

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMIA**



**EFFECTO DEL COMPOST A PARTIR DE RESIDUOS AGRÍCOLAS CON  
MICROORGANISMOS EFICIENTES, EN EL CULTIVO DE *Phaseolus vulgaris*  
(FRIJOL RED KIDNEY).**

**Tesis**

**Para optar el título de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**Presentado por:**

**KELVIN RONY, HORNA GUIOP**

**Asesor:**

**VICTORINO RIVAS PULACHE**

**Tingo María – Perú**

**2023**



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
Tingo María  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**



Km 1.21 carretera Tingo María. Telf. (062) 561136 E.mail: [fagro@unas.edu.pe](mailto:fagro@unas.edu.pe)

**"AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO"**

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

**Nº 023-2023-FA-UNAS**

BACHILLER : KELVIN RONY HORNA GUIOP

TÍTULO : **"EFECTO DEL COMPOST A PARTIR DE RESIDUOS AGRÍCOLAS CON MICROORGANISMOS EFICIENTES, EN EL CULTIVO DE *Phaseolus vulgaris* (FRIJOL RED KIDNEY)"**

JURADO CALIFICADOR

PRESIDENTE : Dr. JOSÉ WILFREDO ZAVALA SOLÓRZANO

VOCAL : M.Sc. FAUSTO SILVA CARDENAS

VOCAL : Ing. OSCAR ESMAEL CABEZAS HUAYLLAS

ASESOR : Dr. VICTORINO RIVAS PULACHE

FECHA DE SUSTENTACIÓN : 04/08/2023

HORA DE SUSTENTACIÓN : 05:00 P.M.

LUGAR DE SUSTENTACIÓN : SALA AUDIVISUAL DE LA F.A

CALIFICATIVO : BUENO

RESULTADO : APROBADO

OBSERVACIONES A LA TESIS : EN HOJA ADJUNTA

TINGO MARÍA, 04 DE AGOSTO DE 2023

.....  
Dr. JOSÉ WILFREDO ZAVALA SOLÓRZANO  
PRESIDENTE

.....  
M.Sc. FAUSTO SILVA CARDENAS  
VOCAL

.....  
Ing. OSCAR ESMAEL CABEZAS HUAYLLAS  
VOCAL

.....  
Dr. VICTORINO RIVAS PULACHE  
ASESOR



"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

## CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 016 - 2024 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

### CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

Agronomía

Tipo de documento:

Tesis

X

Trabajo de Suficiencia Profesional

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
EFFECTO DEL COMPOST A PARTIR DE RESIDUOS AGRÍCOLAS CON MICROORGANISMOS EFICIENTES, EN EL CULTIVO DE <i>Phaseolus vulgaris</i> (FRIJOL RED KIDNEY).	KELVIN RONY, HORNA GUIOP	<b>23 %</b> <b>Veintitrés</b>

Tingo María, 18 de enero de 2024



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Dr. Tomas Menacho Mallqui  
DIRECTOR

# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

## FACULTAD DE AGRONOMÍA

### ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMIA



#### EFECTO DEL COMPOST A PARTIR DE RESIDUOS AGRÍCOLAS CON MICROORGANISMOS EFICIENTES, EN EL CULTIVO DE *Phaseolus vulgaris* (FRIJOL RED KIDNEY).

Autor	: Kelvin Rony HORNA GUIOP
Asesor	: Dr. Victorino RIVAS PULACHE
Programa de investigación	: Suelos y fertilizantes
Línea (s) de investigación	: Fertilidad, clasificación y manejo de suelos.
Eje temático	: Abonos orgánicos
Lugar de ejecución	: Fundo de la faculta de agronomía de la Universidad Nacional Agraria de la Selva
Duración del trabajo	: 6 meses
Financiamiento	: 6 343,00

**Tingo María – Perú, 2024**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMIA**

**REGISTRO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO UNIVERSITARIO**

**I. DATOS GENERALES DE PREGRADO**

Universidad	: Universidad Nacional Agraria de la Selva
Facultad	: Agronomía
Título de la tesis	: Efecto del compost a partir de residuos agrícolas con microorganismos eficientes en el cultivo de <i>Phaseolus vulgaris</i> (Frijol red kidney)
Autor	: Bach. Kelvin Rony Horna Guiop
Asesor de tesis	: Dr. Victorino Rivas Pulache
Escuela profesional	: Agronomía
Programa de Investigación	: Suelos y fertilizantes
Línea (s) de investigación	: Fertilidad, clasificación y manejo de suelos
Eje temático de investigación	: Abonos orgánicos
Lugar de Ejecución	: Fundo de la Facultad de Agronomía
Duración	: 6 meses
Fecha de Inicio	: enero del 2021
Término	: junio 2021
Financiamiento	: S/ 6 343,00
FEDU	: No
Propio	: Si
Otros	: No

## **DEDICATORIA**

:

A mis queridos padres:

Elena Guiop Culque y Wilson Horna Chávez, fuente inagotable de amor y apoyo. Su dedicación y sacrificios han sido mi mayor inspiración para lograr la meta en mi formación académica.

A mis hermanos, tíos y primos:

Por demostrarme su cariño y afecto para instruirme con buenos principios y su apoyo incondicional a lo largo de este viaje académico.

## **AGRADECIMIENTO**

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva y a todo el personal que la conforman, por su apoyo y confianza, en especial a los docentes de la Facultad de Agronomía que contribuyeron en mi formación profesional.
- A los miembros del jurado de tesis: Dr. José Wilfredo Zavala Solórzano, en calidad de presidente, por la revisión académica y científica de todo el texto y sus aportes; al M.Sc. Fausto Silva Cárdenas e Ing. Oscar E. Cabezas Huayllas; y también a los ex docentes M.Sc. Erica Merino Maguiña y M.Sc. Celia Paquita Lao Oliveros; quienes inicialmente revisaron el proyecto de esta tesis.
- Al Dr. Victorino Rivas Pulache, asesor de la presente tesis, por su apoyo en el proyecto, ejecución y culminación.

# ÍNDICE

Página

**RESUMEN**

**ABSTRACT**

<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	3
2.1. Cultivo de frijol .....	3
2.1.1. Taxonomía .....	3
2.1.2. Origen .....	3
2.2. Requerimientos edafoclimáticos. ....	3
2.3. Manejo agronómico del cultivo de frijol .....	5
2.4. Morfología .....	7
2.5. Fases del desarrollo de la planta .....	9
2.5.1. Fase vegetativa .....	9
2.5.2. Fase reproductiva .....	9
2.6. Compostaje .....	10
2.6.1. Proceso de descomposición .....	10
2.6.2. Fases. ....	11
2.6.3. Relación C/N .....	13
2.6.4. pH .....	14
2.7. Contenidos de la materia orgánica .....	14
2.7.1. Cascara de cacao .....	14
2.7.2. Aprovechamiento y mineralización de los residuos orgánicos .....	14
2.7.3. Calidad de compost .....	15
2.7.4. Microorganismos eficientes .....	15
2.7.5. Composición microbiológica de los principales tipos de ME .....	16
2.8. Trabajos de investigación .....	18
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	19
3.1. Características del campo experimental .....	19
3.2. Componentes en estudio .....	21
3.3. Tratamientos en estudio .....	22
3.4. Diseño experimental .....	22
3.5. Características del campo experimental .....	23



3.6.	Ejecución del experimento .....	24
3.6.1.	Selección de material orgánico para el compost .....	24
3.6.2.	Construcción de la pila .....	24
3.6.3.	Recolección de mantillo y activación de microorganismos eficientes	24
3.6.4.	Aplicación de microorganismos .....	25
3.6.5.	Riego.....	25
3.6.6.	Volteo .....	25
3.6.7.	Cosecha del compost .....	25
3.6.8.	Obtención de muestras de compost para el análisis físico-químico ...	26
3.6.9.	Reconocimiento y limpieza del área para realizar el ensayo.....	26
3.6.10.	Acondicionamiento del área en estudio y aplicación del compost.....	26
3.6.11.	Sembrío de las semillas de frijol .....	26
3.6.12.	Cosecha del frijol.....	26
3.7.	Parámetros evaluados .....	26
3.7.1.	Altura de planta .....	26
3.7.2.	Diámetro de planta .....	26
3.7.3.	Número hojas.....	26
3.7.4.	Flores y frutos.....	26
3.7.5.	Rendimiento por hectárea.....	27
3.7.6.	Análisis de rentabilidad .....	27
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>28</b>
4.1.	Del proceso de obtención del compost a partir de residuos agrícolas con la aplicación de microorganismos eficientes.....	28
4.2.	De la determinación del efecto de compost en el rendimiento del frijol.....	29
4.2.1.	Altura.....	29
4.2.2.	Diámetro .....	32
4.2.3.	Número de hojas.....	35
4.2.4.	Flores y frutos.....	42
4.2.5.	Rendimiento por hectárea.....	45
4.3.	Del análisis económico.....	52
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>53</b>
<b>VI.</b>	<b>PROPUESTAS A FUTURO .....</b>	<b>54</b>
<b>VII.</b>	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>55</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>.....</b>	<b>59</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla		Página
1.	Información nutricional de la cáscara de cacao. ....	14
2.	Datos meteorológicos durante la ejecución del experimento en el periodo de enero- junio 2 021. ....	20
3.	Análisis físico - químico del suelo (testigo), al inicio y al final del experimento.	21
4.	Análisis físico químico del compost de acuerdo a Microorganismos Eficientes..	21
5.	Descripción de los tratamientos en estudio.....	22
6.	Esquema del análisis de variancia.....	23
7.	Resumen del análisis de variancia de la altura de planta a los 15; 30 y 45 días después de la siembra.....	30
8.	Prueba de significación de Duncan ( $\alpha=0,05$ ), de los tratamientos en la altura de planta a los 15, 30 y 45 días después de la siembra. ....	30
9.	Prueba de significancia de Duncan ( $\alpha=0,05$ ), del factor dosis de compost (B), en la altura de planta del frijol a los 30 y 45 días después de la siembra. ....	31
10.	Resumen del análisis de variancia del diámetro de planta a los 15; 30 y 45 dds....	33
11.	Prueba de significación de Duncan ( $\alpha=0,05$ ), de los tratamientos en el diámetro de planta a los 15; 30 y 45 dds. ....	33
12.	Prueba de significancia de Duncan ( $\alpha=0,05$ ), del factor dosis de compost (B), en el diámetro de planta a los 30 dds. ....	34
13.	Resumen del análisis de variancia del número de hojas planta a los 15; 30 y 45 dds. ....	36
14.	Prueba de significación de Duncan ( $\alpha=0,5$ ), de los tratamientos en el número de hojas por planta a los 15, 30 y 45 dds. ....	37
15.	Prueba de significancia de Duncan ( $\alpha=0,05$ ), del factor tipos de materia orgánica (A), en el número de hojas por planta a los 45 días después de la siembra. ....	38
16.	Prueba de significancia de Duncan ( $\alpha=0,05$ ), del factor dosis de materia orgánica (B), en el número de hojas por planta a los 45 dds. ....	39
17.	Análisis de variancia de efectos simples para tipos de ME (A) y dosis de compost (B), en el número hojas por planta. ....	40
18.	Prueba de significación de Duncan ( $\alpha=0,05$ ), de efectos simples del factor tipos de ME (A), en las cuatro dosis de comopost en el número de hojas por planta. ....	40

19.	Prueba de significación de Duncan ( $\alpha=0,05$ ), de efectos simples del factor dosis de compost (B) en las dos tipos de ME (MEM y MEC).....	41
20.	Resumen del análisis de variancia para la cantidad de flores y frutos por planta 45 días después de la siembra. ....	43
21.	Prueba de significación de Duncan ( $\alpha=0,05$ ), de los tratamientos para la cantidad de flores y frutos por planta a los 45 días después de la siembra.....	44
22.	Prueba de significancia de Duncan ( $\alpha=0,05$ ), del factor dosis de compost (B), en la cantidad de flores y frutos por planta a los 45 días después de la siembra. ....	44
23.	Análisis de variancia del rendimiento por hectarea. ....	46
24.	Prueba de Duncan ( $\alpha=0,05$ ), de los tratamientos en el rendimiento por hectárea en kilogramos.....	47
25.	Prueba de significacion de Duncan ( $\alpha=0,05$ ), del factor tipos de ME (A), en el rendimiento por hectareas en kilogramos .....	48
26.	Prueba de significacion de Duncan ( $\alpha=0,05$ ), de factor dosis de compost (B), en el rendimiento por hectárea en kilogramos .....	49
27.	Análisis de variancia de efectos simples entre los tipos de ME (A) y dosis de compost (B), en el rendimiento por hectárea .....	50
28.	Prueba de significación de Duncan ( $\alpha=0,05$ ), de efectos simples del factor tipos de ME (A) en las cuatro dosis de compost (B) para el rendimiento por hectárea en kilogramos	50
29.	Prueba de significación de (Duncan $\alpha=0,05$ ), de efectos simples del factor tipo de compost .....	51
30.	Análisis de rentabilidad de los tratamientos para la producción del de frijol. ....	52
31.	Costo total por cada tratamiento en estudio por hectárea. ....	60
32.	Resumen de las características de las evaluaciones realizadas durante el experimento.....	61

