de los desechos de la UNAS al Río Huallaga. En este sentido, planteamos el aprovechamiento de los residuos biodegradables, dándole una valoración económica, a través de la elaboración de compost agrícola para la siembra de cultivos y disminuir la contaminación. El uso de subproductos de origen vegetal y desechos agrícolas se ha incrementado en las últimas décadas, por ser una alternativa para disminuir peso y volumen de diversos desechos orgánicos que luego son convertidos en abonos orgánicos, que son ricos en nutrientes y vienen sustituyendo a fertilizantes químicos que por mucho tiempo han generado la degradación y empobrecimiento de los suelos (BAVER *et al.*, 1973; MANRIQUE, 1986; LEÓN, 1987; SÁNCHEZ, 2008; MINAG, 2012). El producir abonos orgánicos ricos en materia orgánica representan una opción viable para el reemplazo de los fertilizantes químicos, porque permiten reducir la contaminación ambiental e incrementar la capacidad de absorción de nutrientes debido al crecimiento de la población microbiana que descomponen los residuos orgánicos,

liberan minerales, transforman elementos no disponibles en disponibles e incrementan la fijación del nitrógeno atmosférico al suelo, recuperando de esta forma suelos altamente degradados (ÁLVAREZ *et al.*, 2010; LOBATO, 2011; FRAISORO, 2013; DE LUNA *et al.*, 2016); SOTOMAYOR *et al.*, 2017).

La propuesta de esta investigación es la de conocer la cantidad de residuos sólidos aprovechables que se generan en el Comedor Universitario de la UNAS, y que, en la disposición final de estos, dentro de la jerarquía de un manejo integrado, se valoren y aprovechen en una producción agrícola sin utilizar productos sintéticos y libre de contaminantes. Por esto se propuso los siguientes objetivos:

Objetivo general

Evaluar el efecto del compost de residuos sólidos biodegradables del Comedor Universitario de la UNAS en el rendimiento del cultivo del maíz (*Zea mays* L.) variedad Marginal 28 – T.

Objetivos específicos

1. Evaluar las propiedades físicas, químicas (pH y CIC) y biológicas de los suelos como consecuencia de la aplicación de compost de los residuos sólidos biodegradables del comedor universitario de la UNAS.
2. Determinar la mejor dosis del compost de los residuos sólidos biodegradables del comedor universitario de la UNAS en el rendimiento del maíz (*Zea mays* L.) variedad Marginal 28 – T.
3. Realizar el análisis de rentabilidad de los tratamientos en estudio.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 El cultivo de maíz

2.1.1. Importancia del maíz

El maíz amarillo tiene importancia nacional, constituye uno de los principales enlaces de la cadena agroalimentaria del país, el cual se inicia con el cultivo del maíz y termina en las cadenas e industrias de carne de aves y cerdos respectivamente. La producción de maíz amarillo ha venido creciendo a una tasa promedio de 1.8 % en los últimos nueve años, el mismo que se viene sustentando por una mayor área cosechada en el año 2009 de 301.2 miles de hectáreas. En el año 2011 la producción de maíz amarillo fue cercano a los 1,262 miles de toneladas métricas, lo que generó un valor bruto de la producción de 512.9 millones de nuevos soles (SÁNCHEZ, 2008; MINAG, 2012).

La cadena productiva del maíz amarillo, la avicultura y la porcicultura genera ingresos por más de US\$ 1.400 millones, representa el 25 % del PBI agropecuario y promueve más de 200 mil puestos de trabajo, según Jorge Montesinos, director de Estrategia y Políticas de la Oficina de Planificación Agraria del Ministerio de Agricultura en la ciudad de Trujillo, donde presentó el plan estratégico de este cultivo. La producción de este cultivo ascendió a 1.04 millones de toneladas en el 2002, siendo las principales zonas de cultivo las regiones de Tumbes, Piura, Lambayeque, La Libertad, Ancash, Lima, Ica y San Martín. El valor de su producción alcanza los US\$ 250 millones por año y genera 20 millones de jornales (MINAG, 2012).

2.1.2. Origen

LEÓN (1987), afirma el origen del maíz ha sido objeto de muchos estudios muy intensos, de los que han resultado varias hipótesis para explicarlo, sin que ninguna de ellas haya logrado aceptación general. Como el maíz no es conocido en estado silvestre, las explicaciones sobre su origen se basan en su relación con las dos entidades taxonómicas más afines las teocintes (*Euchlaena*) y las especies del género *Tripsacum*. En ninguna de las hipótesis se considera la posibilidad de que haya habido otras entidades taxonómicas ya desaparecidas, que pudieran haber participado en el origen del maíz.

2.1.3. Clasificación botánica y descripción morfológica del maíz

MANRIQUE (1986), reporta para el maíz la siguiente descripción taxonómica:

Reino	: Vegetal
División	: Magnoliophyta
Clase	: Monocotiledónea
Subclase	: Commelinidae
Orden	: Columifloras
Familia	: Graminae
Subfamilia	: Panicoideae
Tribu	: Andropogoneae
Género	: <i>Zea</i>
Especie	: <i>Zea mays</i> L.

La planta de maíz (*Zea mays* L.), es una gramínea monoica, anual que en un periodo muy corto de 3 a 7 meses puede transformar diferentes

elementos nutritivos en sustancias complejas de reserva de azúcar, almidón, proteínas, aceites, vitaminas, etc. localizadas en el grano (MANRIQUE, 1986).

2.1.4. Variedad Marginal 28 - T

Esta variedad es un compuesto mejorado que resulta del cruzamiento ínterpoblacional de cultivares ACROSS 7725, FERKE 7928, LA MÁQUINA 7928, provenientes del CIMMYT adaptada por el INIA a las condiciones de selva y costa norte del Perú. La floración se produce entre 53 a 60 días después de la siembra con un periodo vegetativo de 120 días. La producción experimental llega a 8000 kg/ha y comercialmente a 4000 kg/ha con una fertilización de 160-90-0. La altura de planta es de 2.00 a 2.20 m y una altura de mazorca de 1.00 a 1.1 m y densidad de siembra de 70 000 a 75 000 plantas/ha. Además, es una variedad resistente al acame y tolerante a la sequía, así como a roya y el carbón (INIA- HUARAL 1997).

2.1.5. Factores edafoclimáticos

a. Temperatura

El maíz germina a temperaturas superiores a los 10 °C. Los brotes de maíz emergen de 5 a 6 días después de la siembra; temperatura óptima de 25 a 35 °C promueven el crecimiento y desarrollo; temperaturas superiores a los 35 °C reducen el rendimiento (FAO, 2016).

b. Suelo

El maíz requiere de suelos profundos y fértiles para dar una buena cosecha, el suelo con textura franca es preferible, pues permite un buen desarrollo radicular, con mayor eficiencia de absorción de humedad y de los

nutrientes, los suelos con estructura granular proveen un buen drenaje y retiene agua, además son preferibles los suelos con alto contenido de materia orgánica, se obtiene mejor producción cuando la calidad y acidez del suelo están balanceadas (TORIBIO, 1995). En la selección del suelo para maíz deberán ser descartados los suelos de carácter ligero arenoso o guijarroso y arcilloso pesados, porque no permiten un buen desarrollo radicular del cultivo. El maíz llega a prosperar bien en suelos aluviales y vírgenes con textura franco o franco limoso profundo con pH de 5.5 a 6.5 (SÁNCHEZ, 2002).

c. Agua

La falta de agua asociada a la producción de grano es importante en tres etapas de desarrollo de la planta: floración, fecundación, y llenado de grano. De acuerdo con investigaciones realizadas, se ha encontrado que 400 a 450 mm son los requerimientos totales de agua para alcanzar rendimientos superiores a 4000 kg/ha con maíces comerciales (LAFFITE, 1994).

d. Fotoperiodo

El maíz es la planta cultivada de más alto nivel de respuesta a los efectos de la luz, donde la falta o reducción de luz inciden sobre su crecimiento y producción, una disminución de 90 % de intensidad luminosa produce la máxima reducción en el rendimiento en grano, si se produce en la fase de polinización. El maíz es un cultivo de días cortos así tenemos fotoperiodos entre 11 a 15 horas retrasan la floración y maduración del grano. Las variedades de maíz cultivadas actualmente crecen bien entre los límites latitudinales 58° paralelo norte y 40° paralelo sur (COMPANY, 1984).

2.1.6. Necesidades nutricionales y extracción

El maíz, como todo cultivo requerido de suelos con profundidad adecuada y buena fertilidad natural para desarrollarse y producir de acuerdo a su potencial genético. Si queremos conocer la fertilidad natural del suelo se requiere que el productor tome una muestra del suelo de su terreno y la remita a un laboratorio para su respectivo análisis físico-químico. El laboratorio indicará al productor el tipo de fertilizante comercial, la dosis de aplicación propia de su terreno. Para dar una recomendación sobre fertilización en determinada región es necesario basarse en la experiencia de la investigación a nivel de finca, análisis de suelo, pH, tipo de suelo y otros factores ambientales (ROVEDA, 2002). De acuerdo a lo reportado por BERTSCH (2003), que para producir una tonelada de grano de maíz seco/ha, la planta de maíz necesita 25 kg de N, 5 kg de P_2O_5 y 19 kg de K_2O por hectárea. En la función de la producción de grano esperado, el agricultor deberá multiplicar estas unidades fertilizantes por el factor correspondiente. Así para una producción esperada de 9 000 kg; será preciso multiplicar las unidades anteriores por 9, como en los cultivos precedentes, estas cantidades deberán ser corregidas en función del análisis de los suelos y sus resultados en fósforo y potasio asimilables.

2.1.7. Fisiología y fenología del maíz

El ciclo se mide por el número de días que transcurre desde que nace la planta hasta que alcanza su madurez fisiológica. A partir de ese momento no hay más acumulación de materia en el grano, aunque si lo hay en el tallo (GOSTINCAR, 1997). En el Cuadro 1 se muestra la descripción de

las diversas etapas de crecimiento del maíz.

Cuadro 1. Etapas de crecimiento del maíz.

	El coleótilo emerge de la superficie del suelo.
V1	Es visible el cuello de la primera hoja (ésta siempre tiene el ápice redondeado)
V2	Es visible el cuello de la segunda hoja.
	Es visible el cuello de la hoja número "n". ("n" es igual al número definitivo de
VN	hojas que tiene la planta; "n" generalmente fluctúa entre 16 y 22), pero para la floración se habrán perdido las 4 a 5 hojas de más abajo.
	Es completamente visible la última rama de la panícula. Cabe señalar que esto
VT	no es lo mismo que la floración masculina, que es la liberación del polen (antesis).
R1	Son visibles los estigmas en el 50 % de las plantas.
R2	Etapla de ampolla. Los granos se llenan con un líquido claro y se puede ver el embrión.
R3	Etapla lechosa. Los granos se llenan con un líquido lechoso blanco.
R4	Etapla masosa. Los granos se llenan con una pasta blanca. El embrión tiene aproximadamente la mitad del ancho del grano.
	Etapla dentada. La parte superior de los granos se llena con almidón sólido y,
R5	cuando el genotipo es dentado, los granos adquieren la forma dentada. En los tipos tanto cristalinos como dentados es visible una "línea de leche" cuando se observa el grano desde el costado.
	Madurez fisiológica. Una capa negra es visible en la base del grano. La
R6	humedad del grano es generalmente de alrededor del 35 %.

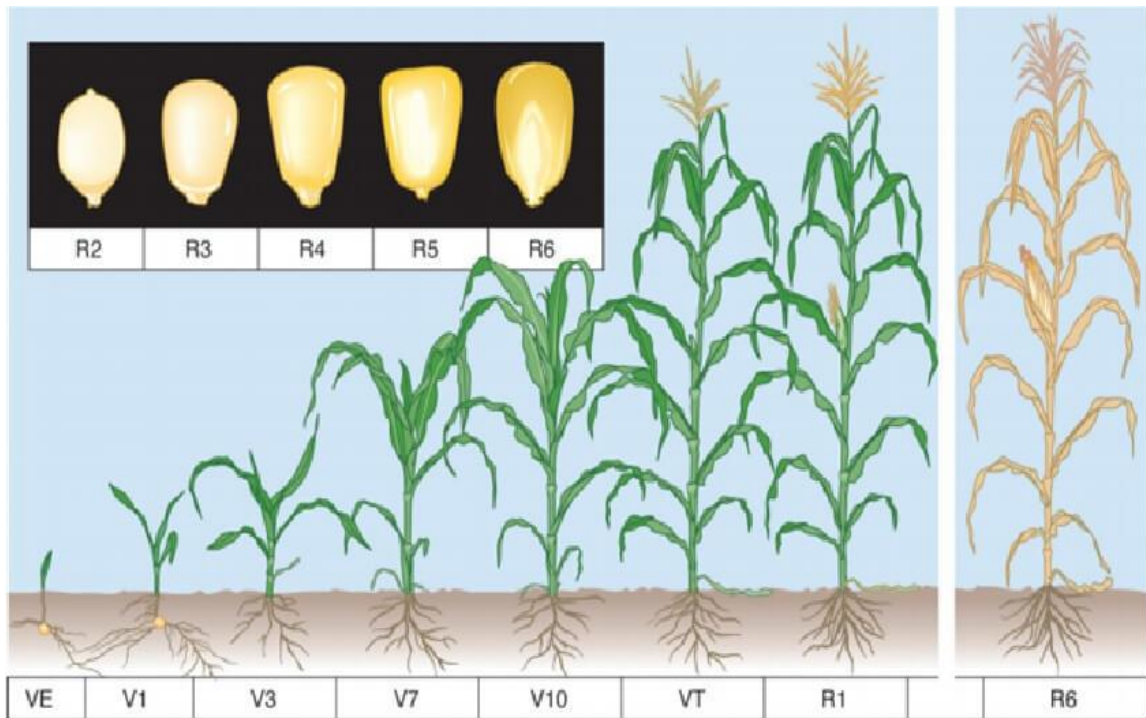


Figura 1. Etapas fenológicas del desarrollo del maíz.

2.2 Abonos orgánicos

Los abonos orgánicos son los que se obtienen de la degradación y mineralización de materiales orgánicos (estiércoles, desechos de la cocina, pastos incorporados al suelo en estado verde, etc.) que se utilizan en suelos agrícolas con el propósito de activar e incrementar la actividad microbiana de la tierra, el abono es rico en materia orgánica, energía y microorganismos, pero bajo en elementos inorgánicos (FONAG, 2010); además los abonos orgánicos, son productos que se obtienen después de un proceso de descomposición de la materia orgánica; en este proceso los microorganismos son importantes porque son quienes descomponen la materia orgánica, de tal manera que la planta pueda usarlo para su nutrición (PDA, 2010) además los abonos orgánicos tipo Bocashi se basan en procesos de descomposición aeróbica de los residuos orgánicos y temperaturas controladas orgánicos a través de poblaciones de microorganismos

existentes en los propios residuos, que en condiciones favorables producen un material parcialmente estable.

2.2.1. Propiedades de los abonos orgánicos

El contenido de nutrientes en los abonos orgánicos está en función de las concentraciones de los residuos sólidos utilizados. Estos productos básicamente actúan en el suelo sobre tres propiedades (FONAG, 2010).

a. Propiedades físicas

El abono orgánico por su color oscuro absorbe más las radiaciones solares, el suelo adquiere más temperatura lo que le permite absorber con mayor facilidad los nutrientes, mejora la estructura y textura del suelo haciéndole más ligero a los suelos arcillosos y más compactos a los arenosos, permite mejorar la permeabilidad del suelo ya que influye en el drenaje y aireación de éste, aumenta la retención de agua en el suelo cuando llueve y contribuye a disminuir el uso de agua para riego por la mayor absorción del terreno; además, disminuye la erosión ya sea por efectos del agua o del viento (FONAG, 2010).

b. Propiedades químicas

Los abonos orgánicos aumentan el poder de absorción del suelo y reducen las oscilaciones de pH de éste, lo que permite mejorar la capacidad de intercambio catiónico del suelo, con lo que se aumenta la fertilidad (FONAG, 2010).

c. Propiedades biológicas

Los abonos orgánicos favorecen la aireación y oxigenación del suelo, por lo que hay mayor actividad radicular y mayor actividad de los microorganismos aerobios. También producen sustancias inhibidoras y activadoras de crecimiento, incrementan considerablemente el desarrollo de microorganismos benéficos, tanto para degradar la materia orgánica del suelo como para favorecer el desarrollo del cultivo (FONAG, 2010).

2.3 Los residuos sólidos

VALDERRAMA (2013), define como residuo o desecho a todo material, o resto de material generadas en las actividades de producción y consumo, que no tiene uso alguno. Se denominan residuos sólidos a aquellas sustancias, productos o subproductos en estado sólido o semisólido de los que su generador dispone o está obligado a disponer, en virtud de lo establecido en la normatividad nacional o de los riesgos que causan a la salud y el ambiente (Ley General de Residuos Sólidos N° 27314, 2000).

Residuos sólidos ha sido definido como todo material inútil o no deseado, originado por actividad humana, en cualquier estado físico que puede ser liberado en cualquier medio receptor como la atmósfera, agua, suelo (CABILDO 2008). Por otro lado, los residuos sólidos urbanos (RSU), son los que se originan de la actividad doméstica; entendiéndose también como residuos sólidos urbanos a aquellos que comúnmente se le conoce como basura y se producen en mayor cantidad en las ciudades (RAMOS, 2013).

Los materiales de los residuos desechados, por sus propiedades intrínsecas, a menudo son reutilizables y se pueden considerar como un recurso en otro marco. Los desechos sólidos están compuestos por desperdicios orgánicos vegetales y animales de fácil descomposición y desperdicios inorgánicos o de difícil descomposición, pero que pueden ser reutilizados (PRIETO, 2003).

2.3.1. Residuos sólidos orgánicos

Son residuos compuestos de materia orgánica que tiene un tiempo de descomposición bastante menor que los inertes (residuos prácticamente estables en el tiempo), entre ellos tenemos los restos de cocina, maleza, mantenimiento de jardines, entre otros (TCHOBANOGLIOUS, 1997).

2.3.2. Clasificación de los residuos sólidos orgánicos

Residuos agrícolas

Es todo aquel material sobrante o desperdiable generado en un establecimiento agropecuario, a menudo son reutilizables y se pueden considerar como un recurso al ser considerados como materia prima para algún proceso (VALDERRAMA, 2013).

La FAO (2013) menciona que son aquellos restos de cosecha, plantas del huerto o jardín, ramas trituradas o troceadas procedentes de podas, hojas caídas de árboles y arbustos, heno y hierba segada, césped o pasto (preferiblemente en capas finas y previamente desecado), virutas de aserrín (en capas finas).

Residuos de animales

En los residuos animales, se incluyen excrementos sólidos y semisólidos y líquidos purines, desechos de faena, cadáveres, sobrantes de suero y leche, etc. estos excrementos son descritos generalmente como cualquier mezcla de heces, orines y desperdicios tales como material vegetal como paja, heno o material de cama de los animales. El estiércol es rico en nitrógeno, fósforo y potasio, dependiendo entre otros factores del tipo de ganado, de la dieta, y de las condiciones bajo las cuales se produce (SZTERN y PRAVIA, 2008).

También el estiércol de porcino, vacuno, caprino y ovino, y sus camas de corral, asimismo son residuos animales aquellos que pueden sustituirse o incorporarse como estiércoles; de bovinos, cerdo, caballos y otros, dependiendo de las posibilidades en la comunidad. (FAO, 2013)

Residuos domiciliarios

Son aquellos procedentes de las viviendas, limpieza de calles y veredas, zonas verdes y establecimientos industriales y comerciales, cuando son asimilables a los residuos domiciliarios (BERTOLINO, 2014); sin embargo, PINTO (2009) explica que los residuos sólidos domiciliarios son aquellos elementos, objetos o sustancias que como consecuencia de los procesos de consumo y desarrollo de actividades humanas son desechados o abandonados. FAO (2013) define como restos orgánicos de cocina en general (frutas y hortalizas), alimentos estropeados o caducados, cáscaras de huevo (preferible trituradas), restos de café e infusiones de té, cáscaras de frutos secos, cáscaras de naranja, cítricos o piña (pocos y troceadas), papas

estropeadas, podridas o germinadas además de aceites y grasas comestibles (muy esparcidas y en pequeña cantidad).

2.4 El compost

El compostaje proporciona la posibilidad de transformar de una manera segura los residuos orgánicos en insumos para la producción agrícola. La FAO define como compostaje a la mezcla de materia orgánica en descomposición en condiciones aeróbicas que se emplea para mejorar la estructura del suelo y proporcionar nutrientes (FAO, 2013).

2.5.1. Materia prima para el compostaje

GUIBERTEAU y LABRADOR (1991), explican que para la elaboración del compost se puede emplear cualquier materia orgánica, con la condición de que no se encuentre contaminada y generalmente estas materias primas proceden de: Restos de cosechas, abonos verdes, siegas de césped, malas hierbas, ramas de poda de los frutales y restos urbanos.

2.5.2. El proceso del compostaje

VALDERRAMA (2013), menciona que es un proceso mediante el cual diversos sustratos orgánicos se descomponen y estabilizan debido a la acción de una población mixta de microorganismos, este se constituye principalmente de estiércol de los animales de granja (aves, caballos, vacas, ovejas o cerdos), residuos de cosechas y desperdicios orgánicos domésticos. CEDECO (2005), revela que son muchos y muy complejos los factores que intervienen en el proceso biológico del compostaje, así también, intervienen las

condiciones ambientales, el tipo de residuo a tratar y el tipo de técnica de compostaje empleada, estos factores son:

a. La temperatura

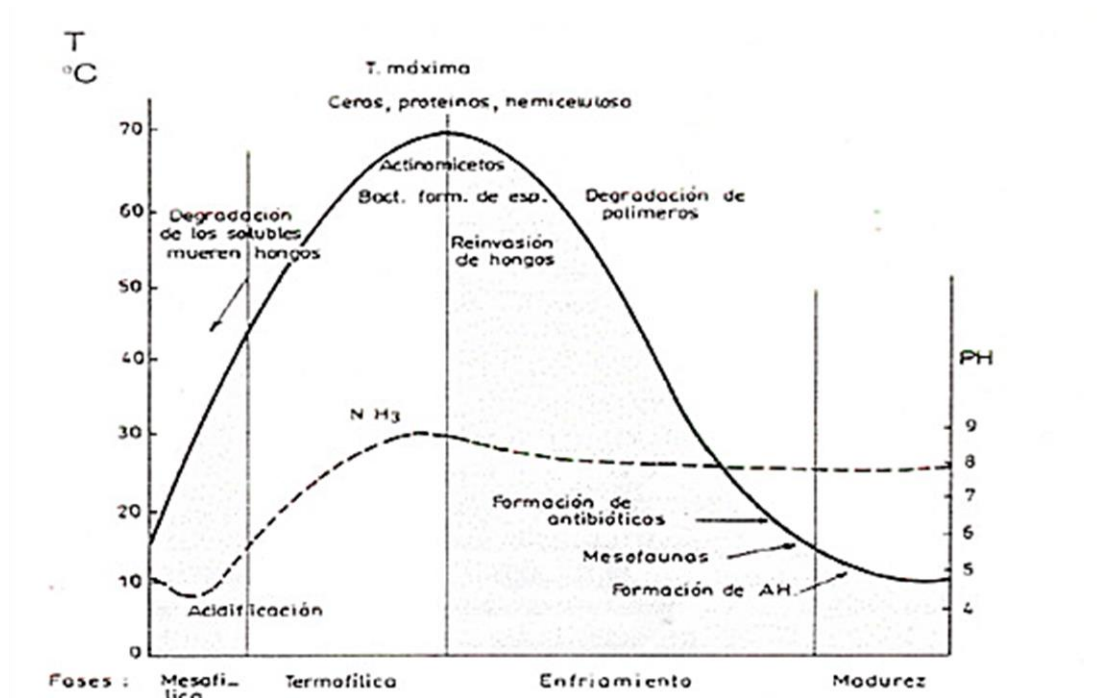
La temperatura está en función del incremento de la actividad microbiológica del abono, que comienza con la mezcla de los componentes. Después de 14 horas del haberse preparado el abono debe de presentar temperaturas superiores a 50 °C, al respecto CEDECO (2005), explica que si sube a más de 70 °C es demasiado y se debe enfriar, volteando la mezcla amontonada con la pala, haciéndola más baja y más ancha, o remojándola si no está muy húmeda. A temperaturas muy altas, muchos microorganismos benéficos para el proceso mueren y otros no actúan. Hay diversos termómetros útiles para medir esta temperatura, pero si no se tienen se aprende a valorar con un machete y el tacto; además la FAO (2013), menciona que la temperatura en el proceso de compostaje se divide en diferentes fases y son:

Fase mesófila: El material de partida comienza el proceso de compostaje a temperatura ambiente y en pocos días (e incluso en horas), la temperatura aumenta hasta los 45 °C. Este aumento de temperatura es debido a actividad microbiana, ya que en esta fase los microorganismos utilizan las fuentes sencillas de C y N generando calor. La descomposición de compuestos solubles, como azúcares, produce ácidos orgánicos y, por tanto, el pH puede bajar (hasta cerca de 4.0 o 4.5). Esta fase dura pocos días (entre dos y ocho días).

Fase termófila o de higienización: Cuando el material alcanza temperaturas mayores que los 45 °C, los microorganismos que se desarrollan a temperaturas medias (microorganismos mesófilos) son reemplazados por aquellos que crecen a mayores temperaturas, en su mayoría bacterias (bacterias termófilas), que actúan facilitando la degradación de fuentes más complejas de C, como la celulosa y la lignina.

Fase de enfriamiento o mesófila II: Agotadas las fuentes de carbono y, en especial el nitrógeno en el material de compostaje, la temperatura desciende nuevamente hasta los 40 – 45 °C. Durante esta fase, continúa la degradación de polímeros como la celulosa, y aparecen algunos hongos visibles a simple vista. Al bajar de 40 °C, los organismos mesófilos reinician su actividad y el pH del medio desciende levemente, aunque en general el pH se mantiene ligeramente alcalino. Esta fase de enfriamiento requiere de varias semanas y puede confundirse con la fase de maduración.

Fase de maduración: Es un período que demora meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados para la formación de ácidos húmicos y fúlvicos.



Fuente: ROCA (2018).

Figura 2. Temperatura, oxígeno y pH en el proceso de compostaje

b. La humedad

FONAG (2010), detalla que la humedad determina las condiciones para el buen desarrollo de la actividad y reproducción microbológica. CEDECO (2005) y FONAG (2010) reportan que la humedad óptima para el proceso del abono es de un 50 % a un 60 % en relación con el peso de la mezcla, a su vez la FAO (2013), argumenta que la humedad óptima para el compost se sitúa alrededor del 55 %, aunque varía dependiendo del estado físico y tamaño de las partículas, así como del sistema empleado para realizar el compostaje. Si la humedad baja por debajo de 45 %, disminuye la actividad microbiana, sin dar tiempo a que se completen todas las fases de degradación, causando que el producto obtenido sea biológicamente inestable.

Si la humedad es demasiado alta (>60 %) el agua saturará los poros e interferirá la oxigenación del material.

c. Aireación

EKINCI y ELWELL (2004) mencionan que para el correcto desarrollo del compostaje es necesario asegurar la presencia de oxígeno, ya que los microorganismos que en él intervienen son aerobios, también CEDECO (2005) afirma que si no hay buen aire en el montón, los microorganismos aeróbicos no pueden trabajar y sale un producto de mala calidad, EKINCI y ELWELL (2004) añaden que las pilas de compostaje presentan porcentajes variables de oxígeno en el aire de sus espacios libres: la parte más externa contiene casi tanto oxígeno como el aire (18 – 20 %); hacia el interior el contenido de oxígeno va disminuyendo, mientras que el de dióxido de carbono va aumentando, hasta el punto de que a una profundidad mayor de 60 cm el contenido de oxígeno puede estar entre 0.5 y 2 %.

d. Relación carbono/nitrógeno

La FAO (2013) propone que la relación C/N varía en función del material de partida y se obtiene la relación numérica al dividir el contenido de C (% C total) sobre el contenido de N total (% N total) de los materiales a compostar. Esta relación también varía a lo largo del proceso, siendo una reducción continua, desde 35/1 a 15/1; la relación ideal para la fabricación de un abono de rápida fermentación es de 25/35 una relación menor trae pérdidas considerables de nitrógeno por volatilización, en cambio una relación mayor alarga el proceso de fermentación también CEDECO (2005), añade que los que

tienen tejido leñoso y son fibrosos y secos, se descomponen lentamente y son más ricos en carbono. Los verdes, frescos y los que se descomponen rápido, son más ricos en nitrógeno, incluidas las plantas leguminosas. Los estiércoles contienen ambos elementos y otros más.

e. El pH

BUENO (2008), menciona que el pH tiene una influencia directa en el compostaje debido a su acción sobre la dinámica de los procesos microbianos, además RESTREPO (1996), indica que el pH necesario para la elaboración del abono es de un 6 a 7.5. Los valores extremos perjudican la actividad microbiológica en la descomposición de los materiales así mismo la FAO (2013), añade que el pH define la supervivencia de los microorganismos y cada grupo tiene pH óptimos de crecimiento y multiplicación. La mayor actividad bacteriana se produce a pH 6.0- 7.5, mientras que la mayor actividad fúngica se produce a pH 5.5 a 8.0. El rango ideal es de 5.8 a 7.2.

f. Tamaño de las partículas

La reducción del tamaño de las partículas de los componentes del abono, presenta la ventaja de aumentar la superficie para la descomposición microbiológica, entre más grandes sean los trozos de materiales usados, más tiempo van a tardar en descomponerse. Picar los materiales permite una mejor calidad y más velocidad en el proceso de descomposición (CEDECO, 2005); también la FAO (2013), arguye que la actividad microbiana está relacionada con el tamaño de la partícula, si las partículas son pequeñas, hay una mayor superficie específica, lo cual facilita el acceso al sustrato. El

tamaño ideal de los materiales para comenzar el compostaje es de 5 a 20 cm. la densidad del material, y por lo tanto la aireación de la pila o la retención de humedad, están estrechamente relacionados con el tamaño de la partícula, siendo la densidad aproximadamente 150 a 250 kg/m³, conforme avanza el proceso de compostaje, el tamaño disminuye y, por lo tanto, la densidad aumenta de 600 a 700 kg/m³.

2.5.3. Microorganismos del proceso del compostaje

En el proceso del compostaje, los microorganismos son los responsables de la transformación del sustrato; por lo tanto, todos aquellos factores que puedan inhibir su crecimiento y desarrollo, tendrán también su efecto sobre el proceso (SZTERN y PRAVIA, 2008). También se denominan microorganismos eficientes (ME); a los que habitan en un suelo naturalmente fértil y que se usan como apoyo en la producción agropecuaria; siendo la base tecnológica de ME la mezcla de diferentes tipos de microorganismos benéficos que poseen propiedades de fermentación, producción de sustancias bioactivas, competencia y antagonismo con patógenos, lo cual ayuda a mantener un equilibrio natural entre los microorganismos que conviven en el entorno, trayendo efectos positivos sobre la salud y bienestar del ecosistema. Hoy en día los ME, son usados no solo para producir alimentos de altísima calidad, libres de agroquímicos, sino también para el tratamiento de desechos sólidos y líquidos generados por la producción agropecuaria (ALBORNOZ, 2012).

El compostaje constituye un ecosistema de diversas poblaciones de bacterias, hongos y actinomicetos, donde la predominancia de estos depende

de las condiciones ambientales y nutricionales del mismo. Las variaciones térmicas durante el compostaje permiten la sucesión de poblaciones microbianas, contribuyendo a eliminar microorganismos patógenos, y a modificar las propiedades fisicoquímicas de los sustratos (MORENO y MORAL, 2008).

Durante el proceso se produce una selección de microorganismos regida por la disponibilidad de los nutrientes y la temperatura, evolucionando desde el predominio inicial de las bacterias capaces de metabolizar compuestos orgánicos simples, hasta los que degradan compuestos complejos como hongos y actinomicetos. En cada una de las etapas la temperatura determina la población específica de acuerdo a su tolerancia a dichos factores (CRUZ, 2009).

2.5.4. Madurez y estabilidad del compost

Compost maduro es aquel que ha finalizado todas las etapas del compostaje, no debe contener compuestos tóxicos para las plantas o el ambiente (FAO, 2013); además el compost maduro se define como el producto estabilizado y saneado de compostaje que se caracteriza por contener los nutrientes en formas fácilmente disponibles para las plantas, posee aspecto de una tierra suelta, ligeramente húmeda, que no mancha mucho las manos al contacto, de color marrón oscuro o negro, de olor agradable y temperatura similar a la del ambiente, donde los constituyentes iniciales no son reconocibles y la degradación posterior se hace imperceptible (DICKERSON, 2016). El concepto de estabilidad se refiere a la estabilidad biológica del compost y se entiende como la tasa o grado de descomposición de la materia orgánica, que se puede expresar como una

función de la actividad microbiológica y se determina normalmente por medidas respirométricas (medida del consumo de O₂ o liberación de CO₂), o por la liberación de calor como resultado de la actividad de los microorganismos (IANNOTI, 1993). Desde el punto de vista de calidad del producto final un compost altamente “humificado”, cuya materia orgánica ha evolucionado durante un largo periodo de tiempo de maduración hacia formas más resistentes a la biodegradación (y que presenta numerosas similitudes a las propiedades de la materia orgánica humificada del suelo) es un compost altamente maduro, que implícitamente está biológicamente estabilizado y además carece de sustancias orgánicas fitotóxicas. Implícitamente también el compost es inmaduro cuando no está estabilizado biológicamente (IGLESIAS y ÁLVAREZ, 1993).

2.5.5. Clasificación de calidad del compost

La calidad de un compost es usualmente determinada por parámetros químicos los cuales dan una determinación exacta de cada sustancia, y los parámetros biológicos los cuales permiten evaluar la estabilidad del compuesto como un todo (MORENO y MORAL, 2008), además para INN (2005) el nivel de calidad del compost lo clasifica en:

a. Compost clase A

Producto de alto nivel de calidad que cumple las exigencias establecidas para el compost Clase A. Debe cumplir con las concentraciones máximas de metales pesados. Su conductividad eléctrica debe ser menor a tres

decisiemens por metro (3 dS/m) y su relación carbono/nitrógeno debe ser menor o igual a 25. Este producto no presenta restricciones de uso.

b. Compost clase B

Producto de nivel intermedio de calidad que cumple las exigencias establecidas para el compost clase B. Debe cumplir con las concentraciones máximas de metales pesados. Su conductibilidad eléctrica debe ser menor a decisiemens por metro (8 dS/m) y su relación carbono/nitrógeno debe ser menor o igual a 30. Este producto puede presentar algunas restricciones de uso si su conductividad es mayor a tres decisiemens por metro (3 dS/m).

2.5.6. Indicadores químicos del compost

La calidad del compost está relacionada a su valor agronómico y comercial como un acondicionador orgánico del suelo, y uno de sus indicadores son sus características químicas como contenido de materia orgánica, humedad, pH, relación carbono/nitrógeno, contenido de sales, presencia de metales, entre otros.

a. El pH

Considerado como indicador de la evolución del compostaje. Durante el proceso el pH desciende inicialmente como consecuencia de la formación de ácidos orgánicos, a medida que el proceso avanza el valor del pH aumenta hasta valores entre 6.5 y 8.5. El pH tiene influencia directa sobre la disposición de los nutrientes, y además influye en el valor de la capacidad de intercambio catiónico y la actividad biológica. Los valores adecuados de pH deben

estar próximos a la neutralidad o ligeramente ácidos (CRUZ, 2009); además INN (2005) afirma que el pH del compost debe estar comprendido entre 5 y 8.5.

b. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica es un indicador de la presencia de sales solubles en el compost, los altos niveles de sales pueden repercutir sobre la germinación de semillas y en el desarrollo general del cultivo, dependiendo de la tolerancia de los cultivos y del tipo de suelo hacer fertilizado. Para el caso de sustratos para cultivos debe manejarse un nivel de salinidad bajo (MORENO y MORAL, 2008); por otro lado, INN (2005), sugiere que las distintas clases del compost deben cumplir con los requisitos de conductividad eléctrica, medida en base a una dilución de 1:5, siguientes: Compost Clase A, la conductividad eléctrica debe ser menor a 3 dS/m y Compost Clase B, la conductividad eléctrica debe ser menor o igual a 8 dS/m.

c. Humedad

Este parámetro es una medida del porcentaje de agua del compost. Una humedad superior al 60 % puede ser indicativa de condiciones de insuficiente aireación, por falta de acondicionador. Valores inferiores al 30 % pueden reflejar insuficiente estabilización del compost, por falta de humedad (FRAISORO, 2013); además INN (2005) el compost debe presentar un contenido de humedad entre 30 y 45 % de la masa del producto en base húmeda. La mayoría de los abonos orgánicos en Nicaragua y Costa Rica se comercializan con un 40 % de humedad, con la

excepción del Bocashi y la gallinaza, comercializados con porcentajes de humedad por debajo del 20 % (SOTO, 2004).

d. Materia orgánica

Indica el porcentaje de la materia seca que permanece como materia orgánica tras el proceso de compostaje. Valores inferiores al 30 % normalmente indican que el compost está mezclado con arena, tierra, cenizas u otro compuesto mineral, valores superiores al 6 % indican que los residuos no están suficientemente compostados (FRAISORO, 2013); sin embargo, INN (2005) afirma que el compost debe tener un contenido de materia orgánica mayor o igual a 20 %

e. Nitrógeno total

El contenido total de N es función directa de los materiales a compostar, del proceso y de las condiciones de maduración y almacenaje. El N es un elemento con un gran número de formas con impacto ambiental. Varias de ellas son gaseosas y su emisión colabora al efecto invernadero y a la formación de lluvias ácidas. Otras especies son iones móviles que afectan directamente a la calidad del suelo. La forma y calidad del N presente en formas inorgánicas puede ser buenos indicadores de la madurez de un compost (TORRENTO, 2011); sin embargo, INN (2005) indica que el compost debe tener contenidos de nitrógeno total mayor o igual a 0.5 % expresado sobre base seca.

f. Contenido de fósforo

Por lo general el fósforo siempre se presenta en la solución del suelo en concentraciones muy bajas y se conoce que tiene muy poca movilidad, pero es muy dado a unirse a otros iones para formar compuestos

insolubles o de poca solubilidad, así, por ejemplo: Fosfato de aluminio o fosfato de calcio. Además, el fósforo puede ser atrapado por las arcillas y allí se fija, por tanto, es un elemento de mucho cuidado (CANCHANO, 2002).

g. Contenido de potasio

El elemento potasio (K) se ha considerado como el nutriente de mayor importancia en el cultivo de la palma de aceite. En términos generales la deficiencia de potasio es común en aquellos suelos livianos o afectados por sodio (CANCHANO, 2002).

Cuadro 2. Valores en la interpretación del análisis del compost.

Parámetros	Valores habituales
Humedad (%)	30 – 60
Materia orgánica (sms)	30 – 60
Relación C/N	oct-20
pH	6.5 - 8.5
Conductividad dS/m	0.5 - 4.0
Nitrógeno (%N)	1.0 - 2.5
Fósforo (% P ₂ O ₅)	0.4 - 1.2
Potasio (% K ₂ O)	0.5 - 1.3

Fuente: FRAISORO (2013).

Cuadro 3. Contenido de niveles óptimo para abonos orgánicos.

Característica	Nivel óptimo
Nitrógeno (%N)	> 2
Fósforo (%P ₂ O ₅)	0.15 - 1.5
Relación C/N	< 20
Cenizas (%)	oct-20
Humedad (%)	< 40
CICe (meq)	75 – 100
Color	Negro a café oscuro
Olor	Tierra

Fuente: PAUL y CLARK (1996).

Cuadro 4. Rango óptimo de un compost comercialmente aceptable.

Elemento	Unidad	Rango óptimo
pH	6.5 - 8
Materia orgánica	%	25 - 50
Nitrógeno (%N)	%	1.5 > - 2 >
Humedad (%)	%	< 40
Fósforo (%P ₂ O ₅)	%	0.15 - 1.5
Potasio (%K ₂ O)	%	0.5 - 1.8
C	%	ago-50
Relación C/N	%	< 20
CICe	meq/100g	75 - 100
Ca	%	1.5 - 7
Mg	%	0.49 - 1.06
Fe	ppm	< 800 – < 1500
Mn	ppm	< 300 – < 1200
Cu	ppm	< 100 – < 150
Zn	ppm	< 200 – < 400
Color	Café negro
Olor	Tierra

Fuente: ALTAMIRANO y CABRERA, (2006). GIMÉNEZ *et al.* (2005).

Cuadro 5. Contenido de N, P, K en el compost.

Nutriente	% en compost
Nitrógeno (%N)	0.3 - 1.5 (3 g a 1.5 g por kg de compost)
Fósforo (%P ₂ O ₅)	0.1 - 1.0 (1 g a 10 g por kg de compost)
Potasio (%K ₂ O)	0.3 - 1.5 (3 g a 10 g por kg de compost)

Fuente: MARTÍNEZ *et al.* (2010), citado por FAO (2013).

2.5.7. Uso del compost como fertilizante

FAO (2013), menciona que una de las mayores ventajas del uso del compost como aporte de materia orgánica es que en él se encuentran presentes nutrientes tanto disponibles como de lenta liberación, útiles para la nutrición de las plantas, siendo principalmente:

El nitrógeno, N (1 - 4 % del extracto seco de la planta) es el motor del crecimiento de la planta ya que está involucrado en todos los procesos principales de desarrollo de las plantas. Un buen aporte de nitrógeno para la planta es importante también por la absorción de los otros nutrientes.

El fósforo, P (0.1 – 0.4 % del extracto seco de la planta) juega un papel importante en la transferencia de energía, por lo que es esencial en la eficiencia de la fotosíntesis. El fósforo es deficiente en la mayoría de los suelos naturales o agrícolas o dónde el pH limita su disponibilidad, favoreciendo la fijación. El potasio, K (1 - 4 % del extracto seco de la planta) juega un papel vital en la síntesis de carbohidratos y de proteínas, y por ende en la estructura de la planta.

2.5 Trabajos de investigación

HUANUQUEÑO (2004), en Tingo María y Huánuco, trabajó en maíz Marginal 28 - T y obtuvo un rendimiento de 4186.47 t/ha. Asimismo, CHÁVEZ, (1998) en Tingo María, ha obtenido un rendimiento en grano de maíz marginal 28 - T de 6.416 t/ha.

LOBATO, (2011) con la aplicación foliar de Viosil® ha obtenido un rendimiento en grano de maíz de 11.239 t/ha por su parte LAOS, (2017) reportó un rendimiento en grano de maíz para el híbrido doble XB- 8010 de 5.3 t/ha sin aplicación de biostimulante. En otras investigaciones hechas BALTAZAR (2014), ha obtenido un rendimiento en grano de 9.7 t/ha con DK -7088, y 5.9 t/ha con EXP-5.

ÁLVAREZ *et al.* (2010), evaluaron mezclas de abonos orgánicos con fertilizantes encontrando que el rendimiento más bajo fue con 60-30 de N-P sin

abono y el más alto para 120-60 de N-P y humus de lombriz. Con dosis baja de fertilización el rendimiento incrementó 3.8, 12.7 y 11.5 % con composta, Bocashi y humus de lombriz, mientras que con dosis alta el aumento fue 17.7, 21.9 y 30.5 %.

SOTOMAYOR *et al.* (2017) probaron fuentes de materia orgánica y dosis de nitrógeno en la productividad del maíz amarillo bajo dos sistemas de siembra. Concluyendo que la fuente orgánica (compost) de nitrógeno produjo estadísticamente similar rendimiento de maíz en grano que la fuente sintética, en la que la tendencia numérica indica que 5 t/ha del compost maduro produce tan igual que la alta dosis sintética de 240 kg N/ha.

DE LUNA *et al.* (2016), probaron la combinación de abonos orgánicos de bovino con fertilizantes en el rendimiento de maíz, dando como resultado que el uso de abonos orgánicos combinados con inorgánicos incrementa notablemente el crecimiento y producción de las plantas de maíz. Los abonos orgánicos con un buen manejo agronómico muestran ser una alternativa sustentable y amigable con el medio ambiente.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la localidad de Bajo Afilador en el kilómetro 2 carretera Tingo María - Huánuco (Recreo Las Lomas), distrito de Rupa Rupa - Tingo María, provincia de Leoncio Prado, Región Huánuco; cuyas coordenadas UTM en la parcela experimental son las siguientes:

Este	: 0385288.86 m.
Norte	: 8990659.05 m
Altitud	: 778 msnm.

La precipitación promedio anual es de 3200 mm y con una temperatura promedio de 25 °C.

3.2. Análisis de suelo y de las fuentes de materia orgánica

Se sacó muestras representativas del compost del comedor universitario de la Universidad Nacional Agraria de la Selva y compost de cáscara de plátano de la Empresa Procesadora Tropical – Aguaytia, estas se llevaron al Laboratorio de Suelos de la misma Universidad. En los resultados del análisis físico – químico del suelo (Cuadro 6) se observa las siguientes características: Clase textural franco arenoso, pH fuertemente ácido, materia orgánica y fósforo a nivel medio, y potasio a un nivel bajo, características que determinan que el suelo presenta fertilidad baja.

Cuadro 6. Análisis físico – químico del suelo.

Características	Valor inicial
Análisis físico	
1. Arena (%)	52.00
2. Limo (%)	22.00
3. Arcilla (%)	26.00
4. Clase textural (%)	Franco Arcilloso Arenoso
Análisis químico	
1. pH (1/1)	5.10
2. Materia orgánica (%)	1.95
3. Nitrógeno (%)	0.09
4. Fósforo disponible (ppm P)	5.14
5. Potasio disponible (ppm K)	66.12
6. Ca Cmol(+)/kg	4.53
7. Mg Cmol(+)/kg	0.79

*Fuente: Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Cuadro 7. Análisis químico de las fuentes utilizadas.

Parámetros	Compost (CU)	Compost (CP)
pH	-	8.82
Humedad	5	-
MO (%)	39	84.02
N (%)	2.01	1.44
P (%)	0.022	0.57
K (%)	1.79	4.23
Ca (%)	3.4	0.36
Mg (%)	0.98	0.24
Na (%)	0.04	0.02
Fe (ppm)	1113.11	-
Cu (ppm)	11.08	-
Mn (ppm)	63.61	-
Zn (ppm)	25.5	-

*Fuente: Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva 2018.

Así también, en el Cuadro 7, se presenta los resultados de las fuentes orgánicas utilizadas, donde se observa que el compost del comedor universitario (CCU) presenta una menor humedad, mayor porcentaje de materia orgánica, y calcio en relación compost de cáscara de plátano (CCP).

3.3. Registros meteorológicos

Cuadro 8. Historial meteorológico registrado para la ejecución del experimento.

Meses	Temperatura			Precipitación mm/mes	HR (%)
	Min.	Media	Max.		
Agosto	24.30	29.50	19.20	103.40	86.00
Setiembre	24.90	30.10	19.80	248.70	84.00
Octubre	25.60	30.20	20.10	191.00	82.00
Noviembre	24.30	29.50	19.20	240.00	86.00
Diciembre	24.90	30.10	19.80	250.00	86.00
Total	24.80	29.88	19.62	206.62	84.80

Fuente: Estación meteorológica José Abelardo Quiñones

3.4. Componentes en estudio

Fuente de materia orgánica: cáscara de plátano y residuos sólidos del comedor universitario de la UNAS.

Dosis de aplicación: 20, 40 y 60 t/ha.

Maíz: Variedad Marginal 28 - T.

3.5. Tratamientos en estudio

Cuadro 9. Descripción de los tratamientos.

Tratamientos	Descripción
T ₁	Compost comedor universitario 20 t/ha
T ₂	Compost comedor universitario 40 t/ha
T ₃	Compost comedor universitario 60 t/ha
T ₄	Compost cáscara de plátano 20 t/ha
T ₅	Compost cáscara de plátano 40 t/ha
T ₆	Compost cáscara de plátano 60 t/ha
T ₇	Testigo

3.6. Diseño experimental

En el presente proyecto de tesis se utilizó el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con 6 tratamientos y tres repeticiones más un testigo, y para la comparación de predios se empleó la prueba de Tukey con un nivel de significación de 0.05 de probabilidad.