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
1. Mapa de ubicación del campo experimental (Fundo Agrícola-UNAS).....	19
2. Evaluación de la temperatura durante el proceso de compostaje .....	29
3. Altura de planta a los 15; 30 y 45 días después de la siembra (dds).....	31
4. Altura de planta a los 30 y 45 dds de la aplicación de las dosis de compost. ....	32
5. Diámetro de planta a los 15; 30 y 45 dds de los tratamientos en estudio.....	34
6. Diámetro de planta a los 45 dds de las dosis de compost. ....	35
7. Interacción entre los tipos de ME (A) con las dosis de compost (B), para el número de hojas por planta. ....	36
8. Número de hojas por planta a los 15; 30 y 45 días después de la siembra de los tratamientos en estudio.....	37
9. Números de hojas por planta de los dos tipos de Microorganismos Eficientes. ...	38
10. Número de hojas por planta de las cuatro dosis de compost. ....	39
11. Número de hojas por planta entre los tipos de ME y las dosis de compost.....	41
12. Número de hojas por planta entre las dosis de compost y los tipos de ME .....	42
13. Cantidad de flores y fruto a 45 dds de los tratamientos en estudio.....	44
14. Cantidad de flores y frutos por planta a los 45 días dds de las cuatro dosis de compost. ....	45
15. Interacción entre los tipos de ME (A) con las dosis compost (B) en el rendimiento por hectárea.....	46
16. Rendimiento por hectárea de los tratamientos en estudio.....	47
17. Rendimiento por hectárea de los tipos de ME. ....	48
18. Rendimiento por hectárea de las cuatro dosis de compost.....	49
19. Rendimiento por hectárea del frijol con diferentes dosis de compost .....	51
20. Rendimiento por hectarea del frijol con dos tipos de Microorganismos Eficientes.....	52
21. Análisis de suelo antes y despues de la siembra. ....	62
22. Análisis de muestra en base seca y húmeda del compost, referente a los ME... ..	63
23. Croquis del campo experimental .....	64
24. Croquis de un trtamiento.....	64
25. Pila de residuos orgánicos.....	65
26. A. Recoleccion de mantillo. B. Mezcla de mantillo con residuos agricolas.....	65

27.	Aplicación del mantillo del BRUNAS, conteniendo microorganismos eficientes	66
28.	Capa blanquecina, indicando la presencia de ME en forma anaeróbica.....	66
29.	Cosecha del compost.....	67
30.	Demarcación del campo experimental.....	67
31.	Siembra en campo definitivo de las semillas de frijol, el 7 de marzo del 2021...	68
32.	Inicio de floración promedio a los 35 días después de la siembra.....	68
33.	Cosecha del frejol al final del experimento a 60 días dds.....	69
34.	Desarrollo de las plantas de frijol en cada tratamiento.....	69
35.	Visita de los jurados al campo experimental .....	70
36.	Distribución del compost en cada tratamiento.....	70

## RESUMEN

El presente trabajo de tesis se llevó a cabo en el fundo de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicado en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, en las coordenadas 390 646,00 m E, 8 969 724,00 m N y 660,00 msnm; y entre los objetivos destacaron, determinar tanto el proceso de obtención de compost a partir de residuos agrícolas con la aplicación de microorganismos eficientes, como el efecto de compost sobre el rendimiento en el cultivo de frijol, a través de un análisis de costo beneficio.

El diseño experimental empleado para el presente trabajo de tesis fue el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con arreglo factorial 2A x 4B con 3 bloques, para la comparación de los promedios se utilizó la prueba de Duncan, con un nivel de significación de ( $\alpha = 0,05$ ). El compost se obtuvo a partir de residuos orgánicos con los siguientes materiales: 350 kg cáscara de cacao, 50 kg de rastrojo vegetal, 100 kg de estiércol de vaca, 50 kg de tallo de plátano y 50 kg de polvo de almendra de cacao; además para la obtención de los microorganismos eficientes se empezó con la recolección de mantillo y su preparación se dio de forma anaeróbica y aeróbica. Se concluye que el compost obtenido con aplicación de microorganismos eficientes comerciales a una dosis de 60 t/ha, representa el mejor rendimiento con 1 603,44 kg/ha de frijol, seguido por el compost con microorganismos eficientes de montaña a una dosis de 60 t/ha con 1 49,74 kg/ha, sin embargo el que tuvo mejor altura de planta fue el tratamiento T<sub>4</sub> (Microorganismos eficientes de montaña + 60 t/ha) con 34,31 cm de altura, para el diámetro de planta fue el tratamiento T<sub>8</sub> (Microorganismos eficientes comerciales + 60 t/ha) con 5,31 cm, para el número de hojas fue el tratamiento T<sub>2</sub> (Microorganismos eficientes comerciales + 20 t/ha) con 17,56 hojas por planta, para las flores y frutos fue el tratamiento T<sub>4</sub> (Microorganismos eficientes comerciales + 60 t/ha) con 39,00 y 31,33 flores y frutos respectivamente y en relación al análisis económico, el tratamiento T<sub>1</sub> (Microorganismos eficientes de montaña + 00 t/ha) tiene mayor índice de rentabilidad con 2,96 soles con una utilidad neta que fue de 4 525,21 soles/ha, indicándonos que este suelo cuenta suficientes nutrientes para un aceptable desarrollo del frijol, asimismo el tratamiento T<sub>4</sub> (Microorganismos eficientes de montaña + 60 t/ha) tiene menor IR con -0,40 soles con una utilidad neta negativa de -6 996,03 soles/ha.

**Palabras clave:** Abonos orgánicos, anaeróbica, utilidad, parámetros biométricos, rentabilidad.

# **The Effect of Compost from Agricultural Waste with Efficient Microorganisms on the *Phaseolus vulgaris* (Common Bean) Crop**

## **Abstract**

The present thesis work was carried out on the Universidad Nacional Agraria de la Selva's agronomy faculty homestead located in the Rupa Rupa district of the Leoncio Prado Province in the Huánuco region [of Peru], at the coordinates 390,646.00 m E, 8,969,724.00 m N, and 660.00 masl. Among the objectives, [the one that stood out was] to determine the process for obtaining compost from agricultural waste with the application of efficient microorganisms, as much as, the effect of the compost on the yield of the bean crop through a cost – benefit analysis.

The experimental design that was used for the present thesis work was the complete randomized block design (CRBD; DBCA in Spanish) with a factorial arrangement of 2A x 4B with three blocks. For the comparison of the averages, the Duncan test was used with a significance level of  $\alpha = 0.05$ . The compost was obtained from organic waste using the following materials: 350 kg of cacao pods, 50 kg of vegetable stubble, 100 kg of cow manure, 50 kg of plantain stalks, and 50 kg of cacao bean powder. Moreover, in order to obtain the efficient microorganisms, mulch was collected and its preparation was done in an anaerobic and aerobic fashion. It was concluded that the compost obtained from the application of commercial efficient microorganisms at a dose of 60 t/ac, represented the best yield, with 1603.44 kg/ac of beans, followed by the compost with efficient microorganisms from the mountain at a dose of 60 t/ac, [which had] 149.74 kg/ac. Nonetheless, treatment T<sub>4</sub> (efficient microorganisms from the mountain + 60 t/ac) was that which had the best plant height at 34.31 cm. For the plant diameter, [the best] was treatment T<sub>8</sub> (commercial efficient microorganisms + 60 t/ac) at 5.31 cm. For the number of leaves [the best] was treatment T<sub>2</sub> (commercial efficient microorganisms + 20 t/ac) at 17.56 leaves per plant. For the flower and fruit [the best] was treatment T<sub>4</sub> (commercial efficient microorganisms + 60 t/ac) at 39.00 and 31.33, flowers and fruit, respectively. In relation to the economic analysis, treatment T<sub>1</sub> (efficient microorganisms from the mountain + 00 t/ac) had the greatest profitability index at 2.96 soles, with a net utility that was 4525.21 soles/ac, indicating that this soil had sufficient nutrients for acceptable development of the bean. At the same time, treatment T<sub>4</sub> (efficient microorganisms from the

mountain + 60 t/ac) had the lowest PI (IR in Spanish) at -0.40 soles with a negative net utility of -6996.03 soles/ac.

**Keywords:** organic fertilizers, anaerobic, utility, biometric parameters, profitability



## I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, los residuos de cosechas agrícolas, como cascara de cacao, tallos de plátano, rastrojos, restos de cosecha, entre otros; sin un manejo adecuado terminan contaminando los cuerpos de agua cercanos a los lugares de siembra, generando proliferación de ciertas plagas y enfermedades, además de la contaminación persistente; es decir, sucede con mucha frecuencia en los productores nacionales que generan grandes volúmenes de residuos de cosecha sobre todo en los cultivos agroindustriales. En nuestra zona de selva, los residuos son arrojados a las quebradas o medianamente tratados o abandonados creando focos infecciosos, siendo una fuente de contaminación al medio ambiente, así mismo en la selva se tiene problemas con la fertilidad de suelos, ya que la mayoría de suelos son degradados, por tal motivo la producción de los cultivos es deficiente.

Actualmente se está tratando de solucionar esta problemática implementando el Manejo Integrado de los Residuos de cosecha, que comprende la valoración o aprovechamiento en este caso de la fracción orgánica que constituye un gran porcentaje de los mismos, causando este manejo en una economía circular, donde el productor agrícola, los aproveche, les dé un valor agregado y los reutilice en sus sembríos bajo un sistema agroecológico, además de contribuir a descontaminar el medio ambiente. También es conocido y conveniente la utilización de microorganismos eficientes (ME) que se encuentran al alcance de los agricultores, en el proceso de compostaje de los residuos agrícolas, toda vez que aceleran este proceso y contribuye a mejorar la calidad del compost, el mismo que se aprovecha como biofertilizantes y acondicionadores de suelos, esto con el fin de corregir la deficiencia de nutrientes.

La cascara de cacao, como otros restos de cosecha descompuestos, generalmente presentan una alta concentración de nutrientes; por esto es factible aprovecharlos para elaborar el compost, aplicando microorganismos eficientes, los mismos que permiten disminuir notablemente el tiempo de obtención y mejorar la calidad del compost al compararlos con los parámetros internacionales de calidad, del mismo modo se pretende probar diferente dosis de compost en el rendimiento del cultivo de *Phaseolus vulgaris* (frijol), y de acuerdo a ello recomendar una dosis adecuada.

Con el presente trabajo se pretende analizar cuan eficientes son los microorganismos eficientes nativos y comercial en la descomposición de los residuos agrícolas, la calidad y tiempo del compost obtenido y la dosis a recomendar para el cultivo de frijol; por lo que se plantea los siguientes objetivos:

**Objetivo general.**

Determinar el efecto del compost de residuos agrícolas, obtenidos con la aplicación de microorganismos eficientes en el cultivo de frijol.

**Objetivos específicos:**

1. Obtener compost de residuos agrícolas con la aplicación de dos tipos de microorganismos eficientes.
2. Determinar el efecto de diferentes dosis de compost obtenido, en el rendimiento del cultivo de frijol.
3. Realizar el análisis de rentabilidad o costo beneficio de los tratamientos

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Cultivo de frijol

#### 2.1.1. Taxonomía

Según Rosas et. al (2011), mencionan que la denominación de esta planta es *Phaseolus vulgaris*, la cual fue otorgada por Linneo en 1753. Pertenece al género *Phaseolus*, se clasifica en la tribu *Phaseoleae*, dentro del orden *Rosales*, y se ubica en la familia *Leguminosae* y subfamilia *Papilionoideae*.

#### 2.1.2. Origen

Rosas et. al (2011), menciona que la variabilidad genética, *Phaseolus vulgaris* es originario de América ya que existen descubrimientos arqueológicos los cuales evidencian que el frijol fue conocido cinco mil años antes de Cristo y se denomina como el centro de diversificación a México y Guatemala.

Soriano y Rojas (2006), hacen mención que en México y Guatemala se domesticaron el frijol, debido a que se encontraron hallazgos en los restos arqueológicos de los distintos asentamientos humanos de la antigüedad, Dado que se han descubierto registros de variedades de frijol común que actualmente son objeto de cultivo; hasta la fecha se ha logrado domesticar de un conjunto de 80 variedades silvestres de frijol, se identificaron 4 variedades que actualmente se cultivan.

Vázquez y Giraldo (2005), manifiestan que en el mundo hay una amplia diversidad de variedades de frijol, cada continente, cada país ha seleccionado para su consumo local ciertas variedades de frijol.

### 2.2. Requerimientos edafoclimáticos

Según lo que manifiesta Ocdih, (2012) citado por Zevallos, (2014).

El suelo más adecuado para este cultivar (frijol) es aquel que posee una textura franco-arcillosa, franco-arenosa o franco, con un buen drenaje interno, por lo que tiene resistencia al encharcamiento. El rango del pH óptimo para este cultivar es entre 5,5 y 7. Es importante evitar suelos pesados, que tienden a ser húmedos y fríos, ya que pueden dificultar el desarrollo de la planta y aumentar el riesgo de pudrición de las semillas debido a la retención excesiva de humedad.

Para lograr tener éxito en el cultivo de frijol, es fundamental mantener el pH del suelo en un rango de 6,5 a 7,5, ya que en esta franja se encuentran disponibles en mayor medida los nutrientes esenciales para la planta. No obstante, el frijol puede resistir un pH de hasta 5,5, aunque si desciende por debajo de este valor, suele manifestar signos de toxicidad por aluminio

(Al) y/o manganeso. Es esencial evitar la salinidad en los suelos, ya que el frijol no tolera niveles altos, y el máximo soportado es aproximadamente 1,5 mS/cm según lo manifestado por (Atilio y Reyes, 2008; UNALM, 2005; citado por Chambi, 2007).

El frijol presenta una adaptabilidad favorable en elevaciones que varían desde los 200 hasta los 1.500 metros sobre el nivel del mar. Para su crecimiento óptimo, necesita recibir una cantidad de lluvia entre 300 y 400 mm. Respecto a la temperatura, cuando se mantiene en un rango de 12 a 15°C, la vegetación del frijol muestra un bajo vigor, y si decrece menos de 15°C, por su mayoría sus frutos se desarrollan con una forma parecida a un "ganchillo". Por otro lado, si las temperaturas superan los 30°C, las vanas pueden presentar deformaciones y puede ocurrir caída de flores "aborto" (Chiappe, 1982; Bruno, 1990; citado por Jiménez, 2009).

A temperaturas inferiores a los 13°C provocan un retraso en el crecimiento del cultivo, mientras que las altas temperaturas, especialmente durante la noche, en la floración se ocasionan ciertos problemas como; pérdida de flores, una temprana maduración, un llenado de vainas escasas y su retención en la planta. También se tendrá unas semillas más pequeñas y con menor vigor en estas condiciones. Las mínimas temperaturas que el cultivo puede soportar para tener un desarrollo normal están relacionadas con las etapas del ciclo vegetativo; para la germinación 8°C, para la floración 15°C y de 18°C a 20°C para la madurez tal como manifiesta Principio del formulario (Espinoza, 2009; citado por Butrón, 2015).

Dentro de las condiciones agroecológicas óptimas para el cultivo de frijol, Fornos y Meza (2001), indica las siguientes:

Descripción	: Requerimiento
Altitud (msnm)	: 450 – 800
Temperatura (°C)	: 20 – 40
Precipitación (mm)	: 200 – 450
Textura	: Franco
Profundidad del suelo (cm)	: > 60
Pendiente (%)	: < 15
Drenaje	: Bueno
pH	: 6,5

### 2.3. Manejo agronómico del cultivo de frijol

Para la Gerencia Regional de Agricultura- Agencia Agraria, Trujillo [GRA-AAT, 2013], la preparación de terreno y la siembra del frijol, el suelo debe garantizar condiciones favorables para Una mejora en la germinación de las semillas, un desarrollo más óptimo del sistema de raíces y una disminución en el crecimiento de las malezas (INTA, 2009). Se sugiere poner 3 semillas por agujero durante la siembra, a una profundidad de 4 a 6 centímetros, y mantener una separación de 0,70 metros entre los surcos y de 0,20 metros entre cada planta. La cantidad de semillas necesarias para sembrar una hectárea esta determina de acuerdo al tamaño del grano, la densidad de siembra “espaciamento entre los surcos y las plantas” y el porcentaje que tiene las semillas de germinación.

Para lograr una producción recomendable de frijol, se debe emplear semillas frescas y de alta calidad, de preferencia certificadas, o seleccionarlas de las mejores plantas cultivadas. Antes de realizar siembra, es fundamental que las semillas se deben desinfectar con algún tipo de fungicida, especialmente si dichas semillas vienen de un lugar que fue o es afectada por alguna enfermedad que pueda ser transmitida por semillas. También se aconseja aplicar un insecticida a las semillas previo a la siembra para poder tener un mayor control de los daños causados por plagas presentes en el suelo. Un factor de gran relevancia que puede afectar el rendimiento del cultivo de frijol negativamente, esto podría darse por el uso de semillas susceptibles o no certificadas (GRA–AAT, 2013).

**Abonamiento:** Al respecto la (Asociación Regional de Exportadores de Lambayeque, [AREX-L], 2014), sostiene lo siguiente a cerca del abonamiento.

El cultivo de frijol tiene un periodo de crecimiento que oscila entre 100 y 120 días hasta que se logre la cosecha, con un promedio de rendimiento de 2 500,00 kg/ha. Por lo general, del suelo extrae cantidades de nitrógeno que varían entre 60 y 80 kg/ha, así como fósforo en un aproximado de 40 kg/ha. En suelos con deficiencias de nitrógeno y fósforo “suelos ácidos”, y altos niveles de aluminio (Al) y manganeso (Mn), por lo que es esencial aplicar medidas correctivas adecuadas.

Los óptimos resultados en cuanto a rendimientos se han obtenido al utilizar fertilizantes nitrogenados, pero es crucial evitar exceder las dosis recomendadas para evitar un crecimiento excesivo que afecte negativamente la producción de la cosecha y esto hace que estas plantas tengan cierta susceptibilidad al ataque de plagas y enfermedades.

Respecto a los fósforos, se ha notado una inclinación favorable en cuanto al rendimiento, lo que sugiere que el frijol responde bien a la fertilización con este elemento, sin

embargo, en las regiones costeras, debido que en el suelo se encuentra un contenido de potasio, prácticamente hay una respuesta nula al uso de fertilizantes potásicos.

Con respecto al riego, control de plagas y enfermedades y malezas del frijol, el (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria [INTA], 2009); sostiene que:

El cultivo de frijol requiere una cantidad específica de agua en distintas etapas de su crecimiento. Desde el momento de la siembra hasta la prefloración es necesario 3,4 mm de agua diariamente; mientras que, durante la floración, se requiere cantidades de 6 mm por día; y 5 mm por día desde la formación de vainas hasta el respectivo llenado de grano. En general, a lo largo de todo su ciclo, el frijol necesita entre 200 y 400 mm de agua. Los momentos cruciales para el frijol son 15 días antes de la floración y de 18 a 22 días antes de la maduración de las primeras vainas. Durante este período, un control eficiente de las malezas puede reducir las pérdidas de rendimiento entre un 50 % y 70 %. Los primeros treinta días después de la siembra son fundamentales para el desarrollo del frijol, ya que representan el momento crítico de competencia con las malezas. Desde los 30 hasta los 50 días, el crecimiento es rápido y las plantas alcanzan su máxima área foliar, lo que ayuda a controlar las malezas debido al sombreado proporcional. Hasta el final del ciclo de cultivo, de cierta forma la competencia con malezas no afecta el rendimiento, pero también esto dificulta la cosecha. Por lo que el control de malezas debe ser de una forma sistemático e integrado, utilizando diferentes métodos culturales, mecánicos y químicos. Un cultivo que este bien establecido y bien vigoroso es un factor muy importante en el programa integrado de control de malezas. En cuanto a plagas y enfermedades, los insectos plaga pueden tener un impacto significativo en el cultivo de frijol y provocar pérdidas importantes. Estos insectos pueden dañar directamente las plantas al succionar la savia y consumir tejido vegetal, o indirectamente al transmitir enfermedades. Por lo tanto, es esencial adoptar un enfoque preventivo en el manejo de plagas, ya que es preferible prevenir problemas que tener que enfrentar las consecuencias de un ataque masivo.

En cuanto a las plagas más importantes del cultivo de frijol (AREX-L, 2014), indica que son *Feltia experta*, *Agrotis ypsilon*, *Spodoptera frugiperda* (Gusano cortador), *Empoasca kraemeri* (Lorito verde o Cigarrita), *Epinotia aporema*, (Barrenadores de los brotes), *Laspeyresia leguminis* (Barrenadores de vainas). El frijol puede verse afectado por una variedad de patógenos, y su susceptibilidad a estas enfermedades está influenciada por factores ambientales y la virulencia de los patógenos. Existen varias enfermedades de alta relevancia que pueden causar daños significativos en la producción del cultivo de frijol, estos pueden ser hongos, bacterias y virus (INTA, 2009); además manifiesta que las enfermedades que causan pérdidas económicas en el frijol son: *Rizoctonia sp.*; *Fusarium sp* (Putridiones radiculares),

*Uromyces Appendiculatus* (Roya), *Botritis sp* (Botritis) Y *Meloidogyne incógnita* (Nemátodos del nudo y de la raíz).

#### **Cosecha y postcosecha:**

En el momento en que las vainas del frijol adquirieron un tono verde amarillento, las plantas son recolectadas y apiladas para completar el proceso de secado y llevar a cabo la trilla. A través de experimentos, se ha demostrado que de cierta forma la calidad del grano, evaluada por el tiempo de cocción y el color de la testa, es dice que es óptima cuando la cosecha se realiza hasta en 10 días como máximo después de alcanzar la madurez fisiológica, y la trilla se lleva a cabo en un plazo inferior a 15 días desde la recolección. Si el frijol se mantiene en la planta por períodos prolongados después de alcanzar la madurez fisiológica o si se retrasa la trilla después de la cosecha, el color del grano se oscurece y el tiempo de cocción aumenta (AREX-L, 2014).

#### **2.4. Morfología**

La (Comisión Veracruzana de Comercialización Agropecuaria, [COVECA], 2010), dan a conocer que el sistema de raíces de la planta de frijol está compuesto por una raíz principal pivotante, que empieza en la radícula del embrión, y múltiples raíces secundarias altamente ramificadas cercanas a la superficie del suelo. Se dice que en las partes jóvenes de las raíces laterales, se encuentran estructuras especializadas conocidas como pelos absorbentes, que tienen la función de absorber agua y nutrientes, además de las bacterias del género *Rhizobium*, que pueden fijar nitrógeno atmosférico. El sistema radical del frijol se clasifica como fibroso los tallos del frijol son delgados y débiles, y el tallo principal tiene un diámetro mayor que las ramas laterales. Pueden exhibir diferentes colores, como verde, rosa o morado. El tallo puede ser de tipo determinado si su crecimiento culmina en una inflorescencia, o de tipo indeterminado si su yema apical continúa creciendo de manera vegetativa. Las hojas del frijol se dividen en dos tipos: simples y compuestas. Los cotiledones, que son las primeras hojas, las primeras hojas verdes se desarrollan en el segundo nudo y son de tipo simple, opuestas y cortados a partir del tercer nudo, se forman las hojas compuestas, las cuales son de tipo alternas y están compuestas por tres folíolos, un peciolo y un raquis.

El fruto del frijol es alargado y ligeramente comprimido, con una suave curvatura y una longitud de aproximadamente 10 a 12 cm. Tiene una apertura por dehiscencia y puede presentar colores que varían entre verde, morado o casi negro las semillas son de forma reniforme, oblonda, ovalada o redondeada, y tienen una ligera compresión. Su color puede ser rojo, amarillo, café o negro (Sigma, 2006).

El frijol, al pertenecer al grupo de las plantas leguminosas, es capaz de aprovechar el nitrógeno atmosférico mediante una asociación simbiótica con bacterias nitrificantes conocidas como *Rhizobium phaseoli* (*Rhizobium*). Esta simbiosis resulta altamente beneficiosa para la agricultura. (Camarena et al., 2002).

El cultivo del frijol se lleva a cabo debido a su capacidad para producir hojas, vainas y granos tanto de color verde como secos, en algunos países de África y Latinoamérica, se consumen las hojas verdes, flores jóvenes y vegetales tiernos y frescos del frijol como parte importante de la dieta. Asimismo, el frijol es utilizado como alimento para el ganado, que consume sus hojas, vainas verdes y tallos, requiere una valiosa fuente de nutrientes para los animales.

Una característica relevante del frijol es su habilidad para llevar a cabo la nitrificación del suelo, esto se logra mediante una simbiosis con bacterias del género *Rhizobium*, que permite captar el nitrógeno atmosférico y transformarlo en una forma asimilable por la planta, además, el frijol se emplea en la preparación de abonos orgánicos, los cuales son esenciales para aumentar la materia orgánica en el suelo y mejorar su fertilidad (Singh, 1999).

En cuanto a la raíz del frijol, Quintero (2002), indica que, la planta del frijol consta de la raíz principal, la raíz secundaria y varias raicillas cuando germina, la semilla desarrolla rápidamente sus raíces, profundizando hasta unos cuarenta centímetros y extendiéndose hasta unos treinta centímetros de radio a lo largo del tallo principal, se forman numerosas raíces laterales que permanecerán durante todo el ciclo de producción, gracias a la simbiosis con el *Rhizobium*, el frijol es capaz de fijar el nitrógeno atmosférico, formando nódulos en las raíces y concentrando grandes cantidades de nitrógeno en forma de aminoácidos y proteínas en la planta, en cuanto al tallo, su crecimiento puede variar y presenta nudos y entrenudos a lo largo de su longitud, con una hoja naciendo en cada nudo. La altura del tallo depende de la variedad del frijol; algunas variedades tienen un crecimiento determinado, alcanzando una altura de aproximadamente sesenta centímetros, mientras que otras tienen un crecimiento indeterminado, pudiendo medir hasta diez metros de longitud y sin desarrollar inflorescencia en la yema terminal las hojas del frijol son alternas y se componen de tres folíolos grandes y ovalados, con extremos acuminados, el limbo de las hojas muestra un sistema de nervaduras ramificadas y un nervio central.

El número de semillas por vaina en el frijol varía entre dos y diez cada semilla presenta una cubierta externa que incluye la testa, el micrópilo, el hillum y el rafe, en su interior se encuentran, la plúmula los cotiledones, las hojas primarias y la radícula, las distintas variedades de frijol son importantes debido a las variaciones en el color, brillo y forma de los granos (Vecco, 1997).



## 2.5. Fases del desarrollo de la planta

### 2.5.1. Fase vegetativa

Este período inicia cuando las condiciones son favorables para la germinación de la semilla y concluye en el momento que aparecen los primeros botones florales en variedades de crecimiento determinado, ó también los primeros racimos en variedades de crecimiento indeterminado. Durante esta fase, la planta establece la estructura vegetativa óptima para iniciar la actividad reproductiva. El desarrollo de los meristemos terminales del tallo y las ramas en la fase vegetativa genera la formación de nudos, que dan lugar a complejos axilares con potencial para un desarrollo futuro (Camarena et al., 2009).

La etapa vegetativa da comienzo cuando las semillas encuentran condiciones propicias para iniciar la germinación y concluye con la aparición de los primeros botones florales en las variedades de crecimiento determinado, o también con los primeros racimos en las variedades de crecimiento indeterminado. Durante esta fase, se establece la estructura vegetativa necesaria para activar la reproducción de la planta. En la fase vegetativa, el crecimiento de los meristemas terminales del tallo y las ramas genera nudos donde se forman complejos axilares, sujetos a un desarrollo posterior. (Rosas, 2003).

### 2.5.2. Fase reproductiva.

Rosas, (2003) menciona lo siguiente a cerca de las fases reproductivas del cultivar de frijol

**Prefloración (R5):** Esto da inicio cuando se presenta el primer racimo o botón floral. En las variedades (Tipo I) que tienen un hábito de crecimiento determinado, culmina su crecimiento de las ramas y los tallos dandi inicio a la inflorescencia; en cambio las variedades (Tipos II, III y IV) de hábito de crecimiento indeterminado estas no detienen su crecimiento.