3.6.1. Modelo aditivo lineal

$$Y_{ij} = u + T_i + B_j + \epsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Es el valor observado en la unidad experimental del j-ésimo bloque a la cual se aplicó el i-ésimo tratamiento.

U = Es el efecto de la media general.

T_i = Es el efecto del i-ésimo tratamiento.

B = Es el efecto del j-ésimo bloque.

ϵ_{ij} = Es el efecto aleatorio del error experimental del j-ésimo bloque a la cual se aplicó el i-ésimo tratamiento.

Para:

$i = 1, 2, 3, \dots, 7$ tratamientos

$j = 1, 2, 3$ repeticiones

3.6.2. Análisis de varianza

Cuadro 10. Esquema del análisis de variancia.

Fuente de varianza	Grados de libertad
Bloques	2
Tratamientos	6
Error experimental	12
Total	20

3.7. Características del campo experimental

A. Bloques

Número de bloques	: 3
Largo del bloque	: 39.0 m
Ancho del bloque	: 3 m
Área de cada bloque	: 117.0 m ²
Área total de los bloques	: 351 m ²
Distanciamiento entre bloques	: 1 m.

B. Parcelas

Número total de parcelas	: 21
Número de parcelas por bloque	: 7
Largo de parcela	: 4 m
Ancho de parcela	: 3 m
Área de la parcela	: 12 m ²
Área neta de parcela	: 3.36 m ²

C. Campo experimental

Largo	: 39.00 m
Ancho	: 16.00 m
Área total del experimento	: 624 m ²

3.8. Ejecución del experimento

3.8.1 Obtención de los abonos orgánicos

Se obtuvieron 432 kg del compost de cáscara plátano ya elaborado de la Empresa Procesadora Tropical-Aguaytía, que es aproximadamente 17 sacos de 25 kilos. Para la obtención del compost de los residuos sólidos biodegradables, se procedió de la siguiente manera:

Recolección de los residuos sólidos

Esta actividad se realizó recogiendo los desechos provenientes del comedor universitario de la Universidad Nacional Agraria de la Selva en un timbo de aproximadamente 50 kg; es decir para el trabajo de investigación se utilizó ocho timbos que sumaría un total de 400 kg en peso bruto.

Segregación y clasificación de los residuos sólidos

Se realizó de acuerdo al origen de los residuos, características y propiedades de los residuos; teniendo en cuenta a los residuos en fuente como son: residuos de alimentos cocinados, vegetales (cáscaras de plátano, cáscara de papas, tomates, yucas, cáscara de naranjas, etc.), por lo tanto, para nuestros fines se consideró una cantidad de aproximadamente 250 kg.

Elaboración del compost

Se realizó siguiendo lo descrito por GUIBERTEAU y LABRADOR (1991); INN (2005); PDA (2010) y para evaluar los factores se consideró lo indicado por FONAG (2010), TORRENTO (2011), RESTREPO (1996), entre otros.

3.8.2 Conducción del experimento

a. Muestro de suelo

El muestreo del suelo se realizó al inicio y al final del experimento; al inicio se sacó una sola muestra de toda la parcela utilizando el método de zig zag y al final del muestreo se realizó por cada tratamiento. Todas las muestras fueron llevadas al laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva para su respectivo análisis.

b. Demarcación de las parcelas

Se procedió a hacer la limpieza manual utilizando el machete, para luego demarcar y parcelar de acuerdo al croquis de la distribución de las parcelas (Anexo), para tal labor se utilizó machete, wincha y cordeles.

c. Aplicación de los abonos orgánicos

Esta se realizó antes de la siembra aplicando los dos abonos en forma separada por método del voleo en el área de cada tratamiento y se incorporaron al suelo con un azadón a 10 cm de profundidad. Las cantidades a aplicarse son:

Para una dosis de 20 t/ha = 24 kg/parcela

Para una dosis de 40 t/ha = 48 kg/parcela

Para una dosis de 60 t/ha = 72 kg/parcela

d. Siembra de maíz

La siembra del maíz se realizó después de haber realizado el abonamiento de fondo, esto para permitir la descomposición de la materia orgánica, el distanciamiento que se uso fue de 0.8 m entre hileras y 0.4 m entre

golpes, se usó tres semillas por golpe con la finalidad de tener menor fallas por golpe.

e. Raleo o desahíje

Se realizó con la finalidad de quitar o eliminar el número de plantas que sobrepasan la densidad de siembra, finalmente se dejó dos plantas por golpe antes del aporque, obteniendo una densidad de siembra de 62,500 plantas/ha.

f. Aporque

Labor que se hizo al fin de asegurar la estabilidad de la planta y permitir mayor asimilación de nutrientes, esta labor se realizó a los 21 días después de la siembra cuando las plantas alcanzaron una altura aproximadamente de 18 a 20 cm.

g. Control de malezas

Se realizó al inicio del experimento manteniéndolo limpio durante todo el tiempo de investigación, estas se realizaron manualmente y con ayuda de un machete y azadón.

h. Control fitosanitario

No se realizó control fitosanitario debido a que no se encontró incidencia de plagas y enfermedades.

i. La cosecha de maíz

Se realizó cuando las mazorcas presentaron una maduración post fisiológica con contenidos de humedad promedio del 24 %.

3.9. Variables a evaluar

3.9.1 Altura de la planta del maíz

La altura de la planta se midió cada 15 días después de la siembra con la ayuda de una regla milimetrada, desde el cuello hasta las 2 últimas hojas de la planta, se evaluó a 12 plantas del área neta, por cada tratamiento y en cada bloque.

3.9.2 Diámetro del tallo del maíz

El diámetro de la planta se midió cada 15 días después de la siembra con la ayuda del vernier, a la altura de 5 cm del cuello de la planta y las 12 repeticiones por tratamiento.

3.9.3 Peso fresco y peso seco

Se realizó al final de las evaluaciones, extrayendo 3 a 4 plantas por tratamiento los cuales fueron llevados al laboratorio de suelos – UNAS. Inicialmente las muestras fueron pesadas para luego ser secadas en la estufa a 65 °C durante 48 horas a una temperatura de 70 a 75 °C aproximadamente para obtener el peso seco.

3.9.4 Peso de 100 granos

Se tomó 100 granos de maíz, con humedad de 14 % y se pesó determinando el peso por cada tratamiento. Así mismo se pesó todas las mazorcas de las plantas de la parcela neta para luego llevarlo a hectáreas.

3.9.5 Número de hileras por mazorca

El número de hileras por mazorca del maíz se evaluó contabilizando las hileras por mazorca así también se registró el número de

mazorcas por planta y la altura de inserción de las mazorcas por planta.

3.9.6 Rendimiento del maíz

Se realizó cuando las plantas estuvieron verdes amarillentos, es decir cuando el maíz haya completado su ciclo fenológico y las plantas estén amarillentas; se recolectó las mazorcas por cada planta y se hizo secar para determinar el rendimiento por tratamiento en kg. El rendimiento se determinó por regla de tres simples teniendo en cuenta la parcela neta.

3.9.7 Evaluación de las características del suelo

a. Características químicas

Para evaluar la influencia de los compost del comedor universitario, así como el compost de cáscara de plátano, se consideraron a monitorear algunos parámetros importantes obtenidos en el análisis de suelo.

Se determinó el, pH o la reacción del suelo, materia orgánica, los macronutrientes (NPK), los micronutrientes tales como Ca^{+2} , Mg^{+2} y K^{+} , así como también la CIC total y la CICE. El método que se utilizó para determinar cada parámetro se detalla en el Cuadro 6.

b. Características físicas

El color del suelo inicial y final se midió por comparación a colores estándar usando la tabla Munsell, la cual describe todos los posibles colores en términos de tres coordenadas: matiz (Hue) que mide la composición cromática de la luz que alcanza el ojo; claridad (Value), el cual indica la luminosidad u oscuridad de un color con relación a una escala de gris neutro, y pureza (Chroma), que indica el grado de saturación del gris neutro por el color del

espectro, también se determinó la densidad aparente utilizando el método del cilindro y la clase textural por el método de Bouyoucos.

c. Características biológicas

Se realizó el análisis de macrofauna, para el cual se utilizó un cuadrado de 25 x 25 cm que representa $1/16 \text{ m}^2$, los datos de las unidades de muestreo fueron multiplicados por 16, para obtener las unidades del número de individuos por m^2 (ind. m^{-2}) (REÁTEGUI, 2009).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Efecto de los residuos sólidos del comedor universitario y de la cáscara de plátano en las propiedades químicas del suelo

Todas las muestras indican según la proporción de arena, limo y arcilla que se trata de un suelo franco arcillo arenoso (Figura 26), el Cuadro 11 muestra los resultados del análisis de suelo inicial en el área experimental.

Cuadro 11. Resultados del análisis físico – químico del suelo al inicio del experimento.

pH	M.O.	N	P	K	CIC	Cambiabiles Cmol(+)/kg						CICe	Bas. Camb.(%)	Ac. Camb.(%)	Sat. Al (%)
						Ca	Mg	K	Na	Al	H				
5.1	1.95	0.09	5.14	66.12	0	4.43	0.79	0	0	1.23	0.38	6.93	76.77	23.23	17.75

Los resultados que muestran en el cuadro anterior, indican que el nivel de concentración de iones de hidrógeno tiende a ser fuertemente ácido (pH=5.10) por su parte el contenido de materia orgánica y nitrógeno es bajo (MO=1.95 y N=0.09 %), lo que limita la fertilidad del suelo por la poca disponibilidad de los nutrientes, principalmente el nitrógeno, con respecto al contenido de fósforo presenta un contenido bajo de 5.14 ppm y con respecto al potasio, el contenido también es bajo (66.12 ppm). Asimismo, se debe tener en cuenta que la capacidad de intercambio catiónico efectiva del suelo es bajo lo que no permite una buena capacidad de asimilación o disponibilidad de nutrientes existentes en el suelo, por otra parte, es importante mencionar que existe acidez en el suelo y que el porcentaje de acidez cambiante y saturación de aluminio es de 23.23 y 17.75 % respectivamente.

Con respecto a las relaciones catiónicas esta indica que existe de una deficiencia de Calcio ($\text{Ca/Mg} = 5.73$). En términos generales son suelos con poca disponibilidad de macronutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre), así como los micronutrientes (boro, cobre, zinc, hierro y molibdeno, etc.), además deficientes en materia orgánica y calcio, siendo este último un nutriente esencial para la activación de enzimas y estimulación en el desarrollo de las raíces y hojas. En la Figura 3, muestra los ligeros incrementos para los parámetros de pH y materia orgánica, se observa que en general existe un efecto positivo en la incorporación de residuos sólidos y cáscara de plátano ya que incrementa la materia orgánica existente al inicio del experimento, pasando de un contenido bajo a un contenido medio (2.03 a 2.78 % de MO), este hecho es corroborado por ZAVALA (2014), que también logró incrementar los niveles de materia orgánica de bajo a un nivel medio, con las aplicaciones de residuos sólidos y gallinaza. Similarmente ocurrió para el pH que donde el suelo pasa de tener un nivel fuertemente ácido a moderadamente ácido (5.67 a 5.98), esto debido que la materia orgánica modifica las propiedades físicas y químicas de los suelos, además reaccionan y generan cargas negativas que tienen los cationes y aumentan la capacidad de intercambio catiónico, al respecto VELASCO y TRINIDAD (2016), demostraron que la gallinaza, vermicompost y estiércol de vacuno incrementaron el pH de 6.80 a 7.10, lo que demuestra que la aplicación de MO en vez de aumentar el pH aumenta el poder tampón (buffer) del suelo y en consecuencia reducen las oscilaciones de este (ANTÓN, 1992). En una investigación hecha por ARRIECHE y MORA (2005) encontraron que la incorporación de los residuos orgánicos

produjo un incremento del pH en el suelo ácido y del fósforo en el suelo alcalino, así como sobre los contenidos de materia orgánica en ambos tipos de suelo. Con respecto a las dosis de aplicación vemos que el contenido de pH se incrementa conforme se incrementa la cantidad de la fuente, este hecho se ve claramente con la aplicación del compost del comedor (UNAS) donde la aplicación de 20, 40 y 60 t/ha originan valores de pH de 5.68, 5.75 y 5.98 respectivamente, mientras que las aplicaciones de dosis del compost de cáscara de plátano lograron un menor incremento de pH. Similar tendencia encontró ZAVALA (2014), para la aplicación del compost de residuos biodegradables y gallinaza donde el pH del suelo se incrementó hasta a una dosis de 20 t/ha, dosis más altas aumentaron la acidez, demostrando que los compost utilizados no acidifican el suelo en una dosis alta.

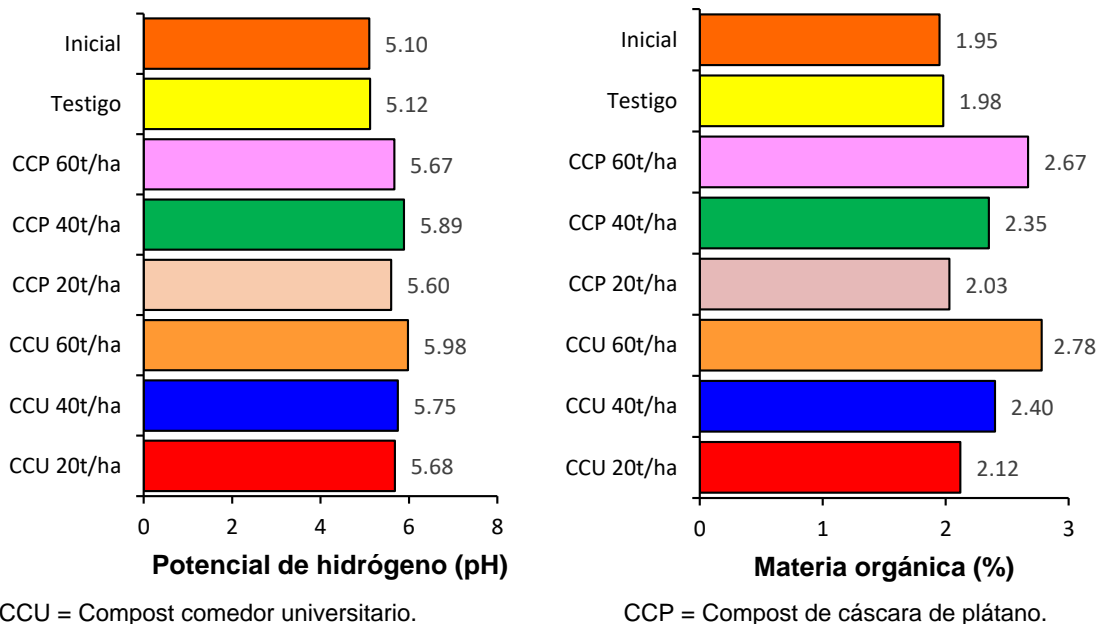
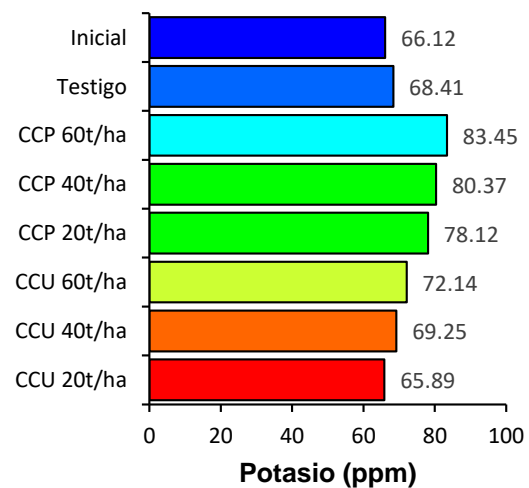
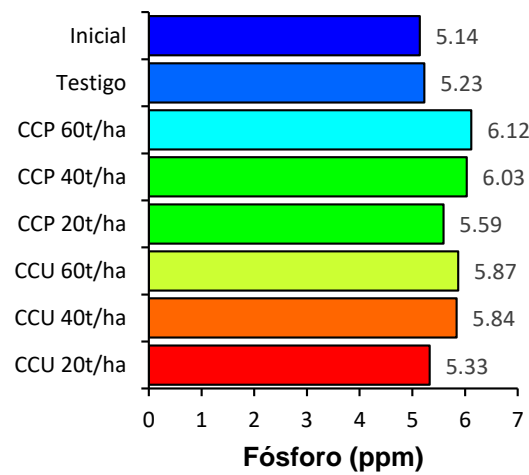
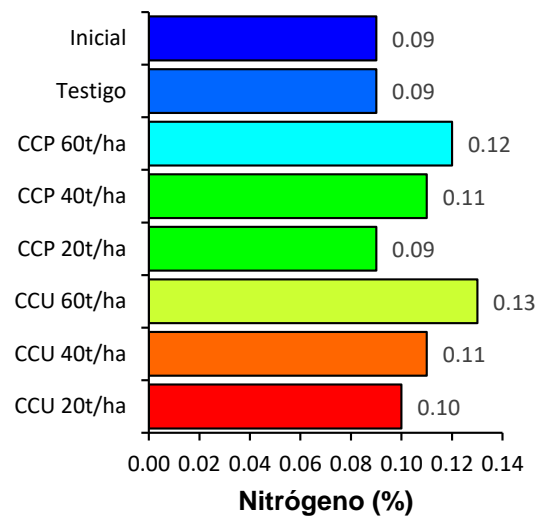


Figura 3. Potencial de hidrógeno de pH y contenido de materia orgánica por efecto de la aplicación del compost de residuos sólidos del comedor universitario y cáscara de plátano.

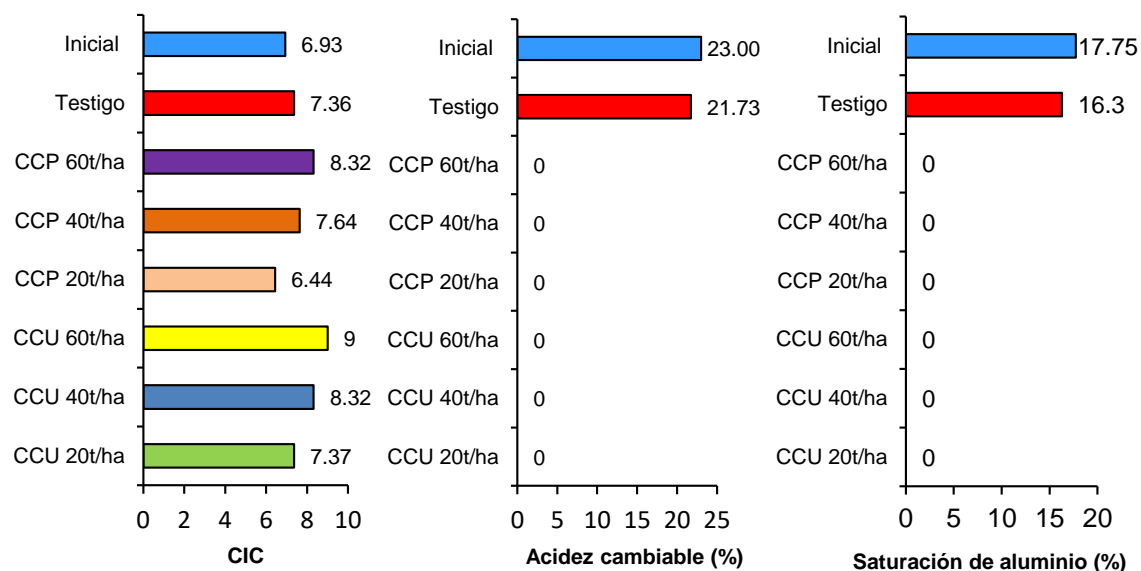


CCU = Compost comedor universitario.

CCP = Compost de cáscara de plátano.

Figura 4. Cambios en los contenidos de macronutrientes por la aplicación del compost de residuos sólidos del comedor universitario (UNAS) y cáscara de plátano en distintas dosis.

Con respecto a los macronutrientes (Nitrógeno, Fósforo y Potasio) los compost utilizados no muestran variaciones relevantes respecto al estado inicial, manteniendo los niveles de Nitrógeno (<1 %), Fósforo (<7 ppm) y Potasio bajos (<100 ppm) en las distintas dosis utilizadas (Figura 4). Es importante mencionar que la capacidad de intercambio catiónico no sufre variaciones relevantes con respecto al análisis inicial manteniéndose en un nivel bajo; no obstante se ve incrementado (Figura 5) conforme incrementa las dosis independientemente de cada compost, esto debido al incremento de las bases cambiables (Calcio, Magnesio, Potasio y Sodio) a 100 % desplazando a los iones de aluminio e hidrógeno; lo que no sucede con el testigo que alcanzó una saturación de aluminio y acides cambiabile de 17.25 cationes y 23.23 % respectivamente, que son suelos con baja disponibilidad de nutrientes.



CCU = Compost comedor universitario.

CCP = Compost de cáscara de plátano.

Figura 5. Valores de la CIC por la aplicación del compost de residuos sólidos del comedor universitario (UNAS) y cáscara de plátano en distintas dosis.

Estos resultados nos muestran que los compost utilizados mejoran los suelos incrementando la CIC haciendo que este más disponible los nutrientes para el maíz, esto por la composición de la materia orgánica que contiene los ácidos fúlvicos, húmicos y huminas, los cuales están saturados de radicales orgánicos, que con las ofertas de OH en el medio reaccionan y generan cargas negativas aumentando la CIC (BARDY y WEIT, 2008).

4.2 Efecto sobre algunas propiedades físicas del suelo

4.2.1 Color del suelo

El color del suelo de los diferentes tratamientos (Cuadro 12), no mostraron diferencias en el matiz que es el 10YR cuyos suelos están asociados a procesos de alteración de materiales parentales en condiciones de alta temperatura, buena humedad, liberación de Hierro, baja fertilidad, pH ácido y alta meteorización, asimismo para la pureza (Chroma) tampoco se encontró diferencias ya que todos los tratamientos tuvieron un valor de cuatro.

Cuadro 12. Efecto de la incorporación del compost en el color del suelo al final del experimento.

Tratamientos	Color de suelo
T ₁ = (compost del comedor de la UNAS)	Color marrón amarillento oscuro (10YR 3/4)
T ₂ = (compost del comedor de la UNAS)	Color marrón amarillento oscuro (10YR 3/4)
T ₃ = (compost del comedor de la UNAS)	Color marrón amarillento oscuro (10YR 3/4)
T ₄ = (compost de cáscara de plátano)	Color marrón amarillento oscuro (10YR 3/4)
T ₅ = (compost de cáscara de plátano)	Color marrón amarillento oscuro (10YR 3/4)
T ₆ = (compost de cáscara de plátano)	Color marrón amarillento oscuro (10YR 3/4)
T ₇ = (testigo)	Color marrón amarillento oscuro (10YR 4/4)

Con respecto a la claridad (Value), se encontró que los tratamientos donde se incorporó el compost fueron un tanto oscuros (10YR 3/4) en comparación

al testigo (10YR 4/4) que fue más claro (Figura 6); esto demuestra que aunque el cambio de color no sea sustancial nos estaría indicando la presencia de la materia orgánica incorporada por la cáscara de plátano y los residuos sólidos del comedor universitario, al respecto MOSQUERA, (2017) en un estudio encontró que en suelo de color oscuro existía mayor contenido de materia orgánica del suelo. Según FAO (2015) indica que los matices más oscuros suelen indicar un mayor contenido de materia orgánica que los matices más claros. Sin embargo, no siempre es así ya que el color oscuro del suelo puede ser el resultado de un drenaje escaso.