**Floración (R6):** Da inicio con la aparición de la primera flor abierta, luego se fecunda la flor, la corola se llega a marchitar y posteriormente la vaina da inicio su crecimiento.

**Formación de vainas (R7):** Comienza cuando la planta da inicio con la formación de la primera vaina. Durante los primeros 10 a 15 días después de la floración, se lleva a cabo el desarrollo inicial de las valvas, durante esta etapa, primeramente, se observa un crecimiento longitudinal de la vaina así mismo se llaga a apreciar un crecimiento muy ligero de los granos, una vez que las valvas llegan a su dimensión o peso final, comienza el proceso de llenado de las vainas.

**Llenado de vainas (R8):** Empieza con el llenado de las primeras vainas, pero se da por un periodo de aproximadamente 10 a 15 días después que termina la floración, durante este período, el peso de las vainas va aumentando hasta alcanzar su máximo a los 15 a 20 días después de la floración, a medida que las valvas llegan a su peso y dimensión máxima, el peso de los granos también aumenta, llegando a su máximo entre los 30 y 35 días después que se dio la floración.

Al final de esta etapa, los granos experimentan un cambio de color, dejando de ser verdes para adquirir las características de pigmentación propias de la variedad. En ciertos genotipos, las valvas de las vainas también comienzan a pigmentarse en esta etapa. En consecuencia, al finalizar esta fase, se pueden observar las primeras hojas con síntomas de clorosis (pérdida de color verde) y las primeras defoliaciones en algunas plantas.

**Maduración (R9):** Durante este período, ocurre el proceso de deshidratación y secado de las vainas y la planta. Esta fase se inicia desde la aparición de los botones florales o racimos y se extiende hasta que la cosecha alcanza la madurez. En el caso de las plantas con un hábito de crecimiento indeterminado, incluso después de finalizar la fase vegetativa, continúa la formación de las estructuras vegetativas. Lo permite que una planta esté produciendo simultáneamente hojas, ramas, tallos, flores y vainas.

La etapa reproductiva abarca desde la aparición de los botones florales o racimos hasta que la cosecha alcanza la madurez. En el caso de las plantas de crecimiento indeterminado, incluso después de concluir la fase vegetativa, sigue ocurriendo la formación de estructuras vegetativas, lo que les permite producir al mismo tiempo hojas, ramas, tallos, flores y vainas.

## **2.6. Compostaje**

### **2.6.1. Proceso de descomposición**

Los mayores componentes de los materiales orgánicos son el carbono, nitrógeno, oxígeno y el hidrógeno. Inicialmente estos compuestos están formando moléculas complejas que no son disponibles para la planta, sin embargo, una vez han actuado las bacterias en presencia del oxígeno libre del aire las moléculas se descomponen en otras más simples que son asimiladas por las plantas, este proceso se conoce como mineralización de la materia orgánica (Vega, 2018).

Para que este proceso de mineralización química ocurra de manera eficiente, es fundamental que el contenido de carbono y nitrógeno mantenga una proporción previamente estudiada, se ha determinado que una relación carbono/nitrógeno de 30/1 es adecuada, siendo necesario un contenido de carbono significativamente mayor que el de

nitrógeno, si la proporción de carbono es mayor a la indicada, la actividad biológica disminuye, lo que prolonga el proceso de descomposición, por otro lado, si hay una deficiencia de carbono, puede provocar pérdidas de nitrógeno en forma de amoníaco, lo que resulta en malos olores (Alcolea y González, 2000).

En cuanto a la relación C/N, Vega (2018), indica que cuando la relación carbono/nitrógeno está equilibrada de manera adecuada, se asegura la presencia de otros nutrientes necesarios como fósforo, potasio, azufre y calcio en cantidades adecuadas, además, el oxígeno libre del aire es esencial para lograr una descomposición óptima, ya que los microorganismos involucrados en el proceso son aerobios, una matriz bien estructurada permite que el aire se distribuya de manera uniforme en todo el material, lo que favorece la descomposición aeróbica, por otro lado, si el material es demasiado denso y no hay suficiente aire, se produce una descomposición anaeróbica, que conduce a la putrefacción y la generación de malos olores medir directamente el contenido de oxígeno en el proceso puede requerir equipos costosos, pero se puede monitorear indirectamente a través de la humedad y la temperatura, estos dos parámetros también son esenciales para el compostaje, la humedad adecuada es un factor crucial para el proceso, ya que si hay escasez de agua, la descomposición se ralentiza y no se completa de manera efectiva, por otro lado, un exceso de agua puede saturar el material y desplazar el aire, provocando putrefacción. La evolución de la temperatura durante este proceso está estrechamente relacionada con la actividad biológica, así mismo también influyen otros factores como la cantidad de residuos, el clima, el sistema de compostaje, la ubicación y la frecuencia de riegos y volteos, estos factores deben ser monitoreados cuidadosamente para asegurar un proceso de compostaje exitoso.

### **2.6.2. Fases.**

Román et al., (2013), mencionan las siguientes fases en la descomposición del compost.

Cuando los microorganismos comienzan a descomponer el carbono, el nitrógeno y toda la materia orgánica inicial, liberan calor, lo que se puede apreciar mediante cambios de temperatura a lo largo del tiempo, basándose en la temperatura generada durante el proceso, se identifican tres etapas principales en el compostaje, junto con una etapa de maduración que varía en duración. A continuación, se detallan estas etapas (Román et al., 2013).

- En la etapa mesófila del proceso de compostaje, el material inicial inicia la descomposición a temperatura ambiente, y en un breve lapso, experimenta un aumento térmico hasta alcanzar los 45 °C. Este aumento de temperatura es provocado por la actividad

microbiana, ya que, durante esta fase, los microorganismos utilizan las fuentes de carbono y nitrógeno, generando calor como resultado. La descomposición de compuestos solubles, como los azúcares, produce ácidos orgánicos como subproductos, lo que puede ocasionar una disminución del pH (hasta aproximadamente 4,0 o 4,5). Esta fase tiene una duración que oscila entre dos y ocho días.

- En la etapa termófila o de higienización del proceso de compostaje, la temperatura del material en compostaje se eleva por encima de los 45 °C, lo que conduce a la substitución de los microorganismos mesófilos, que se desarrollan a temperaturas moderadas, por aquellos que prosperan a temperaturas más elevadas, principalmente bacterias termófilas. Estas bacterias termófilas desempeñan un papel crucial en la descomposición de fuentes más complejas de carbono, como la celulosa y la lignina. A partir de los 60 °C, se desarrollan bacterias que producen esporas y actinobacterias, las cuales son responsables de descomponer las ceras, hemicelulosas y otros compuestos de carbono complejos. La duración de esta fase puede variar desde algunos días hasta varios meses, dependiendo del tipo de material, las condiciones climáticas y otros factores ambientales. La fase termófila, también conocida como fase de higienización, recibe este nombre porque el calor generado durante este proceso destruye bacterias y contaminantes de origen fecal, como *Escherichia coli* y *Salmonella spp.* Además, las temperaturas superiores a 55 °C eliminan los quistes y huevos de helmintos, esporas de hongos fitopatógenos y semillas de malezas que podrían estar presentes en el material inicial. El resultado es un producto compostado higienizado.

- En la etapa de enfriamiento o mesófila II, cuando se agotan las fuentes de carbono, especialmente el nitrógeno en el material en compostaje, la temperatura experimenta una notable disminución hasta alcanzar los 40-45 °C. Durante este periodo, la degradación de polímeros como la celulosa continúa, y también se hacen visibles algunos hongos a simple vista. A medida que la temperatura desciende a 40 °C, los organismos mesófilos reinician su actividad y el pH del medio disminuye levemente, aunque en términos generales, el pH se mantiene ligeramente alcalino. Esta fase de enfriamiento abarca varias semanas y puede ser confundida con la fase de maduración, dado que comparten características similares.

- En la etapa de maduración, que puede extenderse durante varios meses a temperatura ambiente, se llevan a cabo reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos ricos en carbono. Estas reacciones dan origen a la formación de ácidos húmicos y fúlvicos.

Asimismo, Sandoval (2006), citado por Chauca (2014), menciona las siguientes ventajas del compost:

- El compost se emplea tanto como enmienda orgánica como restaurador de la materia orgánica en los campos de cultivo, generando un impacto positivo significativo en las propiedades del suelo. La presencia adecuada de materia orgánica en el suelo es esencial para preservar su fertilidad.
- La existencia de materia orgánica ejerce una influencia beneficiosa en las características físicas del suelo. Contribuye a mejorar la estabilidad de la estructura de los agregados en suelos agrícolas, volviéndolos más permeables en suelos densos y más compactos en suelos livianos. Además, aumenta la permeabilidad al agua y al aire, al tiempo que eleva la capacidad del suelo para retener agua mediante la formación de agregados.
- La materia orgánica desempeña un papel beneficioso en las propiedades químicas del suelo. Aporta macronutrientes esenciales como nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), mejorando la capacidad de intercambio de cationes del suelo. Esta capacidad facilita la absorción de nutrientes catiónicos por el suelo y, posteriormente, los pone a disposición de las plantas, evitando su lixiviación. Además, los compuestos húmicos presentes en la materia orgánica forman complejos y quelatos estables, aumentando la probabilidad de que sean asimilados de manera eficiente por las plantas.
- La existencia de materia orgánica en el suelo tiene un impacto significativo en su actividad biológica. La materia orgánica sirve como fuente de energía y nutrición para los microorganismos presentes en el suelo. Estos organismos se alimentan del humus, contribuyendo así a su descomposición y mineralización. La presencia de una población microbiana activa se convierte en un indicador clave de la fertilidad del suelo.

### **2.6.3. Relación C/N**

Los microorganismos encargados de la descomposición del compost requieren un suministro adecuado de nutrientes, especialmente carbono para obtener energía y nitrógeno para la síntesis de proteínas. Un indicador crucial de la salud de estos microorganismos es la proporción de carbono a nitrógeno disponible. La relación C/N ideal se sitúa alrededor de 30/1; relaciones más altas pueden inhibir el crecimiento microbiano, ralentizando la descomposición. Por otro lado, relaciones más bajas aceleran la descomposición, pero pueden ocasionar la pérdida de nitrógeno en forma de amoníaco y agotar rápidamente el oxígeno disponible, resultando en malos olores característicos de condiciones anaeróbicas (Gilbert y Wendell, 2008).

#### 2.6.4. pH

El seguimiento del pH es otro elemento fundamental para evaluar el entorno microbiano y la estabilización de los residuos durante el proceso de compostaje. El valor del pH, similar a la temperatura, puede experimentar variaciones a lo largo del tiempo, fluctuando entre 5 y 9, según la etapa específica del compostaje (Bejarano y Delgadillo, 2007).

### 2.7. Contenidos de la materia orgánica

La dimensión inicial de las partículas que constituyen la materia destinada al compostaje es un factor esencial para optimizar el proceso. Cuanto mayor sea la superficie expuesta al ataque microbiano por unidad de masa, más rápida y completa será la reacción. Por lo tanto, desmenuzar el material facilita el acceso de los microorganismos y aumenta la velocidad del proceso de compostaje (Chauca, 2014).

#### 2.7.1. Cascara de cacao

Las mazorcas de cacao pueden ser empleadas como materia prima para la producción de abono mediante la combinación de diversos residuos de cultivos, como hojas, tallos, frutos y desperdicios residenciales. Estos residuos orgánicos experimentan un proceso de descomposición a través de la acción de diversos organismos, que convierten la materia orgánica en nutrientes útiles para las plantas, conocido como compost, este compost es económicamente viable de producir debido a la utilización de los residuos disponibles. Además, se destaca que la mazorca de cacao es altamente nutritiva y no contiene sustancias perjudiciales como la teobromina, que se encuentra en las semillas y cascarillas de los granos de cacao, por lo tanto, es recomendable implementar tecnologías para el aprovechamiento de los desechos agrícolas generados en la industria del cacao (Vega, 2018).

**Tabla 1.** Información nutricional de la cáscara de cacao.

<b>Composición nutricional</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
Materia seca	%	90,00
Energía metabólica	M Cal/k	1,29
Proteínas	%	6,30
Calcio	%	0,72
Fosforo total	%	0,28
Fibra	%	10,17

**Fuente:** Moncayo, 2012

#### 2.7.2. Aprovechamiento y mineralización de los residuos orgánicos

Matamoros (2016), indica que el aprovechamiento consiste en una eficiente recuperación de diversos materiales presentes en los desechos, con el propósito de maximizar su uso y reducir la cantidad de residuos. Esta práctica ayuda a la conservación de

recursos naturales, la reducción del consumo de energía y la prevención de la contaminación de los cuerpos de agua, para lograr este propósito, se aplican técnicas de transformación física, química y biológica.

El compostaje es una técnica específica de aprovechamiento, definida como el resultado de la degradación aeróbica de residuos orgánicos. El compost que se obtiene es un material, estable y muy similar al humus, que no representa riesgos para el medio ambiente o la salud pública, se produce en condiciones controladas que imitan, favorecen, aceleran el proceso natural de formación del compost. En este contexto, las fincas cacaoteras se destacan como una de las principales fuentes de generación de residuos orgánicos.

### **2.7.3. Calidad de compost**

La calidad del compost final se ve afectada por diversos factores, como el tipo de material compostado, el método de compostaje, la procedencia del material, el tipo de recolección, la presencia o ausencia de recolección adicional en la planta, y el tratamiento del residuo (tecnología, equipamiento, operación, organización y seguridad laboral). Es crucial realizar controles no solo en el producto final, sino también en las materias primas y durante todo el proceso de compostaje, ya que esto determinará la calidad del compost resultante. Los diferentes materiales sujetos a compostaje influyen en el tipo de compost obtenido, lo que complica la tarea de establecer sistemas para evaluar su calidad. Además, los posibles usos para el compost son variados, y cada aplicación específica tiene requisitos particulares (Gómez, 2007).

La materia orgánica en el suelo es un componente presente en pequeñas cantidades, compuesto por restos de origen vegetal y animal, gracias a la acción de los microorganismos del suelo, estos restos se transforman en una materia rica en nutrientes que las plantas pueden utilizar, proporcionando macro y micronutrientes, cuando se añaden restos orgánicos de origen vegetal o animal al suelo, los microorganismos realizan la transformación de los compuestos complejos en nutrientes minerales solubles para las plantas., sin embargo, este proceso es lento, lo que significa que la materia orgánica no actúa como una fuente inmediata de nutrientes para las plantas, sino más bien como una reserva de nutrientes que se liberan gradualmente en el suelo (Meléndez y Soto, 2003).

### **2.7.4. Microorganismos eficientes**

Los microorganismos eficientes son una mezcla de diversos microorganismos beneficiosos, presentes en la naturaleza y no alterados genéticamente, estos microorganismos son fisiológicamente compatibles entre sí y coexisten en un medio líquido, originarios de Japón, se utilizan en diversas aplicaciones en más de 110 países alrededor del

mundo, ofreciendo soluciones para diversos problemas en la agricultura, el medio ambiente, la acuicultura y otras áreas (Ramírez 2006).

### **2.7.5. Composición microbiológica de los principales tipos de ME**

Los microorganismos eficientes (EM) es la agrupación de muchos microorganismos de 3 grandes géneros: bacterias fototróficas bacterias ácidolácticas y actinomicetos:

Bacterias fototróficas son microorganismos que sintetizan sustancias beneficiosas, como aminoácidos, ácidos nucleicos, compuestos bioactivos y azúcares, a partir de las secreciones de las raíces y la materia orgánica. Estas bacterias fomentan el crecimiento y desarrollo de las plantas y son consideradas el eje central de la actividad de los microorganismos eficientes (EM), ya que proporcionan un soporte para otros microorganismos (Ramírez, 2006).

Las bacterias son los principales agentes responsables de la descomposición y de la producción de calor en el proceso de compostaje, específicamente, las bacterias mesófilas desempeñan un papel crucial durante la etapa inicial del compostaje debido a su gran capacidad para crecer rápidamente en las proteínas solubles y otros sustratos fácilmente disponibles en el compostaje. (Pinto, 2001).

Estos microorganismos presentan una tolerancia a temperaturas de hasta 55°C, pero su población experimenta una disminución significativa a temperaturas de 60°C o superiores. En condiciones desfavorables, estos microorganismos forman estructuras conservativas, conocidas como endoesporas, como estrategia de supervivencia. Estas endoesporas son altamente resistentes al calor y la sequedad. Una vez que el compost se enfría, las bacterias mesófilas vuelven a ser predominantes, y la recolonización está influenciada por el tipo de esporas generadas en etapas anteriores y las condiciones presentes en la masa de compostaje (Pinto, 2001).

Las bacterias ácido lácticas son capaces de generar ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos presentes en el sustrato, los cuales son producidos por bacterias fotosintéticas y levaduras, el ácido láctico tiene la función de controlar la proliferación de microorganismos dañinos y mejorar la descomposición de la materia orgánica, entre las bacterias ácido lácticas destacan el “*Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei* y *Streptococcus lacteis*”, los cuales promueven la fermentación y descomposición de lignina y celulosa, permitiendo una descomposición más rápida de los materiales vegetales, además, estas bacterias tienen la capacidad de suprimir microorganismos patógenos, como los hongos



del género *Fusarium*, que debilitan las plantas y las vuelven susceptibles a otras enfermedades y plagas (Higa, 1998).

Fungí (Hongos), Estos microorganismos tienen la capacidad de producir sustancias antimicrobianas y compuestos beneficiosos para el crecimiento de las plantas, utilizando azúcares y aminoácidos, las bacterias fotosintéticas sintetizan estos elementos, así como la materia orgánica, los hongos, por su parte, producen enzimas y hormonas que promueven la división activa de células y también actúan como sustratos útiles para las bacterias ácido lácticas y los actinomicetos (Fioravanti, 2005).

Las levaduras poseen la capacidad de generar sustancias antimicrobianas y ofrecen beneficios significativos al crecimiento de las plantas, aprovechando aminoácidos y azúcares liberados por bacterias fototróficas, así como materia orgánica y raíces de las plantas. Algunas de las levaduras presentes en este contexto incluyen *Saccharomyces cerevisiae* y *Cándida utilis*. Por otro lado, los actinomicetos desempeñan un papel como antagonistas de numerosas bacterias y hongos patógenos para las plantas. Esto se debe a su habilidad para producir antibióticos, contribuyendo así a mantener la salud de las plantas en el entorno (Ramírez, 2006).

Durante la etapa termófila del compostaje, ciertas especies de microorganismos se hacen presentes, mientras que otras son más significativas durante la fase de enfriamiento o maduración, cuando solo los materiales más resistentes permanecen. Estos microorganismos desempeñan un papel crucial en la descomposición de compuestos orgánicos complejos, como materiales leñosos, paja y aserrín, dentro del proceso de compostaje (Miller, 1991).

Cabe mencionar que las condiciones óptimas para su desarrollo son ambientes húmedos pero aerobios, y con un pH neutro o ligeramente alcalino (Lacey, 1973, citado por Miller, 1991).

Los actinomicetos del género *Streptomyces* son responsables del característico olor a tierra que se encuentra en los suelos, debido a que producen una serie de compuestos llamados geosminas. En el compost, es común encontrar actinomicetos como “*Actinobifida chromogena*, *Micrbispora bispora*, *Micropolyspora faeni*, *Nocardia sp.*, *Streptomyces rectus*, *S. thermofuscus*, *S. thennovulgaris*, *S. violaceus-ruber*, *Thennoactinomyces vulgaris*, *T. sacchari*, *Thermonospora curvata*, *T. viridis*”. La presencia de estos actinomicetos en el proceso de compostaje es importante por su capacidad enzimática para degradar compuestos orgánicos complejos como la celulosa y la lignina.

Además, muchas de las especies que intervienen en el proceso son resistentes a las altas temperaturas que se alcanzan en el compost durante la degradación aeróbica (Ramírez, 2006).

## **2.8. Trabajos de investigación**

Huamán (2015), concluyo que se obtuvieron mejores resultados al utilizar microorganismos provenientes del bosque en comparación con aquellos de cultivo, para acelerar la transformación de desechos orgánicos en compost, esto se tradujo en una reducción del tiempo necesario para la maduración del compost y en un contenido nutricional bueno, sin embargo, tanto los microorganismos del bosque como los de cultivo cumplen con los estándares de calidad requeridos.

Soriano (2016), menciona que la calidad del compost está directamente relacionada con el proceso de producción y aplicación de los "Microorganismos Eficaces". Después de una evaluación conforme a las normativas, los compost resultantes podrán ser adecuadamente utilizados en parques, jardines y en la recuperación de áreas degradadas.

De La Cruz (2017), Durante un período de dos meses, utilizó "Microorganismos Eficaces" en la producción de compost con el cual logró un aumento de peso final superior al 50 %. Entre los tratamientos evaluados, el tratamiento 3 mostró la mayor eficacia con un incremento del 78 % en el peso final, lo que significa que por cada 1 kg de residuos ingresados se obtuvo 0,78 kg de compost degradado, el uso de los "Microorganismos Eficaces" aceleró significativamente el proceso de descomposición del compost, al mismo tiempo que neutralizó los malos olores, reduciendo la generación de contaminantes como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y otros. Además, se evitó la presencia de vectores, como larvas de moscas, mosquitos y hormigas, el compost obtenido mediante esta técnica se empleará como enmienda orgánica o sustrato de cultivo, lo que representa una opción beneficiosa para mejorar la calidad del suelo y fomentar el desarrollo de cultivos de manera más sostenible.

Yanasupo (2018), se ha comprobado que la incorporación de microorganismos eficientes tiene un impacto significativo en las propiedades físico-químicas y biológicas del compost, especialmente en los tratamientos T1 (30% residuos de maíz + 70% estiércol de vaca + microorganismos eficientes) y T2 (50% residuos de maíz + 50% estiércol de vaca + microorganismos eficientes). En cuanto a las proporciones utilizadas, estas influyen en la velocidad de descomposición del residuo de cosecha de maíz, observándose resultados notables en los tratamientos T3 (70% residuos de maíz + 30% estiércol de vaca + microorganismos eficientes) y T6 (70% residuos de maíz + 30% estiércol de vaca).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Características del campo experimental

##### A. Ubicación política

La investigación para esta tesis fue realizada en el terreno perteneciente a la Universidad Nacional Agraria de la Selva y en la Facultad de Agronomía, ubicado en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco; como se aprecia en la figura 1.



**Figura 1.** Mapa de ubicación del campo experimental (Fundo Agrícola - UNAS).

##### B. Ubicación geográfica

Se determinó con el equipo GPS navegador Garmin Oregon 550, siendo las coordenadas UTM: 390 646,00 m E, 8 969 724,00 m N y 660,00 msnm de altitud.

##### C. Registros meteorológicos

En la Tabla 2 se muestra los datos meteorológicos recopilados en la Estación Experimental Meteorológica de José A. Quiñonez, ubicada en Tingo María, Huánuco, correspondientes a los meses de enero a junio de 2021. El campo experimental se caracteriza por un clima cálido y húmedo, con características semi-tropicales, durante este período, se

registró una temperatura media de 25,2 °C, una precipitación promedio de 318 mm por mes y una humedad relativa del 82,5 %. Es importante mencionar que la humedad relativa mostró variaciones debido a los cambios en los patrones pluviales durante ese periodo.

**Tabla 2.** Datos meteorológicos durante la ejecución del experimento en el periodo de enero – junio del 2 021

Meses	Temperatura (°C)			Precipitación (mm)	H.R. (%)
	Max.	Min.	Media		
Enero	30,20	20,78	25,49	451	80,84
Febrero	30,75	21,11	25,93	406	80,64
Marzo	31,17	21,25	26,21	399	81,93
Abril	30,40	20,88	25,64	289	81,54
Mayo	30,44	20,41	25,43	218	89,95
Junio	29,91	20,20	25,05	150	80,15
Promedio	30,47	20,77	25,2	318	82,50

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMI), Estación Meteorológica; José A. Quiñonez. Tingo María-Huánuco.

#### D. Análisis de suelo

Se recolectaron muestras de suelo antes de aplicar en compost en cada tratamiento, y posteriormente se llevaron al Laboratorio de Análisis de Suelo de la UNAS para su análisis. En la Tabla 3 se muestran los resultados del análisis físico-químico del suelo al inicio (tratamiento testigo) y al final del experimento, con las siguientes características iniciales: textura franco-arenosa, pH ligeramente ácido, nivel medio de materia orgánica y bajo nivel de nitrógeno, alto nivel de fósforo disponible y bajo nivel de potasio, y una capacidad de intercambio catiónico (CIC) en un nivel bajo, lo cual indica un suelo con baja fertilidad, al final del experimento, se observa que las características analizadas no presentan cambios significativos, lo que sugiere que la aplicación del compost y la extracción de nutrientes realizada por el frijol se equilibraron en cierta medida.

En la tabla 3, después de la aplicación del compost, hubo un ligero incremento en todos los elementos químicos analizados (M.O, N total, Fosforo disponible, K<sub>2</sub>O disponible, Ca cambiante, Mg cambiante, K cambiante, Na cambiante y la CIC) para todos los tratamientos, en comparación con el testigo; destacando el T<sub>4</sub> y el T<sub>8</sub>, que corresponden a la aplicación de 60 t/ha de compost. Estos resultados se pueden entender por la baja capacidad extractiva del frijol y dado que es una leguminosa que aporta nitrógeno al suelo y logra fijar nitrógeno atmosférico por las bacterias del género *Rhizobium*.

**Tabla 3.** Análisis físico – químico del suelo, al inicio (testigo) y al final del experimento.

Parámetro	Inicio		Final del experimento							Método empleado
	Test.	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>8</sub>	
<b>Análisis físico:</b>										-
Arena (%)	55	55	31	59	65	59	59	63	61	Hidrómetro
Arcilla (%)	18	16	16	16	16	16	16	16	16	Hidrómetro
Limo (%)	27	19	23	25	19	25	25	21	23	Hidrómetro
Clase textural	Fran. Ao.	Fran. Ao.	Fran. Ao.	Fran. Ao.	Fran. Ao.	Fran. Ao.	Fran. Ao.	Fran. Ao.	Fran. Ao.	Triángulo textural
<b>Análisis químico:</b>										
pH (1:1) en agua	5,22	5,53	6,16	6,13	6,87	5,50	6,22	6,50	6,69	Potenciómetro
M. O. (%)	1,03	1,08	1,11	1,73	1,89	1,05	1,11	1,19	1,32	Walkey y Black
N - total (%)	0,05	0,05	0,06	0,09	0,09	0,05	0,06	0,06	0,07	% M.O. x 0,05
Fósforo disponible (ppm)	24,67	30,03	30,43	41,23	44,51	30,35	30,5 9	35,59	36,51	Olsen Modificado
K <sub>2</sub> O disponible (ppm)	87,56	94,46	194,9	239,9	449,8	93,06	179,9	239,9	444,8	Ácido sulfúrico
Ca cambiable (cmol <sup>(+)</sup> . k/ha)	3,51	5,12	7,18	9,28	12,15	7,57	8,22	9,35	11,45	EAA
Mg cambiable (cmol <sup>(+)</sup> . k/ha)	0,65	0,88	1,30	1,69	1,95	1,36	1,40	1,62	1,87	EAA
K cambiable (cmol <sup>(+)</sup> . k/ha)	0,11	0,20	0,48	0,59	1,07	0,21	0,44	0,57	0,73	EAA
Na cambiable (cmol <sup>(+)</sup> . k/ha)	0,09	0,13	0,17	0,20	0,25	0,10	0,14	0,15	0,16	EAA
CIC (cmol(+)) . k/ha)	6,15	6,32	9,12	11,76	15,42	9,23	10,21	11,69	14,22	Suma de cationes Ca + Mg
Bas. Cambiables. (%)	71,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	+K+ Na/CICt x 100

**Fuente:** Laboratorio de análisis de suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva – Tingo María.

**Tabla 4.** Análisis físico químico del compost de acuerdo a los Microorganismos Eficientes.

Muestra	Base húmeda (%)				Base seca (%)						
	Humedad	M.O.	Cenizas	Nitrógeno	M.O.	Cenizas	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Ca	Mg	Na	K
<b>MEM</b>	14,15	26,47	59,37	1,29	30,84	69,6	1,43	3,70	0,54	0,18	4,10
<b>MEC</b>	28,89	22,55	48,56	1,90	31,72	68,28	1,47	3,22	0,53	0,21	4,40

**Fuente:** Laboratorio de análisis de suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva – Tingo María.

**MEM = Microorganismos Eficientes de Montaña**

**MEC = Microorganismos Eficientes Comerciales**

### 3.2. Componentes en estudio

**Factor A: Tipos microorganismos eficientes (ME)** (utilizados en la descomposición del compost).

a<sub>1</sub>: Microorganismos eficientes de montaña (MEM)

a<sub>2</sub>: Microorganismos eficientes comerciales (MEC)

**Factor B: Dosis de compost (t/ha)**b<sub>1</sub>: 00,0b<sub>2</sub>: 20,0b<sub>3</sub>: 40,0b<sub>4</sub>: 60,0**3.3. Tratamientos en estudio**

La descripción de los tratamientos en estudio se detalla en la Tabla 5.