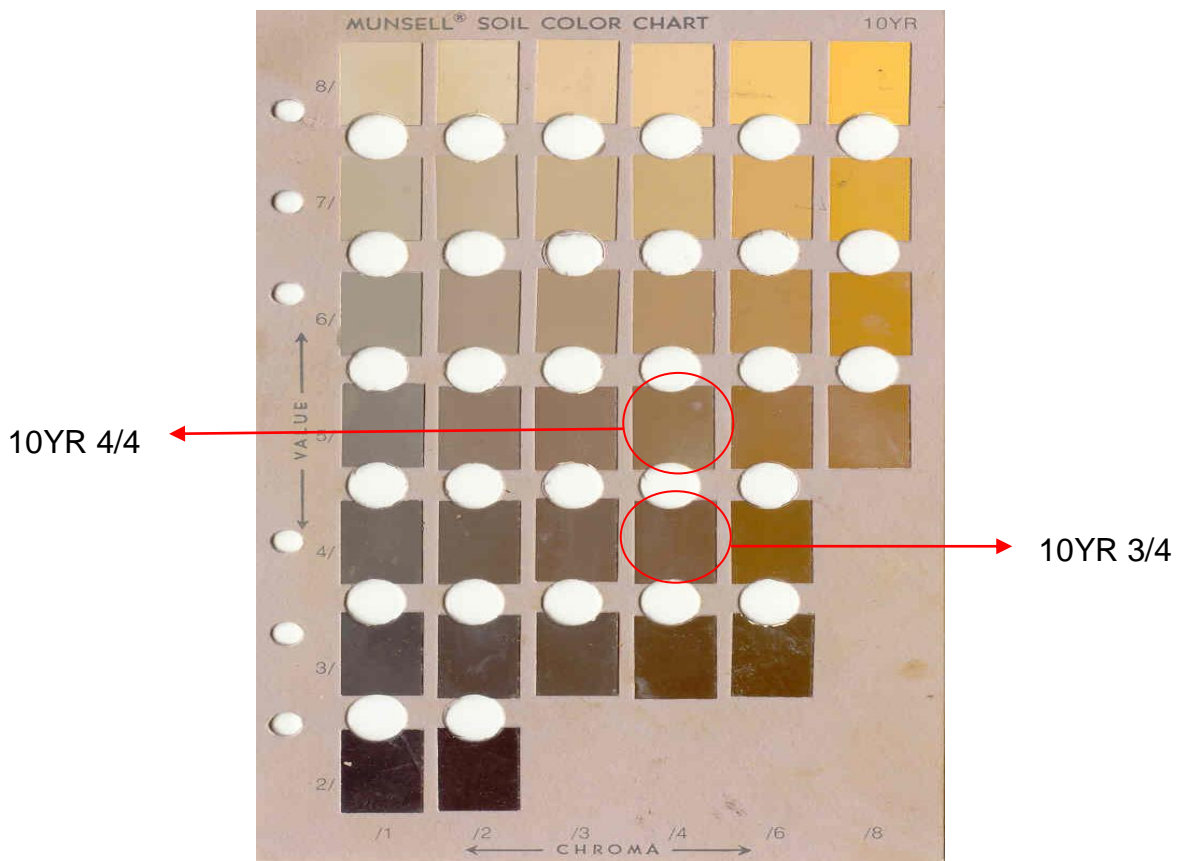


Figura 6. Cambio del color del suelo por efecto de la incorporación del compost del comedor universitario (UNAS) y cascara de plátano como se observa en la (TABLA MUNSELL SOIL COLOR CHART).

FERNÁNDEZ (1991), encontró en el primer horizonte de 0 - 35 cm tenía un color marrón amarillento oscuro (10 YR 3/4), con algunas manchas indistintas y difusas de tonalidad más oscura; franco-arcillo-arenoso; pocos elementos gruesos, tamaño grava y piedra, estructura débil, granular; ligeramente adherente y ligeramente plástico en mojado, de color negro, de materia orgánica; evidencias de actividad de la fauna; en nuestra investigación también se encontró resultados parecidos como la textura que es franco-arcillo-arenoso, contenido de materia orgánica y otras características similares.

4.2.2 Densidad aparente

Del análisis de varianza (Cuadro 13) se puede inferir que para la densidad aparente existe significancia estadística tanto para el efecto de bloque y tratamiento, esto indica diferencia de densidades entre los tratamientos. El coeficiente de variación es muy homogéneo (5.53 %).

Cuadro 13. Análisis de variancia para la densidad aparente (g/cm³).

Fuente de variación	G.L	Densidad aparente (g/cm ³)			
		SC	CM	FC	Sig.
Tratamiento	6	0.2011	0.0333	7.57	AS
Bloque	2	0.0094	0.0047	1.05	S
Error	12	0.0531	0.0044		
Total	20	8896.47			
CV (%)		5.53			

S: Significación altamente estadística al 5 % de probabilidad.

AS: Significación altamente estadística al 1 % de probabilidad.

Al realizar la prueba de Tukey para comparaciones múltiples (Cuadro 14), para la densidad aparente del suelo se encontró que el tratamiento T₃ (Compost comedor universitario 60 t/ha) alcanzó el menor valor

con una densidad aparente de 1.01 g/cm^3 y sin diferenciarse del tratamiento T_1 (Compost comedor universitario 20 t/ha), T_6 (Compost cáscara de plátano 60 t/ha), T_5 (Compost cáscara de plátano 40 t/ha), T_2 (Compost comedor universitario 40 t/ha), T_4 (Compost cáscara de plátano 20 t/ha) con densidades de 1.20, 1.19, 1.19, 1.15 y 1.15 g/cm^3 , respectivamente.

Cuadro 14. Prueba de comparación de Tukey ($\alpha=0.05$) para la densidad aparente por efecto de la aplicación del compost del comedor universitario (UNAS) y compost de cáscara de plátano.

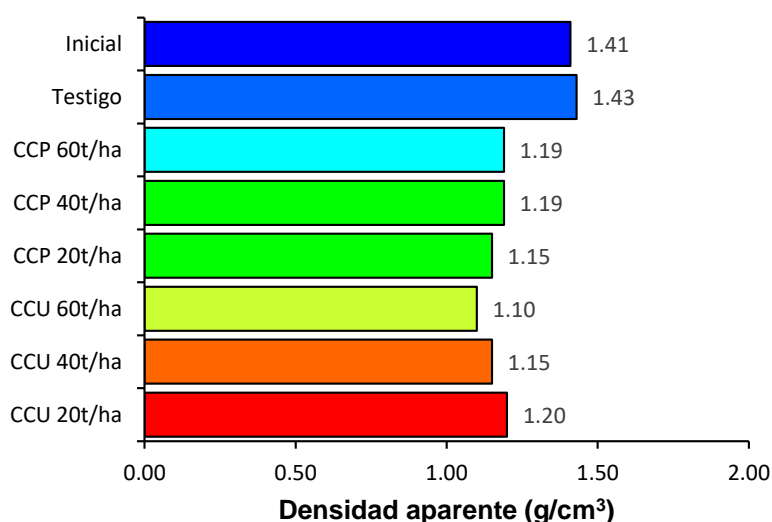
Densidad aparente		
Tratamientos	g/cm^3	Sig.
T_7	1.43	a
T_1	1.20	b
T_6	1.19	b
T_5	1.19	b
T_2	1.15	b
T_4	1.15	b
T_3	1.10	b

Entre tratamientos unidos por la misma letra no existe significación estadística.

T_1 = (Compost comedor universitario 20 t/ha) T_4 = (Compost cáscara de plátano 20 t/ha) T_7 = (Testigo)
 T_2 = (Compost comedor universitario 40 t/ha) T_5 = (Compost cáscara de plátano 40 t/ha)
 T_3 = (Compost comedor universitario 60 t/ha) T_6 = (Compost cáscara de plátano 60 t/ha)

En manera general los compost mejoran los suelos compactados a suelos bien estructurados lo que se explica que los contenidos de estos compost pudieron haber favorecido el reacomodo de partículas en el suelo (ARARAT, 2006), esto se puede ver claramente en la Figura 7, donde todos los tratamientos al final del experimento disminuyen su densidad aparente alrededor de 1 g/cm^3 con excepción del testigo que sube a 1.43 g/cm^3 , esto puede estar asociado al efecto de residuos frescos tal como ocurre con los abonos verdes que mejora notablemente la agregación del suelo, disminuye la densidad del suelo, aumentando la capacidad de aireación y el agua aprovechable (OROZCO, 1984). Sin embargo, este efecto es

más debido a la acción pegante de los azúcares y de los microorganismos: micelios de hongos y la acción directa de bacterias y actinomicetos; asimismo con respecto los compost y dosis la diferencias fueron mínimas sin tendencia alguna, esto debido a que la acción es muy limitada en un corto periodo de tiempo como el de la campaña de maíz, por lo que BAVER *et al.* (1973), Afirman que esta acción es muy limitada en el tiempo, pues los compuestos simples son biodegradables rápidamente al igual que la actividad biológica disminuye también rápidamente por la misma razón. Por su parte ARARAT, (2006) indica que la materia orgánica tiende a reducir la densidad suelo/masa debido a su propia baja densidad y a la estabilización de la estructura del suelo que resulta en mayor porosidad, característica que facilita un mayor desarrollo radicular del maíz tal como indica LÓPEZ, (2005), que un incremento de la densidad aparente puede ocasionar una mayor conductividad térmica y una menor facilidad de penetración de las raíces en el suelo.



CCU = Compost comedor universitario.

CCP = Compost de cáscara de plátano.

Figura 7. Cambio en la densidad aparente por efecto de la aplicación del compost del comedor universitario (UNAS) y del compost de cáscara de plátano.

4.3 Densidad de macrofauna

Del análisis de varianza (Cuadro 15) se puede inferir que para la densidad de individuos en dos profundidades del suelo no existe significancia estadística en ningunos de los estratos muestreados, tanto para el efecto de bloques y tratamientos, esto indica que la cantidad de individuos en cada uno de los tratamientos es similar. Los coeficientes de variación van de regular a buena homogeneidad (19.28, 21.06 y 17.49 %) los cuales son aceptables a nivel de campo.

Cuadro 15. Análisis de variancia para la densidad de individuos en dos profundidades del suelo en el cultivo de maíz.

Fuente de variación	G.L	Total de Individuos/m ²		N° de individuos/m ² (0 – 10 cm)		N° de individuos/m ² (10 – 20 cm)	
		CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.
Tratamiento	6	3863.23	NS	2164.36	NS	260.11	NS
Bloque	2	916.54	NS	659.02	NS	23.47	NS
Error	12	2308.86		1193.43		221.97	
Total	20						
CV (%)		19.28		21.06		17.49	

S: Significación altamente estadística al 5 % de probabilidad.

AS: Significación altamente estadística al 1 % de probabilidad.

NS: No existe Significación estadística.

Al realizar la prueba de Tukey para comparaciones múltiples (Cuadro 16), se encontró que para la densidad total de individuos los resultados fluctuaron desde 285.20 ind.m⁻² en el tratamiento T₃ (Compost comedor universitario 60 t/ha) a 174.10 ind.m⁻² en el testigo, sin diferenciarse estadísticamente entre ellos, hecho que confirma lo encontrado por el análisis de varianza. Asimismo, para la densidad de individuos a una profundidad de (0 – 10 cm) y (0 – 20 cm) se encontró que el

tratamiento T₃, alcanzó el mayor valor con 188.90 y 96.3 ind.m⁻² respectivamente sin diferenciarse estadísticamente de los demás tratamientos.

Cuadro 16. Prueba de comparación de Tukey ($\alpha=0.05$) para densidad de macrofauna en dos profundidades del suelo en el cultivo de maíz.

Total de Individuos/m ²			N° de individuos/m ² (0 – 10 cm)			N° de individuos/m ² (10 – 20 cm)		
Trat.	Medias	Sig.	Trat.	Medias	Sig.	Trat.	Medias	Sig.
T ₃	285.20	a	T ₃	188.90	a	T ₃	96.30	a
T ₆	274.10	a	T ₆	185.20	a	T ₁	88.90	a
T ₁	259.23	a	T ₁	170.37	a	T ₅	88.90	a
T ₅	255.53	a	T ₅	166.67	a	T ₆	88.90	a
T ₄	251.83	a	T ₄	166.63	a	T ₄	85.20	a
T ₂	244.43	a	T ₂	162.93	a	T ₂	81.50	a
T ₇	174.10	a	T ₇	107.40	a	T ₇	66.70	a

Entre tratamientos unidos por la misma letra no existe significación estadística.

T₁= (Compost comedor universitario 20 t/ha)

T₂= (Compost comedor universitario 40 t/ha)

T₃= (Compost comedor universitario 60 t/ha)

T₄= (Compost cáscara de plátano 20 t/ha)

T₅= (Compost cáscara de plátano 40 t/ha)

T₆= (Compost cáscara de plátano 60 t/ha)

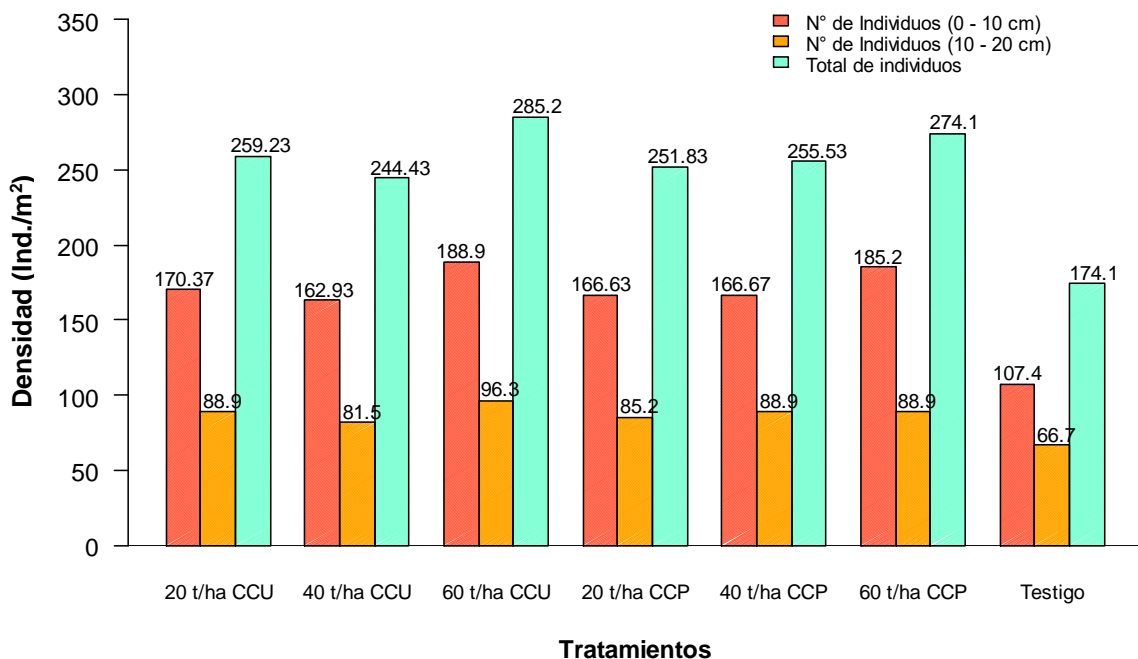
T₇= (Testigo)

Con respecto al efecto de los compost se puede deducir que no existe diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo las dosis más altas de los compost determinan más macrofauna, tal como sucede con la aplicación de 60 t/ha de CCU y CCP alcanzando una densidad total de 285.2 y 274.10 de ind.m⁻² respectivamente, esto indica que existe más individuos donde hay más disponibilidad de alimentos, tal como menciona CAMPOS (2010), que la cantidad de los organismos está determinada por la disponibilidad de los alimentos, como la materia orgánica, los cultivos presentes, la cantidad y calidad de los residuos en la superficie, humedad, temperatura del suelo, textura, etc. por

su parte TUESTA (2015) evaluó la macrofauna de diferentes sistemas de uso del suelo y encontró en promedio 895 ind.m⁻² para el cultivo de maíz a los tres meses después de la siembra.

Con respecto al total de individuos los datos fluctuaron de 285.2 ind.m⁻² en el T₃ = (Compost comedor universitario 60 t/ha) a 174.10 ind.m⁻² en el testigo siendo valores muy bajos comparados con los de VILLALOBOS *et al.* (2000) quien reporta que la variación encontrada en Perú es de 730.0 a 3683.0 ind.m⁻², también PASHANASI (2001); menciona que la densidad total en un bosque primario está en un rango de (382.0 y 853.0 ind.m⁻²), asimismo para bosques secundarios fluctúa de (523.0 y 338.0 ind.m⁻²) mientras que en una plantación agroforestal de palma aceitera la densidad es de 560 ind.m⁻², por su parte CAMPOS (2010), en otro estudio reporta en los cultivos de cacao, plátano, café y yuca, valores de 197.0, 379.0, 587.0 y 229.0 ind.m⁻², respectivamente. Existen varios factores que pueden ser los causantes de la densidad reducida de la biota edáfica, uno de ellos es la constante remoción de malezas que se hizo con la finalidad de mantener limpio la parcela, es decir se dañó mecánicamente la biota de este sitio por efecto de la labranza intensiva. Otro factor es posiblemente es la erosión hídrica, acelerada por la pérdida de la cobertura vegetal (MASS y GARCÍA-OLIVA, 1990). Si bien el número de individuos fue menor en todos los tratamientos (párrafos anteriores), no existe un promedio estándar de los niveles de densidad y biomasa. Según RENDÓN *et al.* (2011), reportan que la densidad y biomasa pueden variar de una localidad a otra dependiendo del tipo, uso, función y de los factores de formación del suelo; por otro lado, la variabilidad de los invertebrados, se debe

a la sensibilidad al estrés y cambio ambiental en condiciones del suelo y diferentes prácticas de manejo del suelo. Del total de individuos encontrados, existe en mayor cantidad las lombrices (*Oligochaeta*) más que otras especies, porque al momento de realizar los muestreos se encontraron tierras muy húmedas debido a las intensas lluvias (mes de diciembre) (Cuadro 8) existiendo pocas hormigas (*Hymenoptera*) y especies que viven en ambientes secos. Al respecto por RENDÓN *et al.* (2011), sustentan que las variables ambientales como temperaturas altas y regímenes hídricos, pueden afectar los patrones de distribución de la macrofauna en los suelos tropicales.



CCU = Compost comedor universitario.

CCP = Compost de cáscara de plátano.

Figura 8. Densidad (Individuos/m²) de macrofauna de los siete tratamientos.

4.4 Evaluación de la altura de las plantas de maíz

El Cuadro 17 muestra el análisis de variancia para la altura y el área debajo de la curva de la altura (ADCA) de las plantas de maíz, donde existen

diferencias estadísticas significativas para el efecto de bloques y tratamientos, este último indica que al menos un tratamiento fue diferente. Los coeficientes de variabilidad (5.18 y 3.23 %) indican una excelente homogeneidad entre sus unidades experimentales.

Cuadro 17. Análisis de variancia para el promedio de altura (cm) y el ADCA en plantas de maíz a los 75 DDS.

Fuente de variación	G.L.	Altura (cm)			ADCA (u ²)		
		SC	CM	Sig.	SC	CM	Sig.
Tratamiento	6	6315.07	1052.512	AS	9350146.92	1558357.820	AS
Bloque	2	1256.08	628.037	S	1586257.79	793128.899	AS
Error	12	1325.32	110.44		674708.28	56225.69	
Total	20	8896.47			11611113.00		
CV (%)		5.18			3.23		

S: Significación altamente estadística al 5 % de probabilidad.
 AS: Significación altamente estadística al 1 % de probabilidad.
 ADCA: Área debajo de la curva de crecimiento (altura) de la planta.

En el Cuadro 18 se muestra la prueba de comparación múltiple de Tukey ($\alpha = 0.05$) para el parámetro altura de planta y el área debajo de la curva de crecimiento de la planta. Donde se encontró que el tratamiento T₂ (Compost comedor universitario 40 t/ha) alcanzó el máximo valor de altura con 216.81 cm, sin diferenciarse estadísticamente de los T₃ (Compost comedor universitario 60 t/ha), T₅ (Compost cáscara de plátano 40 t/ha), T₆ (Compost cáscara de plátano 60 t/ha), T₄ (Compost cáscara de plátano 20 t/ha) y T₁ (Compost comedor universitario 20 t/ha), que alcanzaron valores de 215.97, 213.96, 209.93 y 202.53 cm respectivamente. El testigo estadísticamente fue diferente a los demás tratamientos alcanzando una altura promedio de planta de

163.63 cm. Para el ADCA se encontró la misma tendencia donde el T₂ (Compost comedor universitario 40 t/ha) alcanzó la mayor área con un valor de 6991.56 u² diferenciándose únicamente con el testigo que tuvo un valor de 4955.11u², de lo descrito se puede inferir que pese a que no hay diferencias estadísticas entre los compost, existe superioridad numérica de los tratamientos T₃ (Compost comedor universitario 40 t/ha) y T₂ (Compost comedor universitario 60 t/ha) quienes mostraron mayor altura de planta con 216.81 y 215.97 cm respectivamente, hecho que se le atribuye al mayor contenido de nitrógeno que tiene el compost del comedor universitario (2.01 %) con respecto al compost de cáscara de plátano (1.44 %) contenidos que están en el rango dado por SIKORA y ENKIRI, (2001), el que es 1-3 % de Nitrógeno y la tasa de mineralización cercana al 10 %, este macronutriente tiene mucha influencia en el crecimiento y desarrollo del maíz, pues se sabe que el maíz es uno de los cereales que más extrae nitrógeno en la producción en campo (MENGEL y KIRBY, 2000) por lo que investigaciones hechas por KANDIL (2013), reporta que la altura de planta aumentó con niveles incrementales de nitrógeno. Con respecto a las dosis, se observa que no hay sincronización con la altura de planta es decir no hay correlación lineal entre ellos, sin embargo se observa que en ambos compost la altura soporta un incremento hasta la dosis de 40 t/ha, situación que se revierte a un máxima (60 t/ha), mediante este resultado se puede aseverar que la materia orgánica en grandes cantidades puede provocar fitotoxicidad por ejemplo la mineralización rápida puede ser benéfica si coincide con una alta demanda del cultivo por nutrimentos. Sin embargo, las compostas inmaduras también se caracterizan por volatilización del nitrógeno (HADAS *et al.*, 1983), fitotoxicidad (ZUCCONI *et al.*, 1981) entre otros efectos negativos.

Cuadro 18. Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para los promedios de altura y ADCA de las plantas de maíz por efecto de la incorporación del compost.

Altura			ADCA		
Tratamientos	cm	Sig.	Tratamientos	u ²	Sig.
T ₂	216.81	a	T ₂	6991.56	a
T ₃	215.97	a	T ₅	6957.92	a
T ₅	213.96	a	T ₃	6927.71	a
T ₆	209.93	a	T ₆	6803.58	a
T ₄	202.53	a	T ₄	6607.39	a
T ₁	197.75	a	T ₁	6493.13	a
T ₇	163.63	b	T ₇	4955.11	b

Entre tratamientos unidos por la misma letra no existe significación estadística.

ADCA: Área debajo de la curva de crecimiento (altura) de la planta.

T₁= (Compost comedor universitario 20 t/ha)

T₂= (Compost comedor universitario 40 t/ha)

T₃= (Compost comedor universitario 60 t/ha)

T₄= (Compost cáscara de plátano 20 t/ha)

T₅= (Compost cáscara de plátano 40 t/ha)

T₆= (Compost cáscara de plátano 60 t/ha)

T₇= (Testigo)

El testigo (0 t/ha de compost) tuvo una altura de planta menor de 163.63 cm, esto indica el efecto benéfico de los compost en la altura del maíz, básicamente por las bondades que ofrece la materia que al ser incorporadas al suelo mejoran sus propiedades físicas, químicas y biológicas (CARTER *et al.*, 2003).

En general el compost del comedor universitario fue aritméticamente mejor en altura de planta especialmente los tratamientos (40 y 60 t/ha), frente a la incorporación del compost de cáscara de plátano, debido a que esta proporciona más nitrógeno, nutriente necesario en maíz, por lo que es necesario utilizar un compost de acuerdo a los requerimientos de los cultivos, pues cada abono orgánico tiene diferente composición química y precisamente la ausencia de elementos nitrogenados casi siempre es una

carencia tal como afirma ZAVALA (2014), que el porcentaje de nutrientes aportados es mínimo y depende del tipo de residuo transformado. El área debajo de curva del crecimiento de la planta es un método para analizar datos longitudinales, es decir cuando se tienen varias observaciones de una misma planta que están correlacionados, esto nos muestra que las aplicaciones del compost fueron estadísticamente iguales y superior al testigo en todas las evaluaciones. Esto se puede observar claramente en la Figura 9 donde muestra las curvas de crecimiento de la altura del maíz, con los datos de la evaluación realizada cada 15 días durante la ejecución de la investigación por tres meses, la Figura 9.A, muestra los datos originales y la Figura 9.B, muestra el ajuste no lineal por el método de mínimos cuadrados ordinarios, donde no se explicaran los significados biológicos de los parámetros del modelo, sin embargo es una buen aproximación a los datos originales donde se observa el efecto de la incorporación del compost frente al testigo.