**Tabla 5.** Descripción de los tratamientos en estudio.

Tratamientos	Clave	Descripción
T <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	Microorganismos Eficientes de Montaña + 0 t/ha
T <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	Microorganismos Eficientes de Montaña + 20 t/ha
T <sub>3</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>	Microorganismos Eficientes de Montaña + 40 t/ha
T <sub>4</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>4</sub>	Microorganismos Eficientes de Montaña + 60 t/ha
T <sub>5</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	Microorganismos Eficientes Comerciales + 0 t/ha
T <sub>6</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	Microorganismos Eficientes Comerciales + 20 t/ha
T <sub>7</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>	Microorganismos Eficientes Comerciales + 40 t/ha
T <sub>8</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>4</sub>	Microorganismos Eficientes Comerciales + 60 t/ha

**3.4. Diseño experimental**

El diseño experimental empleado para realizar este trabajo tesis fue el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con arreglo factorial 2A x 4B con 3 bloques, para la comparación de los promedios se utilizó la prueba de Duncan, con un nivel de significación de ( $\alpha = 0,05$ ).

**A. Modelo aditivo lineal**

$$Y_{ijk} = \mu + a_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \delta_k + \varepsilon_{ijk}$$

**Dónde:**

$Y_{ijk}$  = Es el efecto, obtenido en la unidad experimental correspondiente al k-ésimo bloques en el j-ésima dosis de materia orgánica en la que se aplicó el i-ésimo tipo de microorganismo.

$\mu$  = Es el efecto de la media general.

$a_i$  = *Efecto* de la i-ésima tipo de microorganismo.

$\beta_j$  = Efecto del j-ésimo dosis de materia orgánica.

$(\alpha \beta)_{ij}$  = Efecto de la interacción del j-ésimo dosis de materia orgánica con el i-ésimo tipo de microorganismo.

$\delta_k$  = Efecto de la k-ésimo bloques.

$\varepsilon_{ijk}$  = Efecto aleatorio de error experimental asociada a dicha observación.

**Para:**

i = 1, 2, 3 tipos microorganismo.

j = 1, 2 dosis de materia orgánica.

k = 1, 2, 3 bloques.

**B. Esquema del análisis estadístico**

El esquema del análisis de variancia para el presente trabajo de tesis se presente en la Tabla 6.

**Tabla 6.** Esquema del análisis de variancia.

Fuente de variación	Esquema	Grados de libertad
Bloques	r-1	2
Tratamientos	t-1	7
A	a-1	1
B	b-1	3
A x B	(axb)-1	3
Error experimental	(t-1)(r-1)	14
<b>Total</b>	<b>tr-1</b>	<b>23</b>

**3.5. Características del campo experimental**

**a. Campo experimental**

- Largo : 20,00 m
- Ancho : 9,20 m
- Área total del campo experimental : 184,00 m<sup>2</sup>
- Área neta experimental total de campo : 67,20 m<sup>2</sup>

**b. Bloques**

- Número de bloques : 3,00
- Largo de bloques : 20,00 m
- Ancho de bloques : 2,40 m
- Área experimental por bloques : 48,00 m<sup>2</sup>

**c. Parcelas experimentales**

- Largo de parcela : 2,40 m
- Ancho de parcela : 2,00 m

- Área experimental	:	4,80 m <sup>2</sup>
<b>d. Surcos</b>		
- Número de surcos por parcela	:	4,00
- Distanciamiento entre surcos	:	0,60 m
- Distanciamiento entre plantas	:	0,40 m

### 3.6. Ejecución del experimento

#### 3.6.1. Selección de material orgánico para el compost

La cantidad de material que se utilizó para la elaboración del compost fue de 600 kg/pila (2 pilas), de los siguientes materiales: cascara de cacao, tallos de plátano, rastrojos vegetales, polvo de almendra de cacao y estiércol de vacuno.

#### 3.6.2. Construcción de la pila

Se formaron dos pilas de 600 kg cada uno, con una mezcla de residuos agrícolas; y para la primera pila se aplicó microorganismos eficientes de montaña (MEM) y en la segunda pila se aplicó microorganismos eficientes comerciales (EM.COMPOST®). La distribución de cada pila, consistió en una primera capa fue de 100 kg cáscara de cacao, 25 kg de polvo de cacao, 25 kg de estiércol de vacuno, 28 kg de rastrojo vegetal, 38 kg de tallo de plátano, 100 kg de cascara de cacao, 25 kg de polvo de almendra de cacao y en la segunda capa, 50 kg cáscara de cacao, 25 kg de polvo de cacao, 12 kg de tallo de plátano, 50 kg de estiércol de vacuno, 22 kg de rastrojo vegetal, finalmente 100 kg cáscara de cacao.

#### 3.6.3. Recolección de mantillo y activación de microorganismos eficientes

Consistió en tres fases: En la primera, se dio la recolección de 15 kg de mantillo del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS), que contienen microorganismos eficientes o benéficos. En la segunda, se preparó la solución en un recipiente de 30 litros, se agregó 20 litros de agua, 2 kg melaza y 5 kg del mantillo, estuvo dentro de un saco ya que la activación se hizo de manera anaeróbica. Y para la reproducción aeróbica, se realizó de la siguiente manera: se mezclaron 10 kg de mantillo, 4 kg de arroz chancado, luego diluyó 1 kg de melaza en 2 litros de agua y se aplicó a la mezcla del mantillo con el arroz chancado; finalmente se dejó en reposo por 20 días para los microorganismos de montaña. En la tercera fase, a partir de los 20 días se realizó la activación de los microorganismos y en un recipiente de 100 litros, se colocó 5 kg de la reproducción aeróbica y 20 litros de la reproducción anaeróbica, también se agregó 2 kg de melaza, finalmente se agregó 60 litros más de agua sin cloro, dejando reposar 15 días, luego de ese tiempo se agregó a la materia prima (compost). Además para la activación de los MEC se realizó de la siguiente



manera: en un recipiente de 100 litros se diluyó 18 litros de agua con 1 kg de melaza y luego se agregó 1 litro de EM.COMPOST® y se dejó en reposo por 15 días.

#### **3.6.4. Aplicación de microorganismos**

La aplicación de los Microorganismos Eficientes de montaña (MEM) se realizó a una dosis de 75 % y la aplicación de los Microorganismos Eficientes Comerciales (MEC) se realizó de acuerdo con su dosis recomendada, utilizando una bomba manual de 20 litros, tratando de cubrir toda la pila. Estas aplicaciones se hicieron cada 3 días durante la primera semana, después semanalmente, dependiendo del porcentaje de humedad y de temperatura de las pilas.

#### **3.6.5. Riego**

Los riegos se llevaron a cabo cada vez que se notaba la falta humedad a la pila; con la finalidad de mantener el tratamiento en capacidad de campo; entendiendo que el rango de humedad debe fluctuar entre el 50 y el 60% y esto permite el desarrollo de la actividad microbiana, el intercambio gaseoso y el aporte de oxígeno. Asimismo, se tuvo bastante cuidado que no haya exceso de humedad, o que se produzca encharcamiento y que el material se pudra o provoque malos olores; a sabiendas que estas anomalías originan fenómenos de lixiviación, repercutiendo en pérdidas de agua, y de elementos nutritivos del sustrato, con la eminente contaminación de las zonas adyacentes.

#### **3.6.6. Volteo**

Los volteos permiten asegurar óptimos niveles de oxígeno, para el consumo de los microorganismos que están descomponiendo el material orgánico. Estos se realizaron cada 3 días en las primeras dos semanas, y luego por 4 semanas, cada 7 días; con pala recta, tratando de homogenizar dicha mezcla y la temperatura; dado que en estas etapas de mineralización, como la Mesófila (accionar de insectos, lombrices, etc), es habitual, que se den temperaturas de 20-40 °C, y en la Termófila (intervención de hongos y actinomicetos), se alcancen temperaturas de 50 a 60 °C. Posteriormente, cada 15 días, dado que el compost entro en una etapa de humificación o maduración y la temperatura desciende hasta 40 °C.

#### **3.6.7. Cosecha del compost**

La cosecha se realizó cuando la temperatura del compost se había estabilizado y se encontraba a la misma temperatura del ambiente; además presentaba un color café oscuro y un olor agradable a tierra de bosque.

### **3.6.8. Obtención de muestras de compost para el análisis físico-químico**

Para la obtención de una muestra representativa, se sacó un kilo de compost del obtenido con los MEM y un kilo con los MEC y se llevó al laboratorio de suelos para su respectivo análisis físico químico.

### **3.6.9. Reconocimiento y limpieza del área para realizar el ensayo**

Se hizo el reconocimiento del área donde se realizó el ensayo, posteriormente se hizo la limpieza del área y se acondiciono para instalar el ensayo.

### **3.6.10. Acondicionamiento del área en estudio y aplicación del compost**

Esta actividad se realizó con un pico el cual se removió el suelo para tener una mejor estructura y se pueda mezclar homogéneamente con el compost y la aplicación del compost se realizó en función a las dosis por cada tratamiento.

### **3.6.11. Sembrío de las semillas de frijol**

Para el sembrío del frijol, se colocaron 3 semillas por golpe a un distanciamiento de 0,60 m por hilera y a 0,40 m entre planta.

### **3.6.12. Cosecha del frijol**

La cosecha se realizó de forma manual, separando para cada tratamiento, al final del experimento.

## **3.7. Parámetros evaluados**

### **3.7.1. Altura de planta**

Se realizó a los 15, 30 y 45 días después de la siembra (dds), se eligió a 6 plantas de la parcela neta, midiendo desde el cuello hasta el ápice del tallo principal en cm.

### **3.7.2. Diámetro de planta**

Se realizó a los 15, 30 y 45 dds, se eligió a 6 plantas de la parcela neta, luego se midió el diámetro en el término medio del diámetro del tallo en cm.

### **3.7.3. Número hojas**

Se realizó a los 15, 30 y 45 dds, a 6 plantas de la parcela neta, luego se llevó a cabo el conteo.

### **3.7.4. Flores y frutos**

La evaluación de floración se realizó a los 30 dds, cuando aproximadamente el 50 % de plantas de cada parcela presentaron flores. La evaluación de frutos se evaluó a los 39 dds, se contabilizo las vainas de cada planta seleccionada.

### **3.7.5. Rendimiento por hectárea**

Luego de haber separado las vainas de la parcela neta y de cada tratamiento (1,44 m<sup>2</sup>), se procedió a pesar los granos en una balanza electrónica para obtener el rendimiento. Esta variable se expresó en gramos por parcela neta y kg/ha:

### **3.7.6. Análisis de rentabilidad**

Se realizó en función a todos los gastos realizados en el presente experimento por cada uno de los tratamientos en estudio.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Del proceso de obtención del compost a partir de residuos agrícolas con la aplicación de microorganismos eficientes

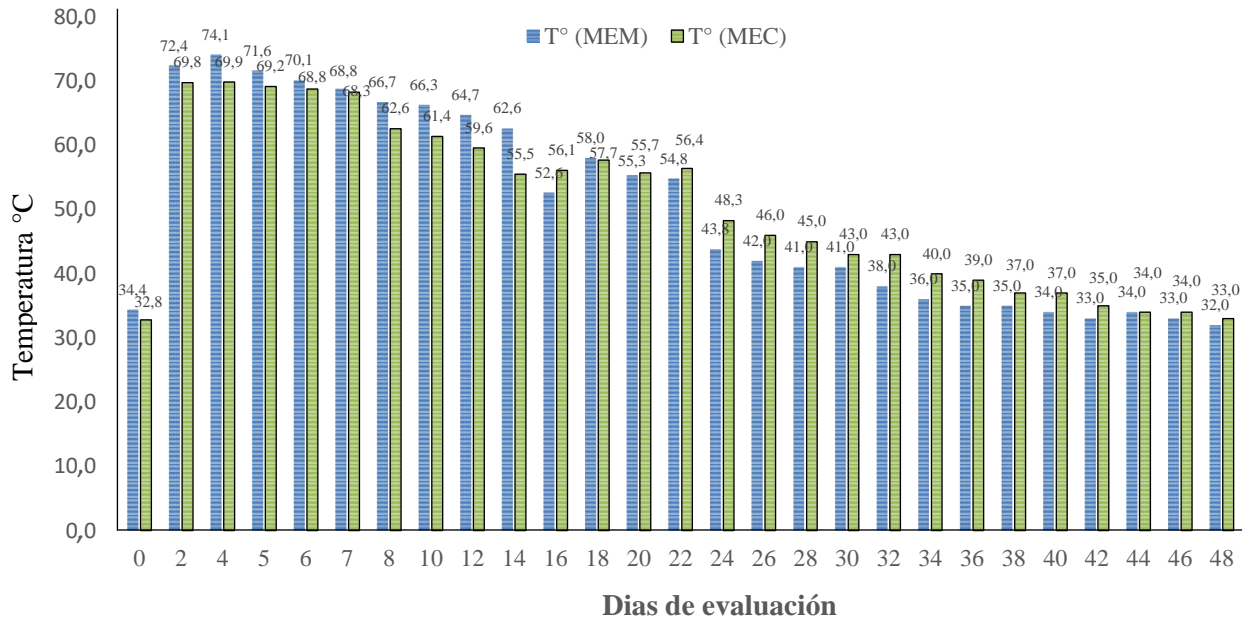
Se construyeron dos pilas de 600 kg de residuos orgánicos con los siguientes materiales (Figura 19): 350 kg cáscara de cacao, 50 kg de rastrojo vegetal, 100 kg de estiércol de vaca, 50 kg de tallo de plátano y 50 kg de polvo de cacao.

Para la activación de los microorganismos se llevó a cabo en tres fases: en la primera fase se recolectó 15 kg de mantillo de bosque. La segunda fase fue de preparación de los microorganismos de forma anaeróbica y aeróbica (Figura 24). Para la preparación anaeróbica se utilizó un recipiente hermético de capacidad de 30 litros, con los siguientes materiales: 20 litros de agua, 2 kg de melaza 5 kg de mantillo, una manguera media pulgada de diámetro y un metro de longitud. Para la preparación aeróbica se hizo en una mini pila con 10 kg de mantillo, 4 kg de arroz chancado, y se agregó una mezcla de 2 litros de agua con 1 kg de melaza, dejando reposar 20 días. La tercera fase fue de activación de los microorganismos, utilizando dos recipientes con capacidad de 100 litros (Figura 24). En el primer cilindro se mezcló los siguientes ingredientes: 5 kg de la solución de preparación aeróbica, 20 litros de solución de preparación anaeróbica, 2 kg de melaza y finalmente se agregó 60 litros de agua sin cloro. En el otro cilindro se mezcló los siguientes ingredientes: 18 litros de agua, 1 kg de melaza y 1 kg de MEC y se dejó en reposo por 15 días.

La aplicación de los microorganismos, se realizó con 75 % MEM para una pila y para la otra pila con MEC de acuerdo con la dosis recomendada por el fabricante y se aplicaron cada tres días para la primera semana, luego una vez por semana en función a la humedad y temperatura que presentan las pilas. Asimismo, el riego se dio en función a la humedad con la finalidad de mantener en capacidad de campo, el volteo fue realizado cada 3 días. Finalmente, la cosecha del compost se dio a los 48 días después de la aplicación de microorganismos a temperatura ambiente, como se aprecia en la tabla 4.

El tiempo de descomposición del compost de 48 días, coincide con lo investigado por (Rivera, 2011), quien indica, que el tiempo que duro la descomposición de la materia orgánica fue de 7 semanas, inoculando EM, que aceleran la descomposición de la materia orgánica actuando como agente catalizador y observo que la pila de compost en que se aplicó MEM tuvo una temperatura de 34,4 °C al inicio de la preparación y la otra pila en que se aplicó MEC tuvo 32,8 °C. Además, menciona que, a los dos días, de aplicación de

microorganismos, hubo un incremento de temperatura de más del 100 % tanto para la pila que se aplicó MEM y MEC; disminuyendo notablemente al final de la descomposición de la materia orgánica al llegar a 32 °C para el compost que fue con MEM y de 33 °C para el compost en que se aplicó MEC, como se visualiza en la figura 1.



**Figura 2.** Evaluación de la temperatura durante el proceso de compostaje.

## 4.2. De la determinación del efecto de compost en el rendimiento del frijol

### 4.2.1. Altura

De acuerdo a la prueba F del análisis de variancia (Tabla 7), a los 15, 30 y 45 días después de la siembra (dds), no se encontró diferencias estadísticas significativas en las diferentes fuentes de variación en bloques, tratamientos y factor A (Tipos de ME); sin embargo, en el factor B (Dosis de compost) se encontró diferencias estadísticas significativas a los 30 y 45 días, es decir, estas dosis tuvieron un efecto diferente en promedio, respecto a los tipos de ME en estudio en lo concerniente a la altura de planta. En cuanto a la interacción de A x B, no se encontró diferencias estadísticas significativas entre los factores a los 15; 30 y 45 dds, es decir las diferencias entre los tipos de ME fue la misma en cada uno de las dosis de compost en la altura de planta y viceversa, por lo tanto, no es necesario realizar los efectos simples de los factores. Acerca de los Coeficientes de Variabilidad (CV) a los 15 y 45 días fue de 6,50 y 8,07 % respectivamente en la altura de planta, indica que hubo excelente homogeneidad en los resultados experimentales; sin embargo, los coeficientes a los 30 días fueron de 10,79 % en la altura de planta, indica que hubo muy buena homogeneidad de los resultados experimentales.

**Tabla 7.** Resumen del análisis de variancia de la altura de planta a los 15; 30 y 45 días después de la siembra.

Fuente de variación	G.L.	Cuadrados medios					
		15 dds.		30 dds.		45 dds.	
			Sig.		Sig.		Sig.
Bloques	2	0,876	NS	1,627	NS	12,859	NS
Tratamientos	7	1,063	NS	8,529	NS	18,583	NS
Tipos de ME. (A)	1	0,175	NS	0,833	NS	2,412	NS
Dosis de compost (B)	3	2,313	NS	18,298	S	41,263	S
Interacción (A x B)	3	0,110	NS	1,325	NS	1,293	NS
Error experimental	14	0,349		3,660		6,067	
Total	23	14,077		114,19		240,741	
(CV): (%)		6,50		10,79		8,07	

S : Significación estadística al 5 % de probabilidad.

dds = Días después de la siembra

NS : No Significación estadística al 5 % de probabilidad.

De la Tabla 8, se observa a los tratamientos T<sub>8</sub> (MEC + 60 t/ha), T<sub>4</sub> (MEM + 60 t/ha), T<sub>3</sub> (MEM + 40 t/ha), T<sub>1</sub> (MEM + 0 t/ha), T<sub>7</sub> (MEC + 40 t/ha) y T<sub>5</sub> (MEC + 0 t/ha) a los 15; 30 y 45 dds no existe significación estadística entre ellos, pero si frente al resto, la altura promedio alcanzado por los tratamientos del cultivo de frijol fue de 9,24; 17,73 y 30,48 cm a los 15; 30 y 45 días respectivamente, donde el tratamiento T<sub>8</sub> (MEC + 60 t/ha) con 9,83 y 20,51 cm alcanzo mayor altura a los 15 y 30 días y el tratamiento T<sub>4</sub> (MEM + 60 t/ha) alcanzó mayor altura de planta con 34,31 cm a los 45 dds (Figura, 2); coincidiendo con (SIMA, 2006) quien manifiesta que la planta de frijol morfológicamente llega a medir hasta unos 50 cm de altura aproximadamente. Entendiendo, que la mayor altura en los tratamientos T<sub>4</sub> y T<sub>8</sub>, (60 t/ha), tienen relación con una mayor concentración de elementos nutricionales como la materia orgánica, el fosforo y potasio y otros como se aprecia en la tabla 3.

**Tabla 8.** Prueba de significación de Duncan ( $\alpha=0,05$ ), de los tratamientos en la altura de planta a los 15; 30 y 45 días después de la siembra.

Trat.	Altura de planta (cm)							
	15 dds.	Sig.	Trat.	30 dds.	Sig.	Trat.	45 dds.	Sig.
T <sub>8</sub>	9,83	a	T <sub>8</sub>	20,51	a	T <sub>4</sub>	34,31	a
T <sub>4</sub>	9,71	a b	T <sub>4</sub>	19,39	a b	T <sub>8</sub>	32,35	a
T <sub>3</sub>	9,26	a b	T <sub>3</sub>	18,70	a b	T <sub>3</sub>	31,55	a b
T <sub>1</sub>	9,16	a b c	T <sub>7</sub>	17,89	a b	T <sub>7</sub>	31,34	a b
T <sub>7</sub>	9,10	a b c	T <sub>5</sub>	16,96	a b	T <sub>2</sub>	30,31	a b
T <sub>5</sub>	9,06	b c	T <sub>6</sub>	16,30	b	T <sub>6</sub>	29,77	b
T <sub>2</sub>	9,83	b c	T <sub>2</sub>	16,25	b	T <sub>5</sub>	27,19	b
T <sub>6</sub>	8,00	c	T <sub>1</sub>	15,82	b	T <sub>1</sub>	27,03	b

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no existe significancia estadística.

T<sub>1</sub>: (Microorganismos eficientes de montaña + 0 t/ha)

T<sub>5</sub>: (Microorganismos eficientes comerciales + 0 t/ha)

T<sub>2</sub>: (Microorganismos eficientes de montaña + 20 t/ha)

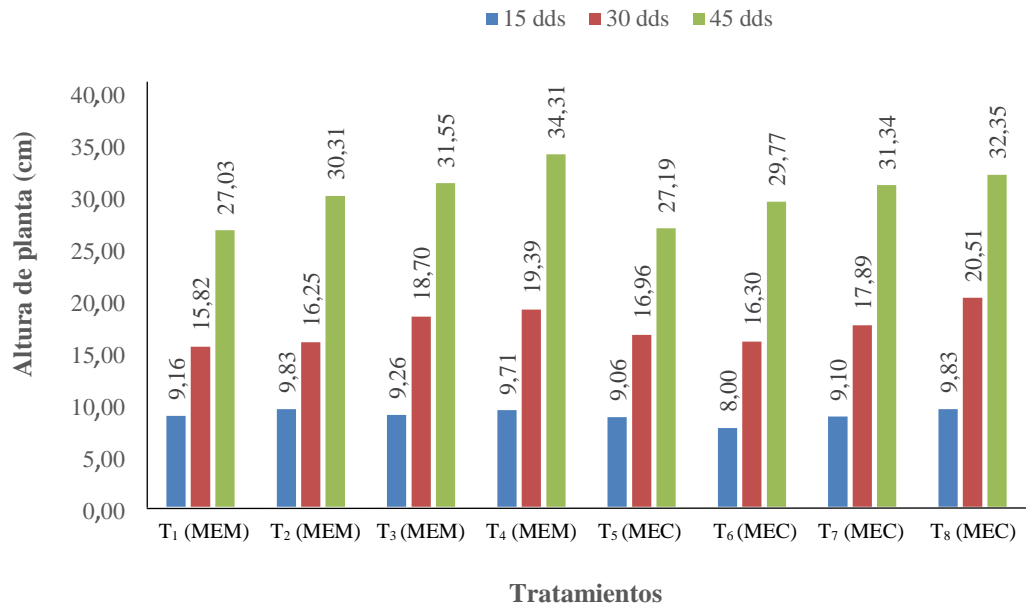
T<sub>6</sub>: (Microorganismos eficientes comerciales + 20 t/ha)

T<sub>3</sub>: (Microorganismos eficientes de montaña + 40 t/ha)

T<sub>7</sub>: (Microorganismos eficientes comerciales + 40 t/ha)

T<sub>4</sub>: (Microorganismos eficientes de montaña + 60 t/ha)

T<sub>8</sub>: (Microorganismos eficientes comerciales + 60 t/ha)



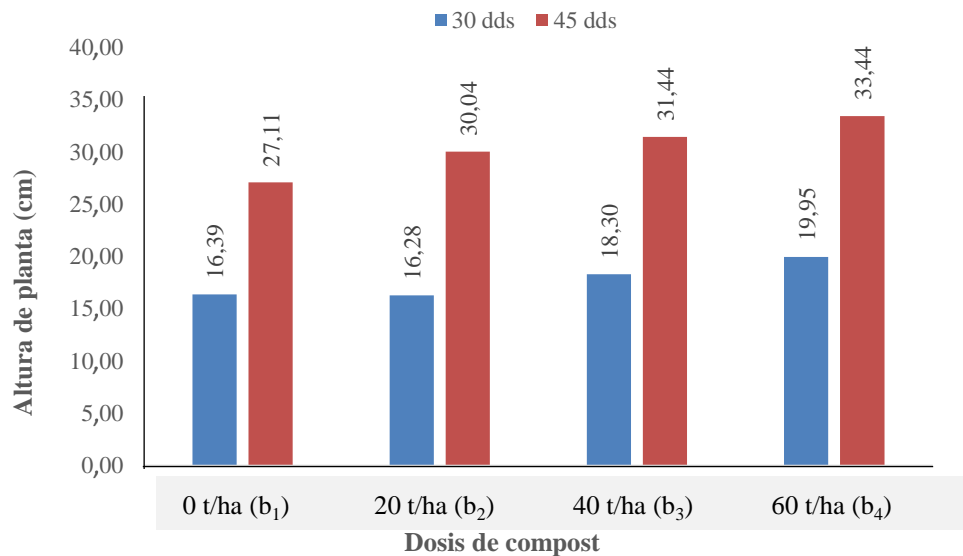
**Figura 3.** Altura de planta a los 15, 30 y 45 días después de la siembra (dds).