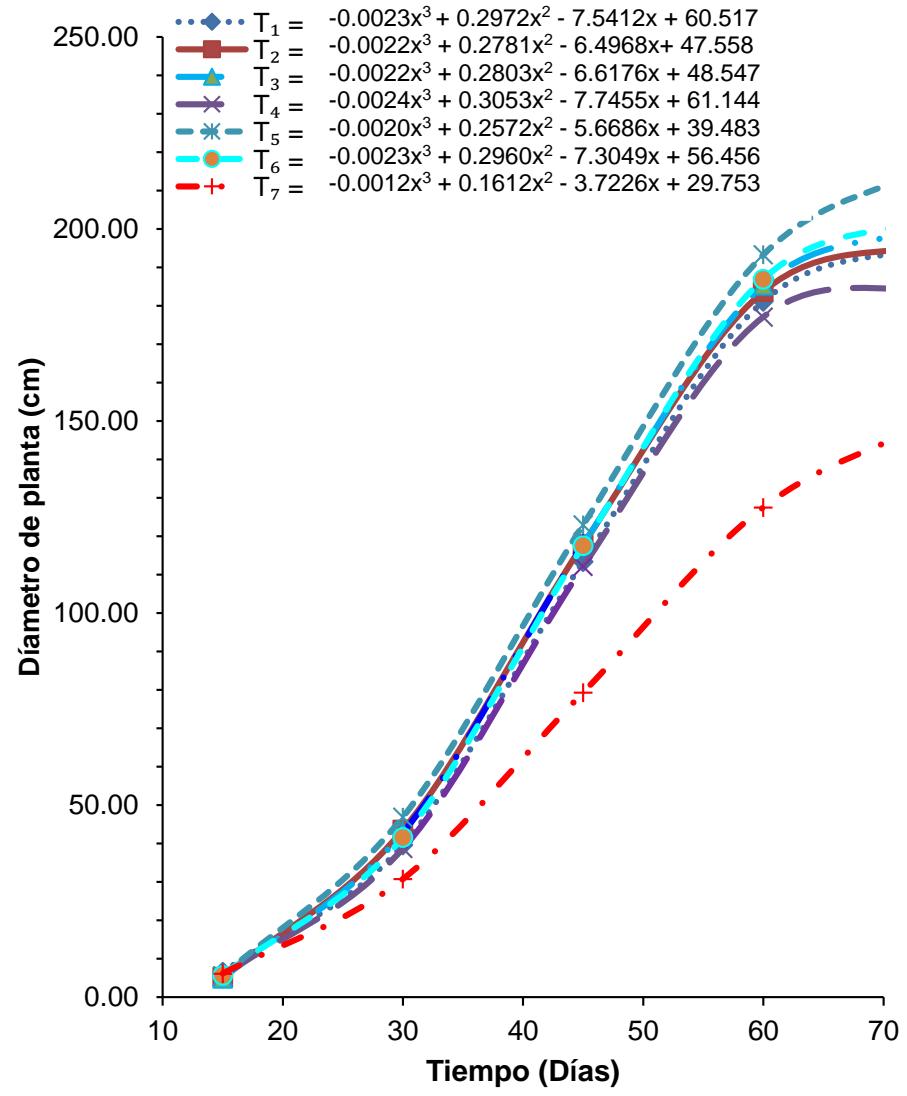
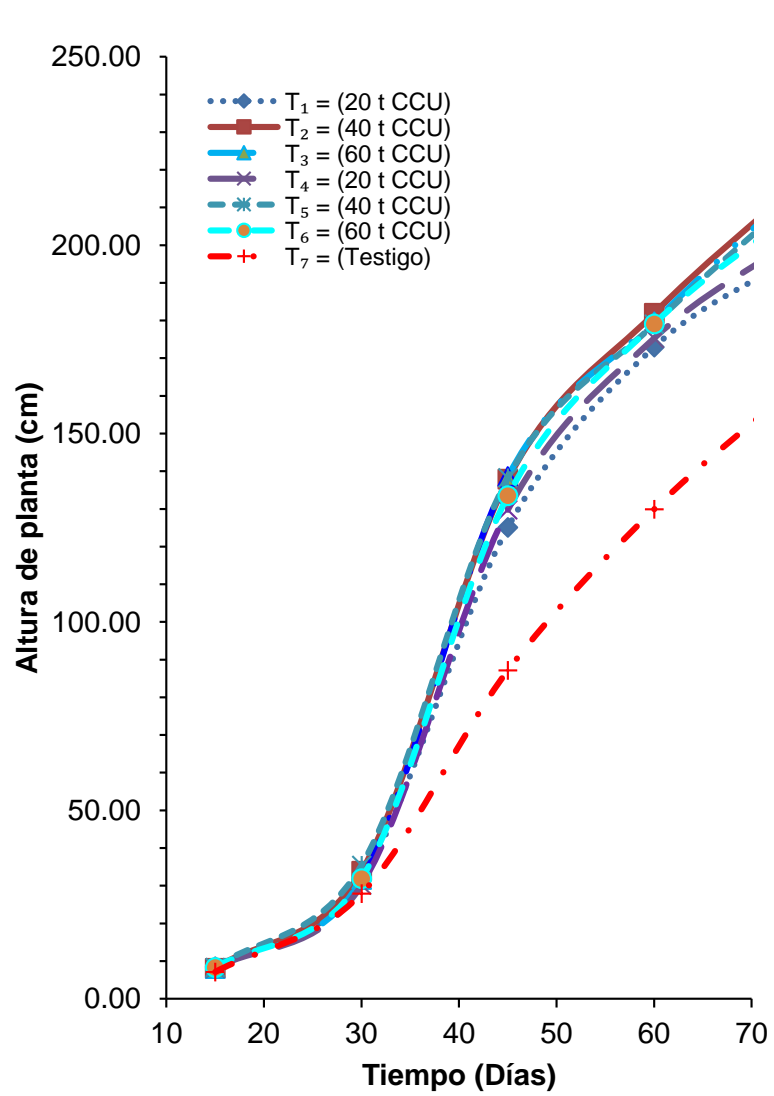


Figura 9. Evolución temporal de la altura de planta.

4.5 Evaluación del diámetro de las plantas de maíz

Del análisis de variancia (Cuadro 19), se puede inferir que por lo menos existe diferencia estadística significativa para el efecto de bloques y tratamientos tanto para el parámetro de diámetro de planta y para el área debajo de la curva de crecimiento del diámetro (ADCD); El coeficiente de variabilidad del parámetro del diámetro del tallo de maíz y para el ADCD es de 3.32 y 3.97 % respectivamente, indicando que hay excelente homogeneidad, es decir que las unidades experimentales fueron uniformes en cada tratamiento.

Cuadro 19. Análisis de variancia del promedio de diámetro (cm) y el ADCD en plantas de maíz a los 75 DDS.

Fuente de variación	G.L	Diámetro (cm)			ADCD (u ²)		
		SC	CM	Sig.	SC	CM	Sig.
Tratamiento	6	96.556	16.09	AS	232633.51	38772.25	AS
Bloque	2	9.15	4.57	S	30839.06	15419.53	S
Error	12	9.74	0.81		27020.65	2251.721	
Total	20				290493.23		
CV (%)		3.32			3.97		

S: Significación altamente estadística al 5 % de probabilidad.

AS: Significación altamente estadística al 1 % de probabilidad.

ADCA: Área debajo de la curva de crecimiento (diámetro) de la planta.

Realizada la prueba de comparación de Tukey (Cuadro 20) se observa que para el diámetro de planta no se encontró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos T₅ (Compost cáscara de plátano 40 t/ha), T₂ (Compost comedor universitario 40 t/ha) , T₃ (Compost comedor universitario 60 t/ha), T₆ (Compost cáscara de plátano 60 t/ha), T₁ (Compost comedor

universitario 20 t/ha) y T₄ (Compost cáscara de plátano 20 t/ha) al alcanzar valores de 28.57, 28.37, 28.31, 28.00 y 27.32 mm respectivamente.

Cuadro 20. Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para el promedio del diámetro del tallo y el ADCD de las plantas de maíz por efecto de la incorporación del compost.

Diámetro			ADCD		
Tratamiento	Medias	Sig.	Tratamiento	Medias	Sig.
T ₅	28.57	a	T ₃	1273.52	a
T ₂	28.37	a	T ₅	1262.66	a
T ₃	28.31	a	T ₂	1260.91	a
T ₆	28.00	a	T ₆	1233.91	a
T ₁	27.32	a	T ₄	1205.66	a
T ₄	27.19	a	T ₁	1177.81	a
T ₇	21.99	b	T ₇	948.96	b

Entre tratamientos unidos por la misma letra no existe significación estadística.

ADCD: Área debajo de la curva de crecimiento (diámetro) de la planta.

T₁= (Compost comedor universitario 20 t/ha)

T₄= (Compost cáscara de plátano 20 t/ha)

T₇= (Testigo)

T₂= (Compost comedor universitario 40 t/ha)

T₅= (Compost cáscara de plátano 40 t/ha)

T₃= (Compost comedor universitario 60 t/ha)

T₆= (Compost cáscara de plátano 60 t/ha)

Similar tendencia se dio para el área debajo de la curva de crecimiento del diámetro de la planta (ADCD), donde el mejor resultado lo obtuvo el tratamiento T₃ (Compost comedor universitario 60 t/ha) con un área de 1273.52 u², sin diferenciarse de los demás tratamientos. El testigo fue diferente a los demás tratamientos obteniendo un diámetro y un ADCD de 21.99 mm y 948.96 u² respectivamente; en los párrafos anteriores se puede ver el efecto superior de la materia orgánica con respecto al testigo debido a su influencia en el desarrollo y crecimiento de la planta tal como lo señala ANTÓN (1992), que el aumento del contenido de la materia orgánica mejora varias propiedades del suelo,

especialmente las propiedades químicas tales como el pH, CE, CIC y nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas incluyendo N, P y K (THANGARANJAN *et al.*, 2013). Con respecto al testigo, aunque no le aplicó ningún compost fue favorecido por la actividad de bacterias fijadoras de N presentes naturalmente en esas condiciones edáficas. En efecto, CVIJANOVIC y DOZET (s/año) reportan que, con inoculación de bacterias fijadoras de nitrógeno, aumentó la altura de planta.

El área debajo de la curva del crecimiento del diámetro de la planta nos muestra que las aplicaciones del compost fueron estadísticamente iguales y superior al testigo en todas las evaluaciones, de lo que se puede inferir que no existe diferencias estadísticas entre los compost a lo largo de cada evaluación.

La Figura 10 muestra las curvas de crecimiento del diámetro de planta, con los datos de la evaluación realizada cada 15 días durante la ejecución de la investigación por tres meses, asimismo la Figura 10.A, muestra los datos originales y la Figura 10.B, muestra el ajuste logarítmico por método de mínimos cuadrados ordinarios, donde se puede ver que la tasa de crecimiento del diámetro es promedio de la derivada de la función evaluada en cada punto, en nuestro caso para el tratamiento T₇ (Testigo) su derivada es $9.166^* (1/x)$, reemplazando y promediando nos da como resultado 0.28 cm de incremento diario, las mayores tasas lo alcanzaron las aplicaciones de materia orgánica.

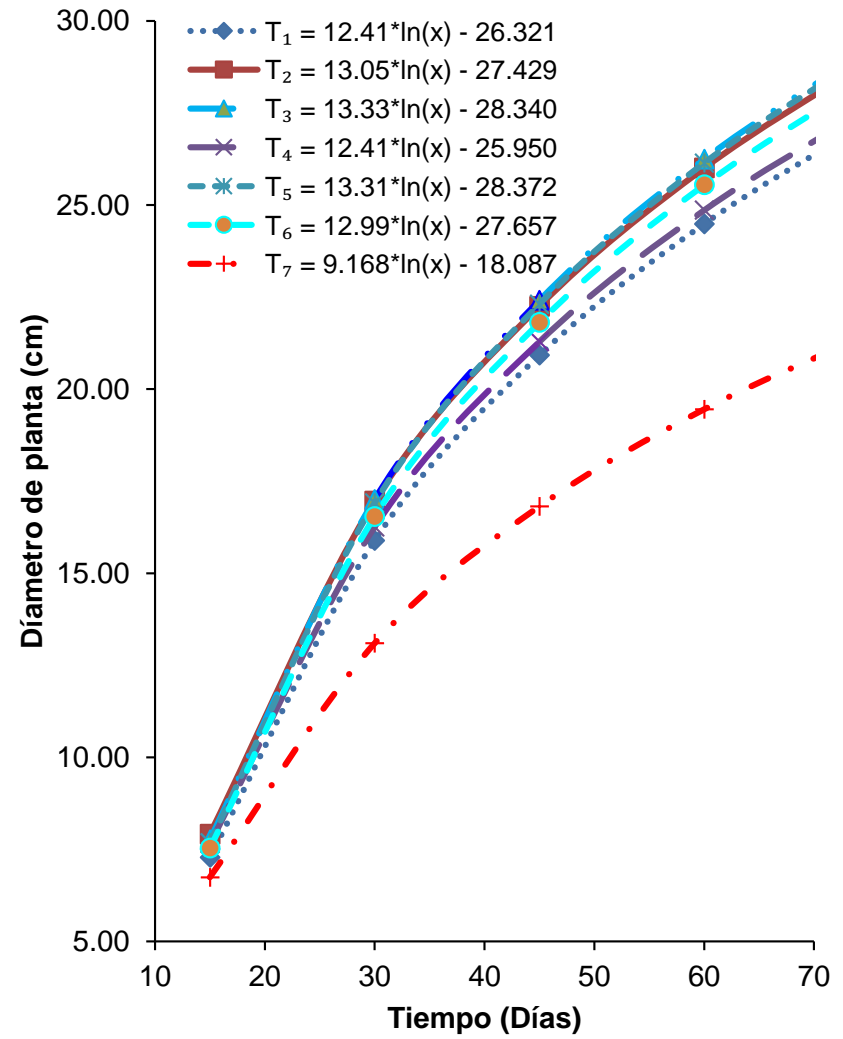
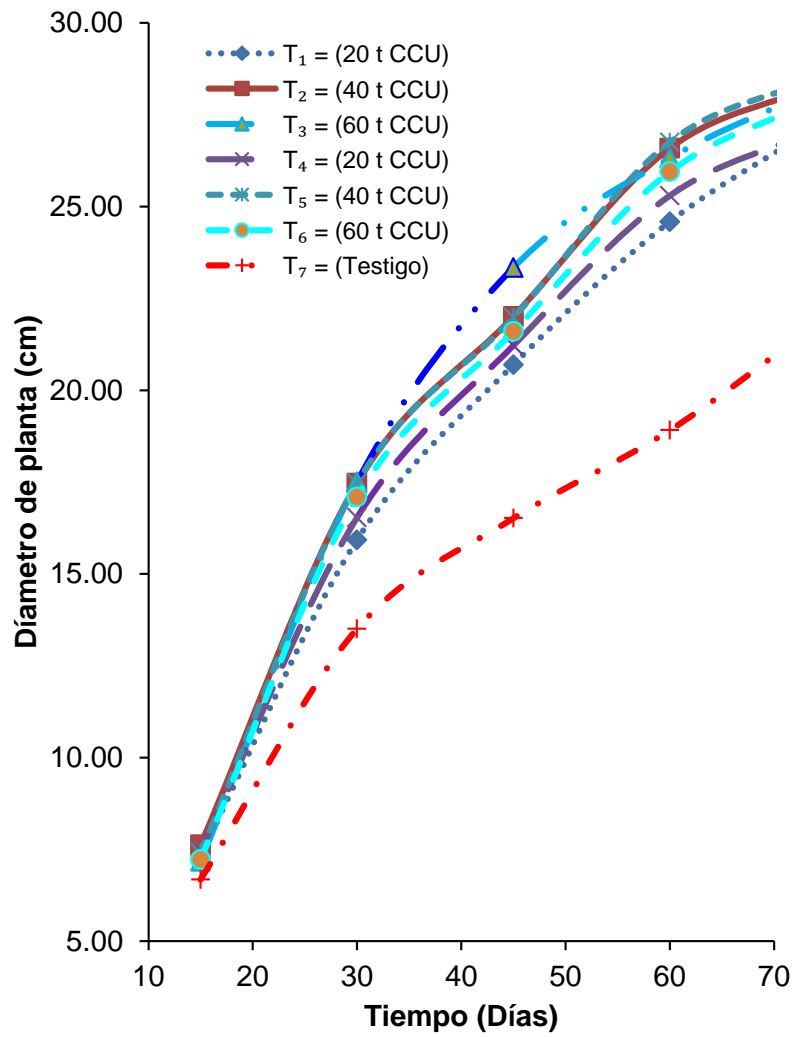


Figura 10. Evolución temporal del diámetro de planta.

4.6 Peso fresco y seco del maíz

Del análisis de variancia (Cuadro 21) para el peso fresco (g) y el peso seco (g) de las plantas de maíz, se infiere que existen diferencias estadísticas significativas para el efecto de bloques y tratamientos, este último indica que al menos un tratamiento fue diferente. Los coeficientes de variabilidad (1.08 y 5.50 %) indican una excelente homogeneidad entre sus unidades experimentales.

Cuadro 21. Análisis de variancia para el peso fresco y peso seco del maíz por efecto de la incorporación del compost.

Fuente de variación	G.L	Peso fresco (g)			Peso seco (g)		
		SC	CM	Sig.	SC	CM	Sig.
Tratamiento	6	15483.97	2580.66	AS	3031.67	505.28	AS
Bloque	2	2.43	1.21	AS	19.20	9.60	AS
Error	12	20.61	1.72		173.06	14.42	
Total	20	15507.01			3223.93		
CV (%)		1.08			5.50		

S: Significación altamente estadística al 5 % de probabilidad.
 AS: Significación altamente estadística al 1 % de probabilidad.

Realizada la prueba de comparación de Tukey para comparaciones múltiples (Cuadro 22 y Figura 11), para el peso fresco y seco, se observa que existe diferencia estadística significativas el cual confirma los resultados arrojados por el análisis de varianza, el tratamiento T₃ (Compost comedor universitario 60 t/ha) obtuvo el mayor peso fresco y seco con un valor de 134.8 y 80.56 g respectivamente, que estadísticamente fue igual a los demás tratamientos donde se incorporaron compost; el testigo fue estadísticamente diferente a los

demás tratamientos, indicando el efecto benéfico del compost en el desarrollo y crecimiento del maíz, sobre todo porque modifica la composición química del suelo elevando el pH, contenido de materia orgánica, Nitrógeno, Fósforo y Potasio (Figura 2 y 3); esto es corroborado por ARRIECHE y MOR (2005) quienes apreciaron un efecto favorable de la aplicación de los residuos orgánicos sobre la concentración de nitrógeno en las hojas del maíz.

Cuadro 22. Prueba de comparación de Tukey ($\alpha=0.05$) para el peso fresco y peso seco del maíz por efecto de incorporación del compost.

Peso fresco (g)			Peso seco (g)		
Trat.	Medias	Sig.	Trat.	Medias	Sig.
T ₃	134.38	a	T ₃	80.56	a
T ₆	133.68	a b	T ₆	78.99	a
T ₁	131.93	a b	T ₁	71.47	a
T ₂	131.26	a b	T ₂	70.87	a
T ₅	130.74	a b	T ₄	70.19	a
T ₄	130.41	b	T ₅	69.91	a
T ₇	54.57	c	T ₇	41.33	b

Entre tratamientos unidos por la misma letra no existe significación estadística.

T₁= (Compost comedor universitario 20 t/ha)

T₂= (Compost comedor universitario 40 t/ha)

T₃= (Compost comedor universitario 60 t/ha)

T₄= (Compost cáscara de plátano 20 t/ha)

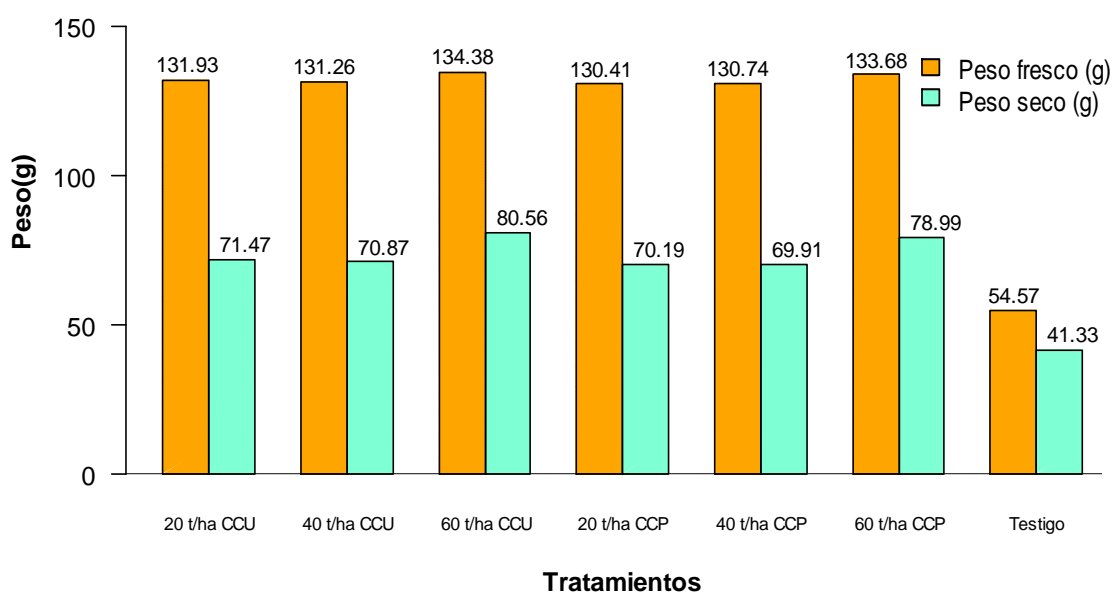
T₅= (Compost cáscara de plátano 40 t/ha)

T₆= (Compost cáscara de plátano 60 t/ha)

T₇ = (Testigo)

Las diferencias aritméticas obedecen a un mayor contenido de agua por parte de los tratamientos que alcanzaron un mayor peso fresco aéreo y que en la mayoría de las ocasiones están correlacionadas con el peso seco, sin embargo, en algunas investigaciones no se ha encontrado que existe reacción directa entre ellos debido a que algunas plantas de porte bajo contenían más materia seca que los portes grandes. Por otro lado, SANTOS (1994), refiere que las plantas subnutridas presentan mayores tenores de materia seca, a

causa de un menor crecimiento resultando hojas más chicas y espesas, en nuestro estudio se encontró relación directa entre ambas variables, lo que nos muestra que el aporte de los nutrientes por parte de los abonos ayudó a incrementar la materia seca de manera proporcional a la dosis de aplicación. En la práctica esto es una ventaja frente a la aplicación convencional debido a que los fertilizantes minerales, principalmente nitrógeno reduce la cantidad de materia seca por simple acumulación de agua en los tejidos.



CCU = Compost comedor universitario.

CCP = Compost de cáscara de plátano.

Figura 11. Peso fresco y seco por efecto de los diferentes tratamientos.

4.7 Inserción de la mazorca y número de hileras/mazorca

Del análisis de varianza se puede inferir que para el número de hileras no se encontró diferencias estadísticas significativas tanto para el efecto de bloques como para los tratamientos, mientras que para la altura de Inserción de la mazorca se evidencia que por lo menos existe diferencias estadísticas

significativas indicando que al menos un tratamiento fue diferente. Los coeficientes de variabilidad van desde excelente a muy buena homogeneidad (10.3 y 0.97 %) los cuales indican que los resultados fueron similares en un mismo tratamiento.

Cuadro 23. Análisis de variancia para la altura de inserción de la mazorca y número de hileras/mazorca.

Fuente de variación	G.L	Altura de Inserción de la mazorca			Número de hileras		
		SC	CM	Sig.	SC	CM	Sig.
Tratamiento	6	0.68	0.113	AS	0.0527	0.0087	NS
Bloque	2	0.107	0.053	S	0.0138	0.0068	NS
Error	12	0.137	0.011		0.1614	0.013	
Total	20	0.927			0.2279		
CV (%)		10.3			0.97		

S: Significación altamente estadística al 5 % de probabilidad.
AS: Significación altamente estadística al 1 % de probabilidad.

Realizada la prueba de comparación de Tukey para comparaciones múltiples (Cuadro 24), para el número de hileras, se observa que no existe diferencia estadística significativas el cual confirma los resultados arrojados por el análisis de varianza, esto debido que en promedio las mazorcas de maíz tuvieron 12 hileras; para la altura de inserción de la mazorca se encontró que la máxima altura lo alcanzó la aplicación del tratamiento T₃ (Compost comedor universitario 60 t/ha) con un valor de 1.26 m, que resultó estadísticamente igual a los demás tratamientos, pero diferente al testigo que alcanzó una altura de inserción de mazorca de 0.68 m.

Cuadro 24. Prueba de comparación de Tukey ($\alpha=0.05$) para la altura de Inserción de la mazorca (m) y el número de hileras por efecto de la incorporación del compost.

Altura de Inserción de la mazorca			Número de hileras		
Trat.	m	Sig.	Trat.	N°	Sig.
T ₃	1.26	a	T ₂	11.96	a
T ₂	1.20	a	T ₃	11.92	a
T ₅	1.18	a	T ₄	11.88	a
T ₆	1.14	a	T ₆	11.88	a
T ₄	1.03	a	T ₅	11.88	a
T ₁	0.98	a b	T ₁	11.87	a
T ₇	0.68	b	T ₇	11.79	a

Entre tratamientos unidos por la misma letra no existe significación estadística.

T₁= (Compost comedor universitario 20 t/ha)

T₂= (Compost comedor universitario 40 t/ha)

T₃= (Compost comedor universitario 60 t/ha)

T₄= (Compost cáscara de plátano 20 t/ha)

T₅= (Compost cáscara de plátano 40 t/ha)

T₆= (Compost cáscara de plátano 60 t/ha)

T₇= (Testigo)

Estos resultados muestran que no existe diferencias significativas para el número de hileras es decir que no existe efecto de los abonos orgánicos en esta variable, debido a que está más relacionada al factor varietal del maíz, por lo que todas las mazorcas tuvieron en promedio 12 hileras, mientras que investigaciones hechas por QUISPE (2017), que encontró para el maíz Marginal 28 - T 13 hileras por mazorca, variación que posiblemente sea a la interacción de la variedad con el ambiente. La mayor altura de mazorca lo obtuvieron donde se incorporó compost ya que alcanzaron una altura de 98 cm, mientras al que no se le aplicó resultó con una altura de 68 cm, hecho que también está correlacionado con la altura de planta por lo que VELÁSQUEZ (1999) menciona que existe una relación directa entre la altura de planta respecto a la de mazorca corno también lo

han registrado otros investigadores, sin embargo ESPINOZA (2002) manifiesta que no existe relación directa entre la altura de planta - rendimiento y altura de mazorca - rendimiento.

Según INIA- HUARAL (1997), la altura de mazorca esta entre 1.00 a 1.1 valor que es superado en nuestra investigación por T₂ (Compost comedor universitario 40 t/ha), T₃ (Compost comedor universitario 60 t/ha), T₅ (Compost cáscara de plátano 40 t/ha) y T₆ (Compost cáscara de plátano 60 t/ha) al tener una 1.26, 1.20, 1.18 y 1.14 cm respectivamente, indicando que a mayor dosis aumenta la altura de mazorca especialmente para el compost del comedor universitario (UNAS) que superó en todas las dosis al compost de cáscara de plátano que alcanzó una altura de mazorca por debajo de 1.18 cm, esto debido que el CCU aporta mayor contenido de materia orgánica y nitrógeno (Figura 2) siendo este último indispensable para el desarrollo y crecimiento del maíz, por su parte QUISPE (2017), encontró para el maíz Marginal 28 - T una altura de mazorca de 106 cm, estos resultados podrían variar por la estación del año pues se sabe en tiempos de invierno existe mayor disponibilidad de agua que podrían influenciar en la altura de planta y altura de mazorca.

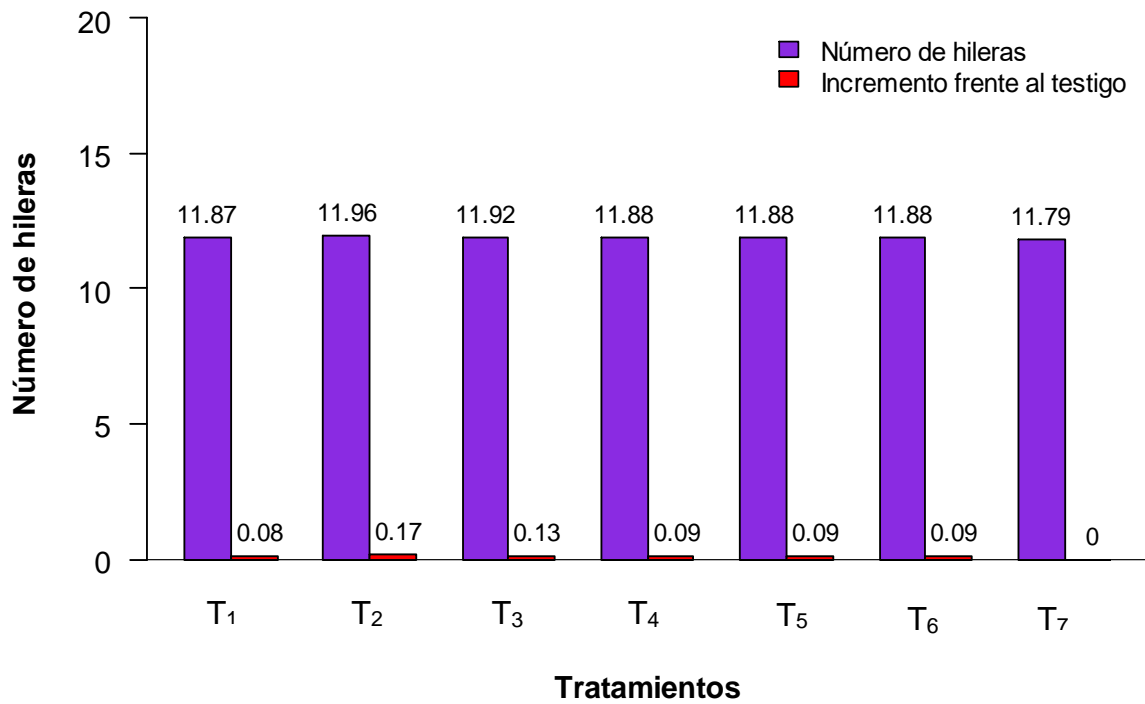


Figura 12. Efecto de la incorporación del compost en el número de hileras de las mazorcas de maíz.

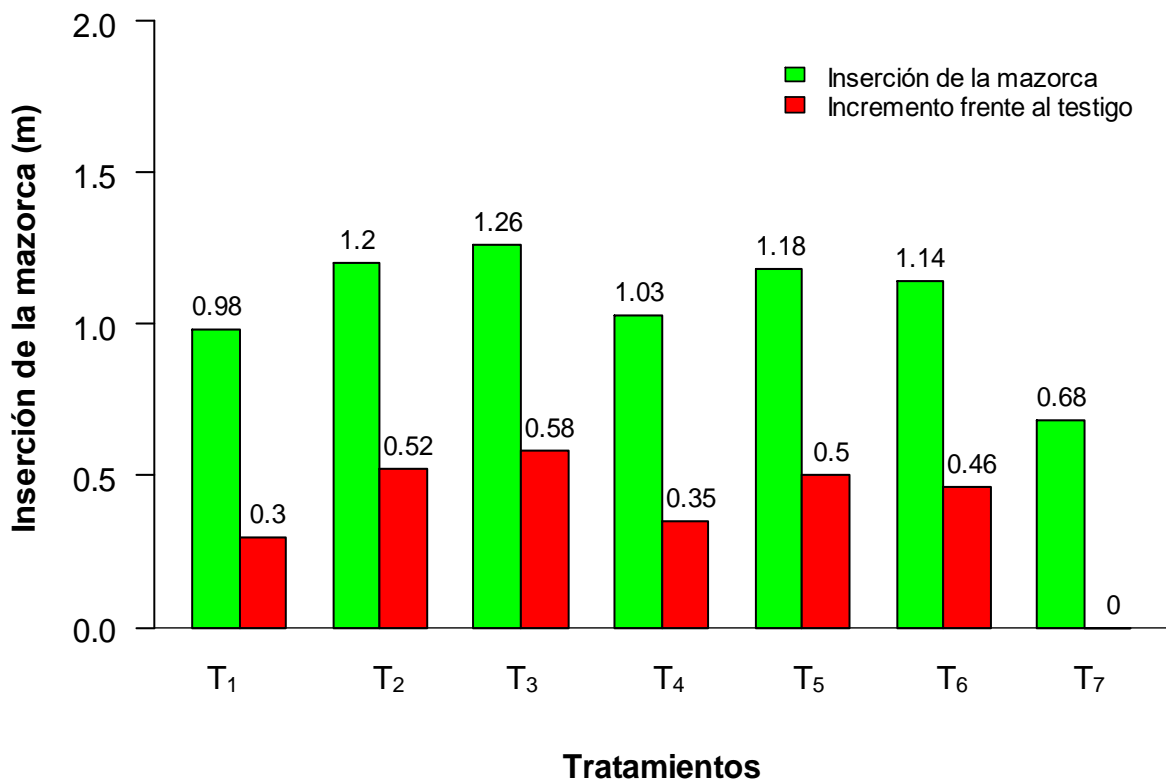


Figura 13. Efecto de la incorporación del compost en la altura de mazorca.

4.8 Peso de mazorca, peso de 100 semillas y rendimiento

Del análisis de varianza (Cuadro 25) se puede inferir que para el efecto de bloques no existe significancia estadística para ninguno de los parámetros, mientras que para el efecto de tratamientos existe alta significancia estadística para el peso de mazorca y rendimiento, esto indica que existe algún tratamiento diferente al otro por efecto de la aplicación del compost. Para el peso de 100 semillas no existe significancia estadística, el cual indica que todos los tratamientos tuvieron un efecto similar. Los coeficientes tienen excelente homogeneidad (1.10, 1.30 y 3.36 %) los cuales indican que los resultados fueron similares en mismo tratamiento.

Cuadro 25. Análisis de varianza para peso de mazorca, peso de 100 semillas y rendimiento.

Fuente de variación	G.L	Peso de mazorca (g)		Peso de 100 semillas (g)		Rendimiento (t/ha)	
		CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.
Tratamiento	6	103.92	AS	0.289	NS	2.842	AS
Bloque	2	1.2913	NS	0.006	NS	0.08	NS
Error	12	4.64		0.200		0.16	
Total	20						
CV (%)		1.10		1.30		3.36	

S : Significación altamente estadística al 5 % de probabilidad.

AS : Significación altamente estadística al 1 % de probabilidad.

ADCA : Área debajo de la curva de crecimiento (altura) de la planta.

Al realizar la prueba de Tukey para comparaciones múltiples (Cuadro 26), para el peso de 100 semillas los resultados fluctuaron desde 34.69 g en el tratamiento T₂ (Compost comedor universitario 40 t/ha) a 33.08 en el testigo, sin diferenciarse estadísticamente entre ellos, hecho que confirma lo encontrado

por al análisis de varianza. Para el peso de mazorca se encontró que los tratamientos T₆, T₂, T₅, T₃, T₁ y T₄ no se diferenciaron estadísticamente al obtener pesos de 199.06, 198.43, 198.33, 198.04, 197.65 y 196.97 g respectivamente; el testigo fue estadísticamente diferente a los demás al obtener un menor peso de mazorca, cuyo valor es de 182.6 g.

Cuadro 26. Prueba de comparación de Tukey ($\alpha=0.05$) peso de mazorca, peso de 100 semillas y rendimiento de maíz por efecto de la incorporación del compost.

Peso de mazorca			Peso de 100 semillas			Rendimiento		
Trat.	g	Sig.	Trat.	g	Sig.	Trat.	t/ha	Sig.
T ₆	199.06	a	T ₂	34.69	a	T ₃	6.02	a
T ₂	198.43	a	T ₆	34.63	a	T ₆	5.81	a b
T ₅	198.33	a	T ₃	34.53	a	T ₅	5.29	a b
T ₃	198.04	a	T ₄	34.49	a	T ₂	5.22	a b
T ₁	197.65	a	T ₅	34.44	a	T ₁	5.04	a b
T ₄	196.97	a	T ₁	34.16	a	T ₄	4.86	b
T ₇	182.6	b	T ₇	33.80	a	T ₇	3.04	c

Entre tratamientos unidos por la misma letra no existe significación estadística.

T₁= (Compost comedor universitario 20 t/ha)

T₄= (Compost cáscara de plátano 20 t/ha)

T₇= (Testigo)

T₂= (Compost comedor universitario 40 t/ha)

T₅= (Compost cáscara de plátano 40 t/ha)

T₃= (Compost comedor universitario 60 t/ha)

T₆= (Compost cáscara de plátano 60 t/ha)

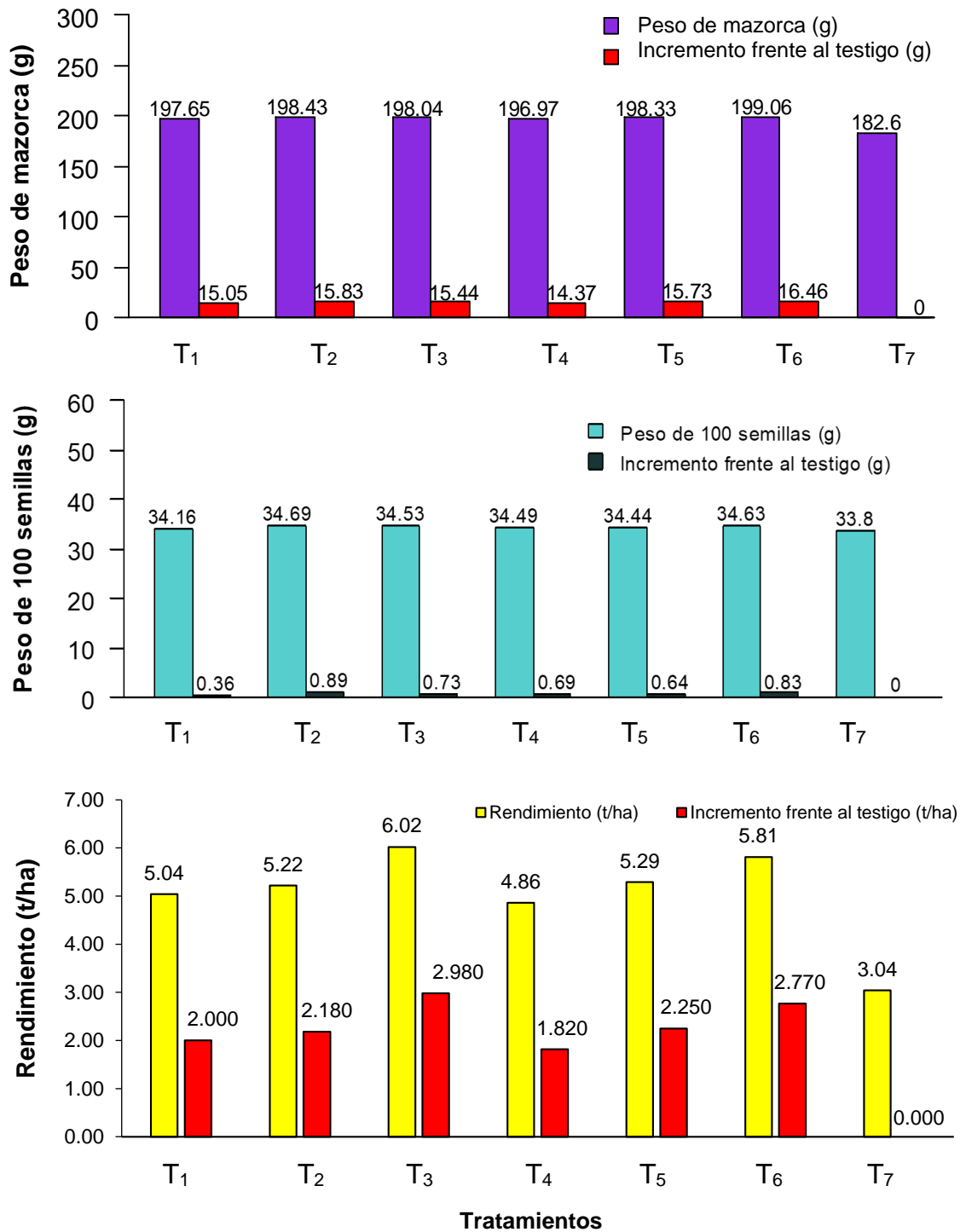
Para el rendimiento del maíz Marginal 28 -T se puede inferir que no existe diferencias estadísticas entre los tratamientos T₃ (Compost comedor universitario 60 t/ha), T₆ (Compost cáscara de plátano 60 t/ha), T₅ (Compost cáscara de plátano 40 t/ha), T₂ (Compost comedor universitario 40 t/ha), T₁ (Compost comedor universitario 20 t/ha) y T₄ (Compost cáscara de plátano 20 t/ha) al obtener rendimiento de 6.02, 5.81, 5.29, 5.22, 5.04 y 4.86 t/ha de maíz Marginal 28 -T respectivamente; por su parte el testigo alcanzó un rendimiento de 3.04 t/ha diferenciándose estadísticamente de los demás tratamientos. Estos

rendimientos para el Marginal 28 - T son corroborados por HUANUQUEÑO (2004), en Tingo María y Huánuco, trabajó con maíz marginal 28 - T y obtuvo un rendimiento de 4186.47 kg/ha. Asimismo, CHÁVEZ (1998), en el mismo lugar obtuvo un rendimiento en grano de maíz marginal 28 - T de 6.416 t/ha. Por otro lado resultados muestran la superioridad de la incorporación de compost al suelo que a medida se le aumenta la dosis resulta mayor el rendimiento tal como ocurre con los tratamientos T₃ (Compost comedor universitario 60 t/ha) y T₆ (Compost cáscara de plátano 60 t/ha) que alcanzaron una producción de 6.02 y 5.81 t/ha, esto es debido a que la incorporación de materia orgánica produjo cambios físicos, químicos y biológicos favorables en el suelo, esto se puede observar en el Cuadro 5, donde el pH se incrementó de 5.10 a más de 5.67, haciendo más disponibles a los nutrientes, la materia orgánica paso de 1.95 % a más de 2 % incrementando la cantidad de nitrógeno, asimismo se incrementó el fósforo y el potasio, en general se incrementó la CIC haciendo más disponible los nutrientes para el maíz, resultado que es corroborado por ARARAT (2006); CARTER *et al.* (2003), quienes mencionan que la materia orgánica incrementa el rendimiento de un cultivo debido al mayor contenido de elementos como N, P, K y la CIC, y su posible disponibilidad en la absorción del suelo, complementando con el mejoramiento de algunas propiedades físicas como la densidad aparente, conductividad hidráulica y el índice de estabilidad de agregados; en la parte física el compost produjo suelos más estructurados con densidades por debajo de 1 g/cm³ que favorecieron el crecimientos de las raíces del maíz (ARARAT, 2006); en la parte biológica el número de individuos se incrementó de 174 a más de 244 Ind./m² favoreciendo a la estructura el suelo.

Con respecto al tipo de abono incorporado al suelo se encontró que en cada dosis, el compost del comedor universitario (CCU) fue superior al compost de cáscara de plátano (CCP) hecho que se puede observar en la Figura 13, donde la aplicación de 20 t/ha de CCU fue superior a la aplicación de 20 t/ha de el CCP al obtener 180 kg más de maíz; para las demás dosis el efecto fue similar por lo que se cree que los mejores resultados obtenidos por CCU radica en el nitrógeno existente en los residuos sólidos biodegradables tales como las hortalizas que abastecieron de nitrógeno, restos de frutas como son cáscaras de naranja que es una fuente alta en carbono (SOTO, 2003), restos de cáscara de huevo aportaron carbono a la mezcla; todos estos materiales favorecen a que tenga el mayor porcentaje de carbono y también de nitrógeno en ese sentido CASTILLO (2015) menciona que la diferencia de contenido de nitrógeno se atribuye a la variación de los insumos en los abonos, asimismo estos resultados son corroborados por el Cuadro 3 donde se encontró que el CCU tuvo un contenido de nitrógeno de 2.01 % mientras que el CCP solo 1.44 % , si bien la cáscara de plátano no tiene mucha riqueza de N no obstante representan una fuente natural de Potasio y Fósforo, que son macronutrientes importantes que necesita el maíz. Sin embargo, los altos requerimientos de N por el maíz hacen que obtenga resultados inferiores hecho que es corroborado por TISDALE y NELSON (1991) quienes indican que, en comparación de los demás cultivos, el maíz extrae cantidades importantes de nitrógeno. Por lo mencionado en párrafos anteriores se puede indicar que antes de usar un compost se debe tener en cuenta su composición, es decir la calidad, en especial el contenido de nitrógeno si el cultivo a abonar es maíz, en

ese sentido PAUL y CLARK (1996) estableció que el nivel óptimo para un buen abono orgánico debe tener nitrógeno mayor al 2 %, coincidiendo con MELÉNDEZ y SOTO (2003), quienes mencionan que un compost comercialmente aceptable debe contener más del 2 % de nitrógeno en nuestro caso ningún tratamiento sobrepasa el nivel óptimo, tal como se ve en el Cuadro 5 donde el compost del comedor universitario en sus diferentes dosis está en un rango de 0.1 a 0.13, mientras que en el compost de cáscara de plátano el contenido de N varia de 0.09 a 0.12, esto indica que no son abonos de buena calidad, al respecto SOTO (2003), menciona que los bajos niveles de nitrógeno en el compost, es una de las principales limitantes para los productores, por lo que el manejo del nitrógeno en el proceso de compostaje se convierte en un elemento clave para el éxito.

El testigo sin aplicación alcanzó un rendimiento de maíz de 3.04 t/ha siendo estadísticamente menor que todos los tratamientos esto indica que existe un efecto significativo por parte de los compost; efectos similares encontraron ARRIECHE y MORA (2005), quienes mostraron la eficiencia de la MO en suelos ácidos y alcalinos al obtener rendimientos 4.5 y 6.3 t/ha de maíz respectivamente superior al testigo que alcanzó menos de 5.7 t/ha. Asimismo, KYUNG-HWA *et al.* 2004, encontró que el rendimiento de maíz varió de 2152 a 3616 kg de grano ha⁻¹ entre tratamientos; el valor más bajo fue para la dosis baja de fertilización sin abono, y el más alto para la dosis alta de fertilización con humus de lombriz mejoró el rendimiento de grano del maíz.



T₁= (Compost comedor universitario 20 t/ha) T₄= (Compost cáscara de plátano 20 t/ha) T₇= (Testigo)
 T₂= (Compost comedor universitario 40 t/ha) T₅= (Compost cáscara de plátano 40 t/ha)
 T₃= (Compost comedor universitario 60 t/ha) T₆= (Compost cáscara de plátano 60 t/ha)

Figura 14. Efecto de la aplicación del compost en el peso de mazorca, peso de 100 semillas y el rendimiento.

4.9 Análisis de rentabilidad

Para poder decidir los mejores tratamientos se tuvo en cuenta la máxima utilidad que se le saca a la inversión, es decir la rentabilidad que en este caso se midió por la relación beneficio costo; asimismo los costos resumidos se indican en el Cuadro 27, de donde se puede apreciar que las rentabilidades están en función a la cantidad de abono utilizado es así que el testigo alcanzó la mayor rentabilidad con un valor de S/. 0.97, esto debido a que no se le aplicó ningún abono el cual hace que el costo de producción sea menor; por su parte las aplicaciones de 20 t/ha de CCP y CCU resultaron con rentabilidades de 1.23 y 1.15 soles, asimismo las aplicaciones de 40 t/ha de CCP y CCU resultaron con rentabilidades de 0.76 y 0.78 soles respectivamente, mientras que las aplicaciones del compost a una dosis de 60 t/ha alcanzó una rentabilidad por debajo de 0.65 soles.

Cuadro 27. Análisis de rentabilidad de los tratamientos.

Tratamientos	Rdto. (t ha ⁻¹)	Valor Bruto S/.	Costo Prod. S/.	Costo x kg.	Utilidad	B/C	Rentabilidad (%)
T ₁	5.04	7056.00	3160.50	0.63	3895.50	1.23	123.26
T ₂	5.22	7308.00	4160.50	0.80	3147.50	0.76	75.65
T ₃	6.02	8428.00	5160.50	0.86	3267.50	0.63	63.32
T ₄	4.86	6804.00	3160.50	0.65	3643.50	1.15	115.28
T ₅	5.29	7406.00	4160.50	0.79	3245.50	0.78	78.01
T ₆	5.81	8134.00	5160.50	0.89	2973.50	0.58	57.62
Testigo	3.04	4256.00	2160.50	0.71	2095.50	0.97	96.99

Precio del maíz = 1.40 S/. B/C = Beneficio Costo.

T₁= (Compost comedor universitario 20 t/ha)

T₂= (Compost comedor universitario 40 t/ha)

T₃= (Compost comedor universitario 60 t/ha)

T₄= (Compost cáscara de plátano 20 t/ha)

T₅= (Compost cáscara de plátano 40 t/ha)

T₆= (Compost cáscara de plátano 60 t/ha)

T₇= (Testigo)

Uno de los factores que podrían haber influenciado en los resultados es la exigencia edafoclimática de la variedad de maíz en nuestro caso Marginal 28 - T es una planta que se ha introducido a diferentes climas es decir es menos exigente, por lo que el testigo logro un buen rendimiento, en ese sentido los análisis de rentabilidad podrían variar bajo otro escenario debido a que están sujetos a muchos factores tales como clima, precios y otros. Por lo mencionado en el párrafo anterior, aunque la aplicación de abonos orgánicos no tenga buena rentabilidad para un análisis económico convencional estos alcanzarían resultados superiores si se le aplica el precio orgánico, ya que estos abonos aportan muchos beneficios al suelo debido a que cambian de manera favorable sus propiedades físicas, biológicas y químicas que al ser valorados económicamente podrían tener mayores rentabilidades.

V. CONCLUSIONES

1. La incorporación del compost del comedor universitario de la Universidad Nacional Agraria de la Selva de 60 t/ha obtuvo un rendimiento de 6.02 t/ha de maíz variedad Marginal 28 - T superando aritméticamente a los demás tratamientos cuyos rendimientos fluctuaron de 5.81 a 4.86 t/ha en los tratamientos T₆ (Compost cáscara de plátano 60 t/ha) y T₄ (Compost cáscara de plátano 20 t/ha) respectivamente, con excepción del testigo que alcanzó el menor valor con 3.04 t/ha que fue estadísticamente diferente a los demás tratamientos.
2. La incorporación del compost permite cambios físicos, químicos y biológicos del suelo; por ejemplo en la composición física disminuye la densidad aparente y mejora el color del suelo; en la cambios químicos eleva el pH, eleva el contenido de materia orgánica, Nitrógeno, Fósforo y Potasio; en la composición bilógica incrementa el número de individuos en el suelo, todos estos cambios favorecieron al incremento de altura, altura de mazorca, diámetro de tallo, peso de mazorca y el rendimiento del maíz variedad Marginal 28 -T.
3. En el análisis de rentabilidad la incorporación del compost del comedor y compost de cáscara de plátano a una dosis de 20 t/ha resultaron con mayores retornos al tener B/C de 1.23 y 1.15 soles respectivamente, mientras que el testigo alcanzó un B/C de 0.97 soles.

VI. RECOMENDACIONES

1. Efectuar otros trabajos de investigación con el uso de residuos sólidos biodegradables como abono orgánico en cultivos del trópico, debido a la disponibilidad de ella.
2. Volver a repetir el experimento en la misma parcela, esto con la finalidad de evaluar el efecto residual de los abonos y especial en las que se aplicó dosis altas del compost del comedor universitario (60 t/ha) y compost de cáscara de plátano (60 t/ha).
3. Realizar estudios de comparación del uso de este tipo de abono orgánico vs fertilizante químico frente a la producción donde se incluya la rentabilidad del cultivo y la valoración económico ambiental de las externalidades positivas que genera el uso de residuos sólidos biodegradables.
4. Realizar estudios similares donde se incluya un testigo sin aplicación y un testigo con NPK, esto con la finalidad de comprar el efecto de los abonos orgánicos vs fertilización convencional.

VII. RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la localidad de Bajo Afilador en el kilómetro 2 carretera Tingo María – Huánuco, Distrito de Rupa – Rupa Tingo María, Provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, cuyo objetivo fue Evaluar el efecto del compost de residuos sólidos biodegradables en la producción del cultivo del maíz (*Zea mays* L.) variedad Marginal 28 - T. Los tratamientos que se probaron fueron dos fuentes de materia orgánica (compost de residuos biodegradables de comedor universitario de la UNAS y compost de cascara de plátano) a una dosis de 20, 40 y 60 t/ha. El diseño que se utilizó fue el Diseño Bloques Completamente al Azar con 6 tratamientos y tres repeticiones más un testigo. Los parámetros que se evaluaron fueron: los parámetros biométricos (Altura de plata, diámetro de planta, altura de la mazorca, peso de 100 semillas y rendimiento) y las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Se encontró que la incorporación de compost del comedor universitario de 60 t/ha obtuvo un rendimiento de 6.02 t/ha de maíz variedad Marginal 28 - T superando aritméticamente a los demás tratamientos cuyos rendimientos fluctuaron de 5.81 a 4.86 t/ha en los tratamientos T₆ (Compost cáscara de plátano 60 t/ha) y T₄ (Compost cáscara de plátano 20 t/ha) respectivamente, con excepción del testigo que alcanzo el menor valor con 10 t/ha que fue estadísticamente diferente a los demás tratamientos. Asimismo, la incorporación del compost permite cambios físicos, químicos y biológicos favorables en el suelo. En el análisis económico la incorporación del compost del comedor y compost de cáscara de plátano a una dosis de 20 t/ha resultaron con mayores retornos al tener B/C de 1.23 y 1.15 soles respectivamente, mientras que el testigo alcanzó un B/C de 0.97 soles.

ABSTRACT

The present research work was carried out at the Bajo Afilador localitation at kilometer two of the Tingo María - Huánuco highway, Rupa-Rupa Tingo María distric, Leoncio Prado province, Huánuco region, Peru, the objective of which was to evaluate the effect of the compost from biodegradable solid waste on the production of the Marginal 28 – T variety corn (*Zea mays* L.) crop. The treatments that were tested were two sources of organic matter (Compost from biodegradable waste from UNAS dining hall and compost from plantain peels) at a dose of 20, 40 and 60 t/ac. The design that was used was the completely randomized block design with six treatments and three repetitions, plus a control. The parameters that were evaluated were: the biometric parameters (plant height, plant diameter, cob height, weight of one hundred grains and yield) and the physical, chemical and biological properties of the soil. It was found that the incorporation of the compost from the university dining hall at 60 t/ac obtained a yield of 6.02 t/ac for the Marginal 28 – T variety of corn, arithmetically surpassing the rest of the treatments, the yields of which fluctuated from 5.81 to 4.86 t/ac for treatment T₆ (plantain peel compost 60 t/ac) and T₄ (plantain peel compost 20 t/ac) respectively, which was statistically different from the reset of the treatments. At the same time, the incorporation of the compost allows for favorable physical, chemical and biological changes in the soil. For the economic analysis, the incorporation of the compost from the dining hall and plantain peel compost at a dose of 20 t/ac resulted to have the greatest returns with a B/C of 1.23 and 1.15 soles, respectively, white the control reached a B/C of 0. 97.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. ALBORNOZ, A. 2012. Preparación de biofermentos y capacitación a la Comunidad "Once de Octubre"- Pumahuasi. Informe de Practicas Pre profesionales. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 95 p.
2. ALTAMIRANO, M. y CABRERA, C. 2006. Estudio comparativo para la elaboración de compost por técnica manual. Universidad Nacional Mayor de San Marcos (Diplomado Gestión Ambiental). Rev. Inst. Inv. San Marcos, Lima, Perú. 9 (17): 75-84.
3. ÁLVAREZ, S.; GÓMEZ, V.; LEÓN, M.; y GUTIÉRREZ, M. 2010. Manejo integrado de fertilizantes y abonos orgánicos en el cultivo de maíz. En Agrociencia. México. 44: 575-586.
4. ANTÓN, F., 1992. Compostaje de los residuos orgánicos: urbanos y agrarios. Problemática de los residuos orgánicos. Cuadernos de Fitopatología 1, septiembre, Cajamarca, Peru. Pp 113-121.
5. ARARAT, C. 2006. Efecto de la aplicación de residuos agroindustriales (sust – prot) en algunas propiedades físicas y químicas del suelo y su relación con la producción de maíz (*Zea mays*). Tesis para optar el grado de Maestro en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Colombia. Colombia. 78 p.

6. ARRIECHE, L. y MORA. O. 2005. Efecto de la aplicación de residuos orgánicos sobre el cultivo del maíz en suelos degradados del Estado Yaracuy. *Bioagro, Venezuela* 17(3): 155-159.
7. BALTAZAR, H. 2014. Evaluación de la habilidad combinatoria específica de 22 líneas experimentales de maíz (*Zea mays* L.), en la estación experimental de Tulumayo. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María. Perú. 162 p.
8. BAVEC, F.; BAVEC, M. y FEKONJA, M. 2013- Organic and mineral fertilizer in sweet maize (*Zea mays* L. *saccharata* Sturt.) production under temperate climate. *Zemdirbyste-Agriculture. Slovenia* 100 (3).
9. BAVER, D. L.; GARDNER, W.H. y GARDNER, W.R. 1973. Física de Suelos, Unión Tipográfica. Edición Hispano América México. 529 p.
10. BERTOLINO, 2014. Participación ciudadana y gestión integral de residuos. Experiencias urbanas de gestión integral de residuos en 10 municipios de argentina. [En línea]: <http://www.unicef.org/argentina/spanish/CooclubesbajaWEB.pdf>, (Consultado el 12 de febrero del 2016).
11. BERTSCH, F. 2003. Absorción de nutrimentos por los cultivos. San José, ACCS. 307 p.
12. BUENO, P.; DÍAZ, M. y CABRERA, F. 2008. Factores que afectan al proceso de compostaje. Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla. Sevilla, España. Informe técnico. 16 p.

13. CABILDO M.; ESCOLÁSTICO, C. y SANTOS, S. 2008. Reciclado y tratamiento de residuos. Universidad Nacional de Educación a Distancia. Madrid, España. Informe técnico. 21 p.
14. CAMPOS, I. 2010. La macrofauna del suelo como indicador biológico en diferentes usos de suelos agrícolas en el Caserío Los Milagros – Aucayacu. Tesis Ing. en Recursos Naturales Renovables, Mención Conservación de Suelos y Agua. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 94 p.
15. CARTER, M.; SANDERSON, J. y MACLEOD, J. 2003. Influence of compost on the physical properties and organic matter fractions of a fine sandy loam throughout the cycle of a potato rotation. Can. J. Soil Sci. Canadá 84: 211-218.
16. CASTILLO, T. 2015. Evaluación de la calidad de abonos ecológicos (compost, bokashi y lumbrifert) elaborados a partir de residuos sólidos orgánicos de la ciudad del alto. Universidad Mayor De San Andrés. La Paz, Bolivia. 127 p.
17. CHÁVEZ, J. 1998. Comportamiento de cinco híbridos y una variedad de maíz (*Zea mays* L.) bajo un sistema de labranza mínima en Tulumayo. Tesis ing. Agr. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María. Perú. 107 p.
18. CLAVIJO, V.; MANER, J. 1974. El uso de banano de rechazo en alimentación de cerdos. Centro Latinoamericano de Agricultura Tropical. Bogotá, Colombia. Serie EE #6. 20 p.

19. CEDECO. 2005. Corporación Educativa Para el Desarrollo Costarricense. Preparación y uso de abonos orgánicos sólidos y líquidos. CEDECO, San José, Costa Rica. Serie Agricultura Orgánica N° 8. 65 p.
20. CRUZ, J. 2009. Valoración agronómica de compost y vermicompost de alperujos mezclados con otros residuos agrícolas, efecto como enmiendas sólidas y líquidas. Universidad Politécnica De Valencia. Valencia, España. Doc. téc. 56 p.
21. CVIJANOVIC, G. y DOZET, G. s/f. Effect of biological and mineral nitrogen on soil and maize (*Zea mays* L.). Disponible en <http://www.semenarska.rs/UNS-PSU/radovi/1/21%20CVIJANOVIC%20DOZET%20264-276.pdf>.
22. DE LUNA, V.; GARCÍA, S.; RODRÍGUEZ, G. y PIMIENTA, B. 2016. Evaluación de composta, vermi compost y excreta de bovino en la producción de maíz (*Zea mays* L.). Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias. Guadalajara, México 3 (8): 46-52.
23. DICKERSON, G. 2016. Backyard composting. Guide H-110. New Mexico State University. [En línea]: https://aces.nmsu.edu/pubs/_h/H110/welcome.html, (Consultado el 14 de diciembre del 2016).
24. EKINCI, K., ELWELL, D. 2004. Efectos de las estrategias de aireación en el compostaje Proceso: Parte I. Estudios experimentales. Oaxaca, México. Rev. ASAE. 47 (5): 1697 - 1708.
25. ESPINOZA, N. 2002. Evaluación de variedades e híbridos de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) en la provincia de Lambayeque. Tesis para optar

el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 61 p.

26. FAO. 2013. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Manual de compostaje del agricultor: experiencias en América Latina. ORALC-Santiago de Chile. [En línea]: <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>, (Consultado el 22 de noviembre del 2016).
27. FAO. 2016. Guía técnica sobre la tecnología de la semilla de maíz. [En línea]: <http://www.fao.org/3/a-i5548s.pdf> (Consultado el 12 de octubre del 2016).
28. FERNÁNDEZ, F. 1991. Descriptores de perfiles. Clasificación a nivel de USDA. 3 p.
29. FONAG. 2010. Abonos orgánicos protegen el suelo y garantizan alimentación sana. (Fondo para la Protección del Agua). [En línea]: http://www.fonag.org.ec/doc_pdf/abonos_organicos.pdf, (Consultado el 12 de octubre del 2016).
30. FRAISORO. 2013. Curso para los alumnos de FRAISORO en Gipuzkoa. [En línea]: http://www.pescaelectrica.es/Descripcion/Entradas/2013/3/22_Curso_para_los_alumnos_de_Fraisoro_en_Gipuzkoa.html (Consultado el 12 de octubre del 2016).
31. GARCÍA, G. y MONGE, N. 1999. Agricultura orgánica. Primera edición. Editorial Universidad Nacional a Distancia. San José, Costa Rica. 457 p.

32. GIMÉNEZ, A.; SOLIVA, M., HUERTA, O. 2005. El mercado del Compost en Cataluña. Escuela Superior de Agricultura de Barcelona (ESAB). Agencia de Residuos de Cataluña (ARC). Cataluña, España. doc. Normativa española. 17 p.
33. GOSTINCAR, P. 1997. El maíz. Editorial Idea Booki S.A. Barcelona, España. 471 p.
34. GUIBERTEAU, A. y LABRADOR, J. 1991. Técnicas de cultivo en agricultura ecológica. Hoja Divulgadora Núm. 8/91 HD. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid. s.n. 44 p. [En línea]: <http://www.infoagro.com/abonos/compostaje.htm>, (Consultado el 14 de agosto del 2016).
35. HADAS, A.; BAR-YOSEF, B.; DAIDOV, S., AND. SOFER, M. 1983. Effect of pelleting temperature, and soil type on mineral nitrogen release from poultry and dairy manures. Soil Sci. Soc. Am. J. 47: 1129-1133.
36. HUANUQUEÑO, H. 2004. Evaluación del rendimiento de cuatro cultivares de maíz (*Zea mays* L.) bajo siembra en cuatro localidades. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María. Perú. 85-87 p.
37. HUAYNOCA, C. 2002. Evaluación del comportamiento y producción de humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) bajo seis sustratos de alimentación, en la localidad de Coroico. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. Pp. 100 - 108.

38. IANNOTI, D.; GREBUS, M.; TOTH, B., MADDEN, L. y HOITINK, H. 1994. Respirometría de oxígeno para evaluar la estabilidad y madurez de los residuos sólidos municipales compostados. California, EE.UU. Junta Calidad Ambiental N° 23. Pp. 1177 – 1183.
39. IGLESIAS, E. y ALVAREZ, C. 1993. Disponibilidad aparente del nitrógeno en los residuos municipales compostados. Salamanca, España. Rev. Biol. Fert. Suelos N° 16, Pp. 313 – 318.
40. INIA – HUARAL. 1997. Boletín informativo del maíz amarillo duro Marginal 28 p.
41. INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. 2005. Compost – clasificación y requisitos. INN, Norma chilena oficial – NCh N° 2880.Of2004. Santiago, Chile. Norma 27 p. [En línea]: http://www.sinia.cl/1292/articles-32296_Norma.pdf, (Consultado el 27 de noviembre de 2016).
42. KANDIL, E. 2013. Response of some maize hybrids (*Zea mays* L.) to different levels of nitrogenous fertilization. Journal of Applied Sciences Research. 9(3): 1902-1908.
43. KYUNG-HWA, H.; WOO-JUNG, C.; GWANG-HYUN H.; SEOK-IN, y.; SUN-HO.; y HEE-MYONG, R. 2004. Urea-nitrogen transformation and compost-nitrogen mineralization in three different soils as affected by the interaction between both nitrogen inputs. Biol. Fertility Soils 39:193 - 199.

44. LABRADOR, J. 1996. La materia orgánica en los agrosistemas. Madrid, España. En Mundi-Prensa. Pp.115-124.
45. LAFITTE, H. 1994. Identificación de problemas en la producción de maíz tropical. Guía de campo. CIMMYT. México D.F. 122 p.
46. LAOS, A. 2017. Efecto de tres bioestimulantes orgánicos en el rendimiento del híbrido doble de maíz (*Zea mays* L.) XB-8010 en Tulumayo. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 93 p.
47. LEÓN, J. 1987. Botánica de los cultivos tropicales, San José de Costa Rica. IICA. 445 p.
48. LOBATO, R. 2011. Efecto del silicato de potasio en el rendimiento del híbrido doble de maíz (*Zea mays* L.) XB-801 O, en Tulumayo. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. Pp. 39 -70.
49. LÓPEZ, J. 2005. Manual de Edafología. Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola de la Universidad de Sevilla. Sevilla, España. 143 p.
50. MANRIQUE, C. 1986. El maíz en el Perú. Talleres Gráficos de Edigraf. La Victoria, Lima. 66 p.
51. MARTÍNEZ, O.; JORQUERA, M.; CROWLEY, D.; GAJARDO, G. y MORA, M. 2010. Mechanisms and practical considerations involved in plant growth promotion by rhizobacteria. *Journal of Soil Science and Plant nutrition*, 10 (3): 293-319.

52. MASS, J. y GARCÍA-OLIVA F. 1990. La conservación de suelos en zonas tropicales: el caso de México. *Ciencia y Desarrollo*. 15(90): 21-36.
53. MELÉNDEZ, G. y SOTO, G. 2003. Taller de abonos orgánicos. CATIE. Managua, Nicaragua. 86 p.
54. MENGEL, K. y KIRBY, A. 2000. *Principles of Plant Nutrition*. 4th Edition, Editorial International Potash Institute, Bern, Switzerland. 849 p.
55. MINAG. 2012. Ministerio de Agricultura. Maíz amarillo duro. Dirección General de Competitividad Agraria, Principales aspectos de la cadena agroproductiva. Primera Edición. Lima, Perú. 100 p.
56. MINAM. 2005. Ministerio Nacional del Ambiente, PE. Ley General del Ambiente N° 28611.
57. MORENO, J. y MORAL, R. 2008. *Compostaje*. Barcelona España. Mundi-Prensa. 570 p.
58. MOSQUERA, L. 2017. Variabilidad espacial de propiedades físicas y químicas en un suelo agrícola en el Valle del Mantaro. Tesis para optar el grado Magister Scientiae en Suelos. Universidad Nacional Agraria la Molina Lima, Perú. 84 p.
59. OROZCO, H. 1984. Uso de porquinaza como materia orgánica para suelos: Bondades y Riesgos – UNAL sede Medellín. En: II curso Internacional de Porcicultura. Medellín - COLVEZA. Pp. 339 – 367.
60. PASHANASI, B. 2001. Estudio cuantitativo de la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de uso de la tierra en la Amazonia Peruana. *Folia Amazónica*, Perú. 1-2(12):75-97.

61. PAUL, E. y CLARK, F. 1996. Microbiología del suelo y bioquímica. San Diego, CA, EE.UU. Academic Press, Inc. 670 p.
62. PINTO, M. 2009. Régimen jurídico y ambiental de los residuos sólidos. Doc. Técnico. Universidad Externado de Colombia. Colombia. 85 p.
63. PRIETO, C. 2003. Basuras: Manejo y transformación práctico - económico. Bogotá. Ecoe. 98 p.
64. PROGRAMA DE DESARROLLO ALTERNATIVO. 2010. Manual para preparar abonos y biofermentos orgánicos. Manual N° 1, 16 p. [En línea]: http://www.ruta.org/CDOC-Deployment/documentos/Manual_para_preparar_abonos_y_biofermentos_org%C3%A1nicos.pdf, (Consultado el 15 de noviembre del 2016).
65. QUISPE, F. 2017. Evaluación del potencial productivo de diez cultivares de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) en condiciones de Santa Ana, La Convención Cusco, para optar título profesional de Ingeniero Agrónomo. Universidad José Carlos Mariátegui. Cuzco, Perú, 126 p.
66. RAMOS, O. 2013. Propuesta de gestión ambiental de residuos sólidos para el distrito de Locumba, provincia Jorge Basadre-Tacna. Tesis para optar el grado de Maestro en Ciencias. 36 p.
67. REÁTEGUI, H. 2009. Efecto de los sistemas de uso en los macro invertebrados bajo cinco condiciones en el distrito de Rupa Rupa. Tesis para obtener el título de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 64 p.

68. RENDÓN, S.; ARTUNDUAGA, F.; RAMÍREZ, R.; QUIROZ, J. y LEIVA, E. 2011. Los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del suelo en cultivos de Mora, Pasto y Aguacate. Rev. Medellín, Colombia. 64(1):5793-5802. [En línea]: <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v64n1/a05v64n01.pdf>, (Consultado el de 10 enero 2014).
69. RESTREPO, J. 1996. Abonos orgánicos fermentados. Experiencias de Agricultores de Centroamérica y Brasil. Cali, Colombia. Informe 51 p.
70. ROCA, A. 2018. Centro de investigaciones agrarias de Mabegondo. Info Agro. Agricultura Ecológica. [En línea]: http://www.infoagro.com/hortalizas/factores_influyen_compostaje_residuos.htm (Consultado el 10 de enero del 2014).
71. ROVEDA, H. 2002. Maíz, manejo de suelos y aguas. Universidad Nacional Agraria La Malina. Lima, Perú. 96 p.
72. SÁNCHEZ, A. 2008. Elaboración, caracterización y comparación de abonos orgánicos a base de equinaza y bovinaza. Tesis para optar el título de Ingeniero Químico. Bucaramanga, Colombia. Universidad Industrial de Santander. 97 p.
73. SÁNCHEZ, E. 2002. El maíz, suelo y necesidades nutricionales. Informe técnico. Tingo María, Perú. Pp. 12 – 15.
74. SANTOS, R. 1994. Qualidade de alface cultivada com compost orgânico. Hort. Bras. 12(1): 29 – 32.
75. SIKORA, L. y ENKIRI, N. 2001. Captación de fertilizante 15 N en suelos modificados con compost. Planta y suelo. 235: 65–73.

76. SOTO, M. 2003 a. Abonos orgánicos: definiciones y procesos. Principios, características e impacto en la agricultura. Turrialba Costa Rica doc. téc. 7 p
77. SOTO, M. 2003 b. Abonos orgánicos: El proceso de compostaje. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE. Costa Rica. 27 p.
78. SOTOMAYOR, A.; CHURA, C.; CALDERÓN, M.; SEVILLA, P. y BLAS, S. 2017. Fuentes y dosis de nitrógeno en la productividad del maíz amarillo duro bajo dos sistemas de siembra. Anales Científicos 78 (2): 232-240.
79. SZTERN, D. y PRAVIA, M. 2008. Manual para la elaboración de compost. Bases conceptuales y procedimientos. Montevideo, Uruguay. Manual técnico, 69 p.
80. TCHOBANOGLOUS, G. 1997. Gestión integral de residuos sólidos. 2^{da} Ed. Editorial McGraw - Hill. Madrid. v. 1, 1120 p.
81. TISDALE, S. y NELSON, W. 1991. Fertilidad del suelo y fertilizantes. Editorial Limusa S. A. México. 760 p.
82. TORIBIO, T. 1995. Cultivo de maíz. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Facultad de Agronomía. Tingo María, Perú. 84 p.
83. TORRENTÓ, M. 2011. Materia orgánica y compostaje. Control de la calidad y del proceso. Jornada Técnica: Fertilidad y Calidad del Suelo. Instituto Canario de Investigaciones Agrarias. Santiago Chile Memoria 19 p.

84. TRINIDAD, S. y VELASCO, V. 2016. Importancia de la materia orgánica en el suelo. *Agroproductividad*. 9 (8): 52-55.
85. TUESTA, S. 2015. Evaluación de la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de uso en el distrito de Nuevo Progreso. Tesis para optar el título de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María. Perú. 94 p.
86. VALDERRAMA, A. 2013. Biodegradación de residuos sólidos agropecuarios y uso del bioabono como acondicionador del suelo. Universidad Pontificia Bolivariana. Medellín, Colombia. Informe 54 p.
87. VELÁSQUEZ, S. 1999. Estudio del rendimiento en grano y de las correlaciones entre caracteres biométricos en 8 genotipos de maíz. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. UNALM. Lima, Perú 80 p.
88. VILLALOBOS, F.; ORTÍZ, C.; MORENO, N.; PAVÓN, H.; HERNÁNDEZ, J. y BELLO, M. 2000. Patrones de la macrofauna edáfica en un cultivo de (*Zea maíz* L.) durante la fase postcosecha en la "Mancha", Veracruz, México. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. México. [En línea]: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/667/cap3.pdf>, pdf, (Consultado el 1 de enero del 2017).
89. WOLDESENBET, M. y HAILEYESUS, A. 2016. Effect of nitrogen fertilizar on growth, yield and yield components of maize (*Zea mays* L.) in Decha district, Southwestern Etiopia. *International Journal of Research-granthaakayah*. 4 (2): 95-100.

90. ZAVALA, S. 2014. Efecto de residuos sólidos biodegradables y gallinaza en el rendimiento del frejol *Phaseolus vulgaris* L. Var. Chaucha, en terrazas. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 110 p.
91. ZUCCONI, F.; PERA, A., FORTE, M. y DE BERTOLI, M. 1981. Evaluating toxicity in immature compost. In: Biocycle 22: 54–57.

IX. ANEXO

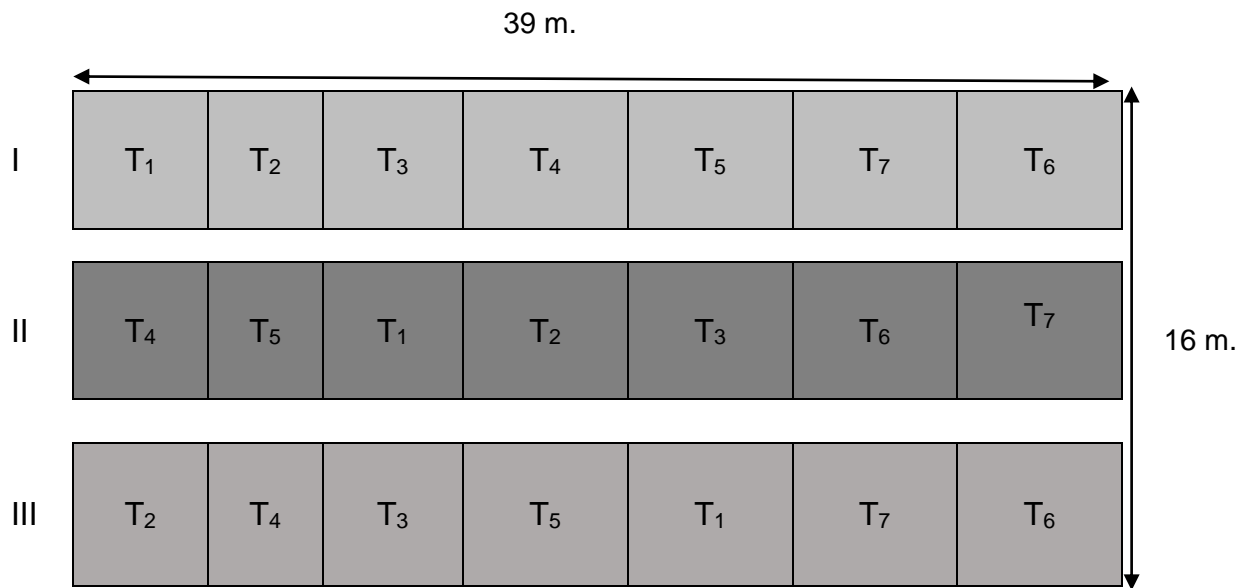


Figura 2. Croquis del experimento.

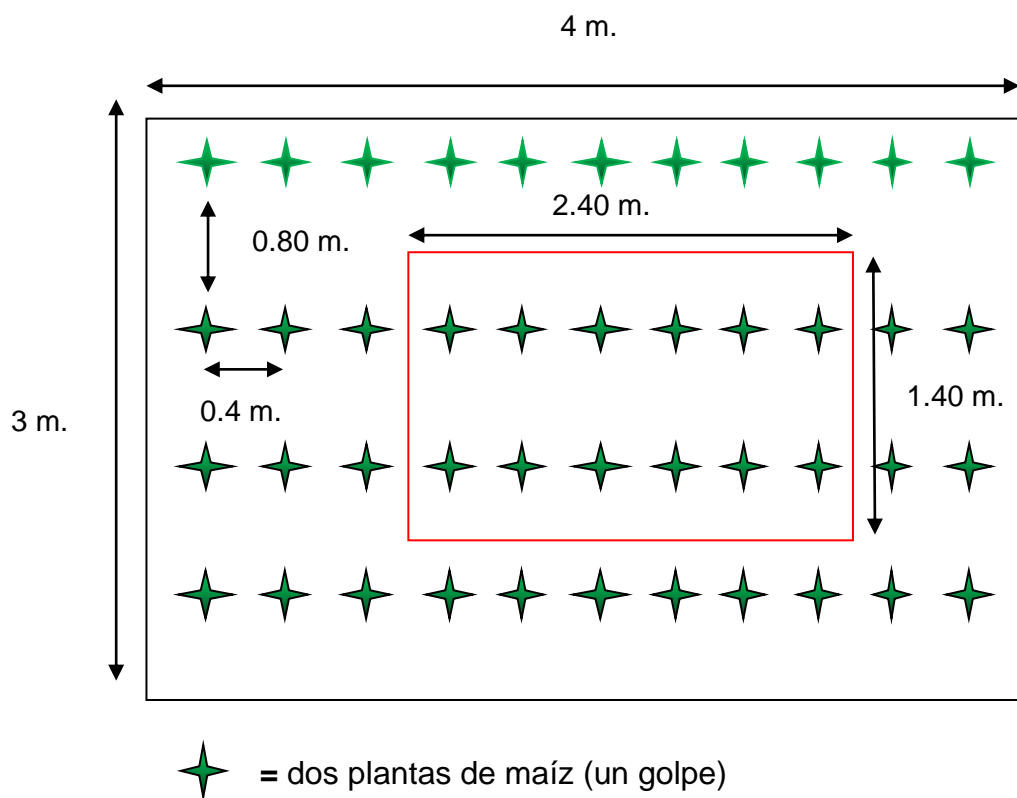


Figura 15. Croquis de la parcela experimental.

Cuadro 28. Análisis económico de los tratamientos en estudio.

Actividades	Unidad de medida	Cantidad	Costo Unitario (S/.)	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇
1. Preparación de terreno										
Remoción del terreno	Jornal	10	30	300	300	300	300	300	300	300
Rastrojeado	Jornal	4	30	120	120	120	120	120	120	120
2. Siembra										
Semilla	Bolsa (25 kg)	25	7.2	180	180	180	180	180	180	180
Siembra	Jornal	4	30	120	120	120	120	120	120	120
3. Labores agronómicas										
Abonamiento	Jornal	8	30	240	240	240	240	240	240	240
Deshierbo (1)	Jornal	8	30	240	240	240	240	240	240	240
Deshierbo (2)	Jornal	8	30	240	240	240	240	240	240	240
Aplicación insecticidas	Jornal	5	30	150	150	150	150	150	150	150
4. Insumos										
Tifón	L	1	60.50	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5	60.5
Compost del comedor de la UNAS	kg	10000	0.10	1000.00						
Compost del comedor de la UNAS	kg	20000	0.10		2000.00					
Compost del comedor de la UNAS	kg	30000	0.10			3000				
Compost de cáscara de plátano	kg	10000	0.10				1000			
Compost de cáscara de plátano	kg	20000	0.10					2000		
Compost de cáscara de plátano	kg	30000	0.10						3000	0
5. Cosecha										
Cosecha manual	Jornal	10	30	300	300	300	300	300	300	300
Trilla manual	Jornal	7	30	210	210	210	210	210	210	210
Total (S/.)				3160.5	4160.5	5160.5	3160.5	4160.5	5160.5	2160.5

Cuadro 29. Datos originales de altura de planta (cm) a los 135 días por el efecto incorporación del compost.

Tratamientos	Bloques			Prom.
	I	II	III	
T ₁	190.79	214.33	165.63	190.25
T ₂	213.75	212.79	188.13	204.89
T ₃	198.88	218.58	223.88	213.78
T ₄	188.79	202.46	230.46	207.24
T ₅	196.04	228.75	216.33	213.71
T ₆	199.42	200.29	217.08	205.60
T ₇	158.33	165.63	230.08	184.68
Total	192.29	206.12	210.23	1420.14

Cuadro 30. Datos originales del ADCA (u²) a los 135 días por efecto de la incorporación del compost.

Tratamientos	Bloques			Prom.
	I	II	III	
T ₁	1161.63	1222.09	992.84	1125.52
T ₂	1241.78	1288.13	1149.72	1226.54
T ₃	1159.00	1400.34	1252.81	1270.72
T ₄	1123.44	1222.28	1261.22	1202.31
T ₅	1209.06	1316.50	1271.25	1265.60
T ₆	1194.28	1222.47	1262.41	1226.39
T ₇	923.91	992.84	1284.97	1067.24
Total	1144.73	1237.81	1210.75	8384.32

Cuadro 31. Datos originales del diámetro de planta (mm) a los 135 días por efecto de la incorporación del compost.

Tratamientos	Bloques			Prom.
	I	II	III	
T ₁	27.45	27.92	22.68	26.02
T ₂	27.81	28.54	26.58	27.64
T ₃	25.97	29.53	28.75	28.08
T ₄	25.83	27.51	29.43	27.59
T ₅	27.68	29.54	28.22	28.48
T ₆	26.58	28.20	28.50	27.76
T ₇	21.99	22.68	29.23	24.63
Total	26.19	27.70	27.63	190.21

Cuadro 32. Datos originales del ADCD (u^2) a los 135 días por efecto de la incorporación del compost.

Tratamientos	Bloques			Prom.
	I	II	III	
T ₁	1161.63	1222.09	992.84	1125.52
T ₂	1241.78	1288.13	1149.72	1226.54
T ₃	1159.00	1400.34	1252.81	1270.72
T ₄	1123.44	1222.28	1261.22	1202.31
T ₅	1209.06	1316.50	1271.25	1265.60
T ₆	1194.28	1222.47	1262.41	1226.39
T ₇	923.91	992.84	1284.97	1067.24
Total	1144.73	1237.81	1210.75	8384.32

Cuadro 33. Datos originales de la altura de mazorca (m) a los 135 días por efecto de la incorporación del compost.

Tratamientos	Bloques			Prom.
	I	II	III	
T ₁	0.85	0.90	0.68	0.81
T ₂	1.11	1.27	1.19	1.19
T ₃	1.14	1.34	1.22	1.23
T ₄	0.99	1.17	1.29	1.15
T ₅	0.94	1.31	0.93	1.06
T ₆	1.02	1.16	1.29	1.16
T ₇	0.71	0.68	1.23	0.87
Total	0.97	1.12	1.12	7.47

Cuadro 34. Datos originales del número de hileras a los 135 días por efecto de la incorporación del compost.

Tratamientos	Bloques			Prom.
	I	II	III	
T ₁	11.92	11.94	11.69	11.85
T ₂	12.02	12.06	11.75	11.94
T ₃	11.92	12.00	11.81	11.91
T ₄	11.92	11.73	11.85	11.83
T ₅	11.88	11.90	12.00	11.93
T ₆	11.83	11.79	11.85	11.82
T ₇	11.94	11.69	12.02	11.88
Total	11.92	11.87	11.85	83.17

Cuadro 35. Datos originales del peso de mazorca (g) a los 135 días por el efecto de la incorporación del compost.

Tratamientos	Bloques			Prom.
	I	II	III	
T ₁	197.45	196.80	186.28	193.51
T ₂	199.99	196.91	198.69	198.53
T ₃	195.73	197.74	198.39	197.29
T ₄	195.14	197.86	200.64	197.88
T ₅	198.39	197.80	197.92	198.04
T ₆	198.51	200.75	198.80	199.35
T ₇	182.92	186.28	197.92	189.04
Total	195.45	196.31	196.95	1373.64

Cuadro 36. Datos originales del peso de 100 semillas (g) a los 135 días por efecto de la incorporación del compost.

Tratamientos	Bloques			Prom.
	I	II	III	
T ₁	33.90	34.26	34.02	34.06
T ₂	34.97	34.73	34.32	34.67
T ₃	34.61	34.73	34.37	34.57
T ₄	33.96	34.26	34.26	34.16
T ₅	34.79	34.32	35.26	34.79
T ₆	34.49	34.20	34.20	34.30
T ₇	34.08	34.02	35.20	34.43
Total	34.40	34.36	34.52	240.98

Cuadro 37. Datos originales del rendimiento de maíz (t/ha) a los 135 días por efecto de la incorporación del compost.

Tratamientos	Bloques			Prom.
	I	II	III	
T ₁	5.20	4.57	5.36	5.04
T ₂	5.37	5.06	5.23	5.22
T ₃	5.77	6.25	5.23	5.75
T ₄	5.13	5.29	4.16	4.86
T ₅	5.19	5.28	5.39	5.29
T ₆	5.70	5.96	5.77	5.81
T ₇	2.48	3.73	2.90	3.04
Total	4.98	5.16	4.86	5.00

Cuadro 38. Datos originales de densidad aparente (g/cm³) a los 135 días por efecto de la incorporación del compost.

Tratamientos	Bloques			Prom.
	I	II	III	
T ₁	1.20	1.20	1.43	1.28
T ₂	1.15	1.15	1.20	1.17
T ₃	1.10	1.10	1.15	1.12
T ₄	1.15	1.15	1.10	1.13
T ₅	1.19	1.19	1.15	1.18
T ₆	1.19	1.19	1.19	1.19
T ₇	1.43	1.43	1.19	1.35
Total	1.20	1.20	1.20	8.41

Cuadro 39. Datos originales de altura de planta (cm) a los 135 días por efecto de la incorporación del compost.

Tratamientos	Bloques			Prom.
	I	II	III	
T ₁	211.11	155.56	122.22	162.96
T ₂	144.44	200.00	144.44	162.96
T ₃	177.78	200.00	144.44	174.07
T ₄	144.44	233.33	188.89	188.89
T ₅	155.56	133.33	122.22	137.04
T ₆	200.00	177.78	211.11	196.30
T ₇	100.00	122.22	177.78	133.33
Total	161.90	174.60	158.73	1155.55

Cuadro 40. Datos originales de altura de planta (cm) a los 135 días por efecto de la incorporación del compost.

Tratamientos	Bloques			Prom.
	I	II	III	
T ₁	100.00	88.89	66.67	85.19
T ₂	66.67	100.00	77.78	81.48
T ₃	88.89	88.89	77.78	85.19
T ₄	77.78	111.11	111.11	100.00
T ₅	88.89	77.78	66.67	77.78
T ₆	100.00	77.78	100.00	92.59
T ₇	66.67	66.67	88.89	74.08
Total	84.13	87.30	84.13	596.31

Cuadro 41. Datos originales de altura de planta (cm) a los 135 días por efecto de la incorporación del compost.

Tratamientos	Bloques			Prom.
	I	II	III	
T ₁	311.11	244.44	188.89	248.15
T ₂	211.11	300.00	222.22	244.44
T ₃	266.67	288.89	222.22	259.26
T ₄	222.22	344.44	300.00	288.89
T ₅	244.44	211.11	188.89	214.81
T ₆	300.00	255.56	311.11	288.89
T ₇	166.67	188.89	266.67	207.41
Total	246.03	261.90	242.86	1751.85



Figura 16. Elaboración del compost a base de los residuos sólidos del comedor universitario de la Universidad Nacional Agraria de la Selva



Figura 17. Secado y ensacado del compost.



Figura 18. Limpieza y demarcación del campo experimental.



Figura 19. Vista del campo experimental a los 45 días después de la siembra.



Figura 20. Evaluación de los parámetros biométricos a nivel campo.



Figura 21. Cosecha de las mazorcas de maíz variedad Marginal 28 - T.



Figura 22. Secado de las mazorcas de maíz variedad marginal 28 - T.



Figura 23. Evaluación de la macrofauna en tres profundidades del suelo.



Figura 24. Determinación del color de suelo utilizando la tabla Munsell.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 AV. UNIVERSITARIA S/N - CARRETERA CENTRAL KM 1.21 - TINGO MARIA - CELULAR 941531359
Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos
analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANALISIS DE SUELOS

SOLICITANTE:			DEL CASTILLO MEZA ANTONINO FRANCESCO LI						PROCEDENCIA:			LAS LOMAS - TINGO MARIA										
N°	COD. LAB.	DATOS	ANALISIS MECANICO				pH	M.O.	N	P	K	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						CICe	%	%	%
			Arena	Arcilla	Limo	Textura																
			CULTIVO	%	%		%	1:1	%	%	ppm		ppm	Ca	Mg	K	Na	Al	H	Bas. Camb.	Ac. Camb.	Sat. Al
1	S3204	EX COCAL	52	22	26	Franco Arcillo Arenoso	5.10	1.95	0.09	5.14	66.12	---	4.53	0.79	--	--	1.23	0.38	6.93	76.77	23.23	17.75

MUESTREO POR EL SOLICITANTE
 FECHA : 12 de junio del 2018
 RECIBO No 001-0531580

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 LAB. ANALISIS DE SUELOS

Ing. Luis G. Manzilla Mireya
 JEFE



Figura 25. Análisis físico – químico de suelo al inicio del experimento.



ANALISIS DE SUELOS

<u>SOLICITANTE:</u>		DEL CASTILLO MEZA ANTONINO FRANCESCO LI										<u>PROCEDENCIA:</u>		LAS LOMAS - TINGO MARIA											
N°	COD. LAB.	DATOS				ANALISIS MECANICO				pH	M.O.	N	P	K	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						CICe	%	%	%
						Arena	Arcilla	Limo	Textura							Ca	Mg	K	Na	Al	H				
		CULTIVO	REFERENCIAS	%	%	%	1:1	%	%	ppm	ppm														
1	S4132	MAIZ	24 KG	CCP	T4	53	24	23	Franco Arcillo Arenoso	5.60	2.03	0.09	5.59	78.12	6.44	5.22	1.00	0.12	0.10	--	--	--	100.00	0.00	0.00
2	S4133	MAIZ	48 KG	CCU	T2	55	22	23	Franco Arcillo Arenoso	5.75	2.40	0.11	5.84	69.25	8.32	6.69	1.25	0.20	0.18	--	--	--	100.00	0.00	0.00
3	S4134	MAIZ	72 KG	CCP	T6	55	24	21	Franco Arcillo Arenoso	5.89	2.67	0.12	6.12	83.45	8.32	6.61	1.38	0.18	0.15	--	--	--	100.00	0.00	0.00
4	S4135	MAIZ	24 KG	CCU	T1	53	26	21	Franco Arcillo Arenoso	5.68	2.12	0.10	5.33	65.89	7.37	6.13	1.01	0.13	0.10	--	--	--	100.00	0.00	0.00
5	S4136	MAIZ	48 KG	CCP	T5	53	26	21	Franco Arcillo Arenoso	5.67	2.35	0.11	6.03	80.37	7.64	6.02	1.30	0.15	0.17	--	--	--	100.00	0.00	0.00
6	S4137	MAIZ	72 KG	CCU	T3	53	24	23	Franco Arcillo Arenoso	5.98	2.78	0.13	5.87	72.14	9.47	7.63	1.42	0.22	0.20	--	--	--	100.00	0.00	0.00
7	S4138	MAIZ	----	TESTIGO	To	51	22	27	Franco Arcillo Arenoso	5.12	1.98	0.09	5.23	68.41	----	4.89	0.87	--	--	1.20	0.40	7.36	78.26	21.74	16.30

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE
 FECHA: 28 de setiembre del 2018
 RECIBO No 001-0568228


 Ing. Luis C. Mancilla Mirogaya
 JEFE



Figura 26. Análisis físico – químico de suelo al final del experimento.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo Maria

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos

Av. Universitaria s/n Telef. (062) 562342 - Celular 941531359 Aptdo. 156

analistas@suelos.unas@hotmail.com



ANALISIS ESPECIAL

SOLICITANTE:			PROCEDENCIA													
DEL CASTILLO MEZA ANTONINO FRANCESCO LI			TINGO MARIA													
DATOS DE LA MUESTRA			ANALISIS PROXIMAL				PORCENTAJE EN BASE SECA									
			Materia Seca (%)	Humedad (%)	Materia Organica en base Húmeda (%)	Cenizas en base húmeda (%)	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	Ca (%)	Mg (%)	K (%)	Na (%)	Fe ppm	Cu ppm	Zn ppm	Mn ppm
Código	REFERENCIAS															
M0043	compost	lote 1 y 2 homogenizado	95	5	68	27	2.88	0.061	3.10	0.73	1.43	0.06	4052.63	10.68	42.11	84.21
M0044	compost	lote 3	97	3	47	51	1.62	0.016	2.50	1.05	1.35	0.04	1282.38	10.26	24.06	66.68
M0045	compost	lote 4	98	2	38	60	1.05	0.012	2.80	1.07	1.42	0.04	1328.16	11.19	20.48	81.73
M0046	compost	lote 5	95	5	77	17	0.72	0.022	1.40	0.31	1.58	0.04	946.57	2.52	4.73	89.40
M0047	compost	total de compost de los residuos biodegradables del comedor de la UNAS	94	6	39	55	2.01	0.021	3.40	0.98	1.79	0.04	1113.11	11.08	25.50	63.61



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 C.A.B. ANALISIS DE SUELOS

 Ing. Luis C. Mansilla Minaya
 JEFE

Tingo Maria, 26 de marzo del 2018
 MUESTREADO POR EL SOLICITANTE
 Recibo N°0531580

Figura 27. Análisis de materia orgánica para el compost del comedor universitario.



INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : M&F ORGÁNICOS E.I.R.L.
PROCEDENCIA : UCAYALI/ PADRE ABAD/ IRAZOLA
MUESTRA DE : COMPOST DE CÁSCARA DE PLÁTANO
REFERENCIA : H.R. 55444
FECHA : 01/09/16

Nº LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	M.O. %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %
664		8.82	17.00	84.02	1.44	0.57	4.23

Nº LAB	CLAVES	CaO %	MgO %	Hd %	Na %
664		0.36	0.24	40.01	0.02


Dr. Saúl García Bendezo
Jefe de Laboratorio

Figura 28. Análisis de materia orgánica para el compost de cáscara de plátano.