En la Tabla 9, se presenta la prueba de significación de Duncan ( $\alpha=0,05$ ), del factor dosis del compost (B), en la altura de planta a los 30 y 45 dds, se observa que se encontró diferencias estadísticamente significativas entre las dosis del compost, siendo la dosis 60 t/ha ( $b_4$ ) con 19,95 y 33,44 cm en la altura de planta a los 30 y 45 dds, superior frente a las otras dosis de compost, debido a disponibilidad de que tiene el compost de macro y micronutrientes donde los microorganismos del suelo transforman los compuestos complejos de origen orgánico en nutrientes en forma mineral soluble para las plantas (Meléndez y Soto, 2003); coincidiendo con Vega (2018), quien manifiesta que las bacterias en presencia de oxígeno libre, las moléculas se descomponen en otras más simples asimilables para las plantas conocido como mineralización de la materia orgánica, transformada en compost (Figura 3) y en este proceso según los resultados del análisis de suelo final (Tablas 3 y 4), se ha dado con mayor intensidad, generando mayor cantidad de nutrientes en los tratamientos T<sub>4</sub> y T<sub>8</sub>, con dosis de 60 t/ha.

**Tabla 9.** Prueba de significancia de Duncan ( $\alpha=0,05$ ), del factor dosis de compost (B), en la altura de planta del frijol a los 30 y 45 días después de la siembra.

Altura en (cm)					
Dosis de compost (B)	30 dds	Sig.	Dosis de compost (B)	45 dds	Sig.
60 t/ha ( $b_4$ )	19,95	a	60 t/ha ( $b_4$ )	33,44	a
40 t/ha ( $b_3$ )	18,30	a	40 t/ha ( $b_3$ )	31,44	b
20 t/ha ( $b_2$ )	16,28	b	20 t/ha ( $b_2$ )	30,04	b
00 t/ha ( $b_1$ )	16,39	b	00 t/ha ( $b_1$ )	27,11	c

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no existe significancia estadística.



**Figura 4.** Altura de planta a los 30 y 45 dds, después de la aplicación de las dosis de compost.

#### 4.2.2. Diámetro

De acuerdo a la prueba F del análisis de variancia (Tabla 10), a los 15, 30 y 45 días después de la siembra, no se encontró diferencias estadísticas significativas en las diferentes fuentes de variación en bloques, tratamientos, factor A (Tipos de ME) y factor B (Dosis de compost), es decir las dosis de compost tuvieron un efecto similar en el promedio con los tipos de ME en estudio, en el diámetro de planta, a excepción de las evaluaciones a los 45 días después de la siembra que tuvo un efecto diferente a nivel del factor B. En cuanto a la interacción de A x B, no se encontró diferencias estadísticas significativas entre los factores en estudio a los 15; 30 y 45 dds, es decir las diferencias entre los tipos de ME fue la misma en cada uno de las dosis de compost en el diámetro de planta y viceversa, por lo tanto, no es necesario realizar los efectos simples de los factores. Esto, tiene relación con los resultados en base seca del análisis especial, que se presentan en la figura 21 para compost con MEM y con MEC, reportando datos similares en los elementos analizados, tal es el caso de MO 59,37 y 48,56: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 1,45 y 1,47, indicando que estos suelos aportaron similares cantidades de fertilizantes a las plantas del frijol durante su desarrollo.

Acerca del CV a los 15; 30 y 45 días fue de 8,65, 6,83 y 9,22 % respectivamente en el diámetro de planta, indica que hubo excelente homogeneidad en los resultados experimentales.



**Tabla 10.** Resumen del análisis de variancia del diámetro de planta a los 15; 30 y 45 dds.

Fuente de variación	G.L.	Cuadrados medios					
		15 dds.		30 dds.		45 dds.	
			Sig.		Sig.		Sig.
Bloques	2	0,013	NS	0,101	NS	0,188	NS
Tratamientos	7	0,149	NS	0,154	NS	0,369	NS
Tipos de ME (A)	1	0,112	NS	0,317	NS	0,034	NS
Dosis de compost (B)	3	0,242	NS	0,245	NS	0,751	S
Interacción (A x B)	3	0,068	NS	0,008	NS	0,098	NS
Error experimental	14	0,107		0,080		0,205	
Total	23	2,561		2,399		5,829	
C.V: (%)		8,65		6,83		9,22	

S: Significación estadística al 5 % de probabilidad.

NS: No Significación estadística al 5 % de probabilidad.

AS: Alta Significación estadística al 1 % de probabilidad.

dds : Días después de la siembra

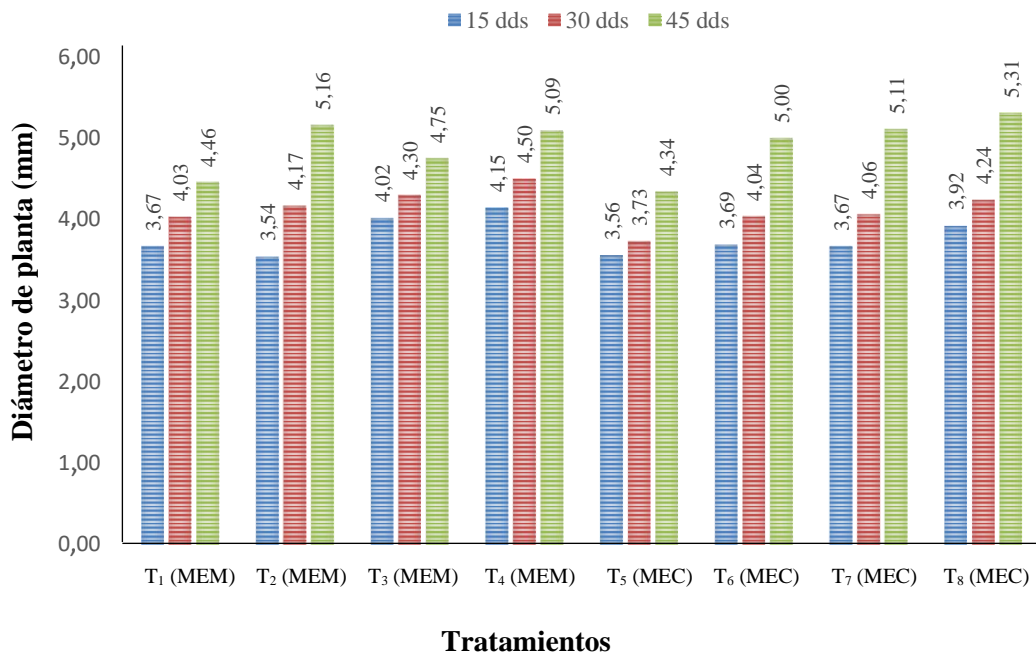
De la Tabla 11, se observa que a 15 dds no existe significación entre los tratamientos en estudio. En los tratamientos T<sub>8</sub> (MEC + 60 t/ha), T<sub>2</sub> (MEM + 20 t/ha), T<sub>7</sub> (MEC + 40 t/ha), T<sub>4</sub> (MEM + 60 t/ha), T<sub>6</sub> (MEC + 20 t/ha), T<sub>3</sub> (MEM + 40 t/ha), y T<sub>1</sub> (MEM + 0 t/ha) a los 30 y 45 días después de la siembra no existe significación estadística entre ellos, pero si frente al tratamiento T<sub>5</sub> (MEC + 0 t/ha); además el diámetro promedio alcanzado por todos los tratamientos del cultivo de frijol fue de 3,78; 4,13 y 4,90 mm a los 15, 30 y 45 días respectivamente, donde el tratamiento T<sub>4</sub> (MEM + 60 t/ha) con 4,15 y 4,50 mm alcanzo mayor diámetro de planta a los 15 y 30 días y 5,13 mm de diámetro a los 45 dds y el tratamiento T<sub>8</sub> (MEC + 60 t/ha) alcanzó mayor diámetro a los 45 dds (Figura 4). Estos resultados tienen la misma interpretación que altura de planta, en cuanto al destaque de los tratamientos T<sub>4</sub> y T<sub>8</sub>.

**Tabla 11.** Prueba de significación de Duncan ( $\alpha=0,05$ ), de los tratamientos en el diámetro de planta a los 15, 30 y 45 dds.

Diámetro de planta (mm)								
Trat.	15 dds.	Sig.	Trat.	30 dds.	Sig.	Trat.	45 dds.	Sig.
T <sub>4</sub>	4,15	a	T <sub>4</sub>	4,50	a	T <sub>8</sub>	5,31	a
T <sub>3</sub>	4,02	a	T <sub>3</sub>	4,30	a b	T <sub>2</sub>	5,16	a b
T <sub>8</sub>	3,92	a	T <sub>8</sub>	4,24	a b	T <sub>7</sub>	5,11	a b
T <sub>6</sub>	3,69	a	T <sub>2</sub>	4,17	a b	T <sub>4</sub>	5,09	a b
T <sub>1</sub>	3,67	a	T <sub>7</sub>	4,06	a b	T <sub>6</sub>	5,00	a b
T <sub>7</sub>	3,67	a	T <sub>6</sub>	4,04	a b	T <sub>3</sub>	4,75	a b
T <sub>5</sub>	3,56	a	T <sub>1</sub>	4,03	a b	T <sub>1</sub>	4,46	a b
T <sub>2</sub>	3,54	a	T <sub>5</sub>	3,73	b	T <sub>5</sub>	4,34	b

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no existe significancia estadística.

T<sub>1</sub>: (Microorganismos eficientes de montaña + 0 t/ha)T<sub>5</sub>: (Microorganismos eficientes comerciales + 0 t/ha)T<sub>2</sub>: (Microorganismos eficientes de montaña + 20 t/ha)T<sub>6</sub>: (Microorganismos eficientes comerciales + 20 t/ha)T<sub>3</sub>: (Microorganismos eficientes de montaña + 40 t/ha)T<sub>7</sub>: (Microorganismos eficientes comerciales + 40 t/ha)T<sub>4</sub>: (Microorganismos eficientes de montaña + 60 t/ha)T<sub>8</sub>: (Microorganismos eficientes comerciales + 60 t/ha)



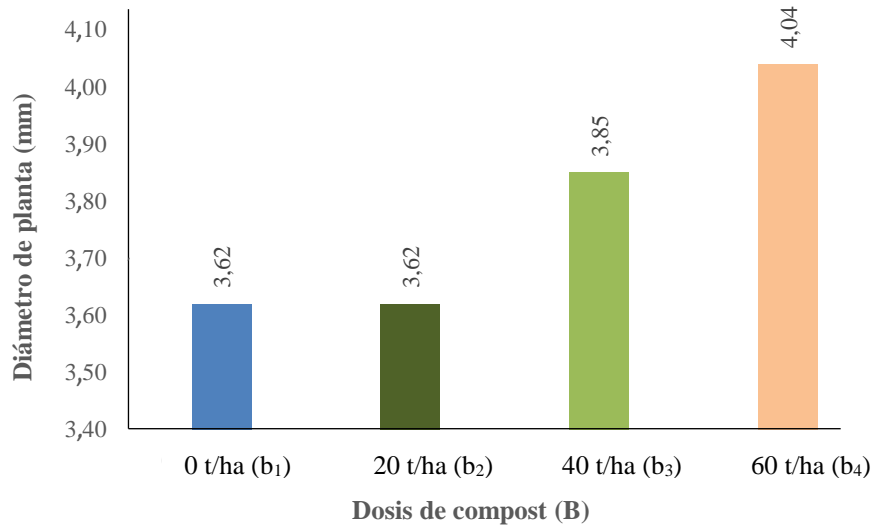
**Figura 5.** Diámetro de planta a los 15; 30 y 45 dds de los tratamientos en estudio.

En la Tabla 12, se presenta la prueba de significación de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ), del factor dosis de compost (B), en el diámetro de planta, se observa que la dosis 60 t/ha ( $b_4$ ) con 4,04 cm, es estadísticamente significativo y superior numéricamente al resto de dosis de compost 40 t/ha ( $b_3$ ), 0 t/ha ( $b_1$ ) y 20 t/ha ( $b_2$ ) con 3,85; 3,62 y 3,62 mm respectivamente; es decir que a medida que aumenta la dosis de compost, se incrementa el diámetro, debiéndose a la cantidad de nutrientes disponibles para el correcto asimilación de la planta de frijol; incrementándose en las dosis altas (T<sub>4</sub> y T<sub>8</sub>), según los análisis de suelos ( Tablas 3 y 4 y Figuras 20 y 21), sin embargo para (COVECA, 2010), los tallos de frijol son delgados y débiles y que el tallo principal es de mayor diámetro que las ramas laterales debido a la fisiología de planta (Figura 5).

**Tabla 12.** Prueba de significancia de Duncan ( $\alpha=0,05$ ), del factor dosis de compost (B), en el diámetro de planta a los 30 dds.

Dosis de materia orgánica (B)	Diámetro (mm)	Sig.
60 t/ha ( $b_4$ )	4,04	a
40 t/ha ( $b_3$ )	3,85	b
00 t/ha ( $b_1$ )	3,62	b
20 t/ha ( $b_2$ )	3,62	b

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no existe significancia estadística.



**Figura 6.** Diámetro de planta a los 45 dds de las dosis de compost.

#### 4.2.3. Número de hojas

De acuerdo a la prueba F del análisis de variancia (Tabla 13), a los 15; 30 y 45 dds, no se encontró diferencias estadísticas significativas en las diferentes fuentes de variación; sin embargo, a los 45 dds se encontró diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos, es decir al menos un tratamiento tuvo un comportamiento diferente a los demás en este parámetro; aunque a los 15 y 30 dds, no se encontró diferencias significativas entre los tratamientos, es decir los tratamientos tuvieron un comportamiento similar; pero se encontró diferencias estadísticas a los 45 días entre los niveles del factor A (tipos de ME), es decir que al menos un tipo de ME tuvo un comportamiento diferente en promedio a las dosis de compost en estudio en este parámetro. Asimismo, para el factor B (dosis de compost) se encontró diferencias estadísticas significativas a los 45 días, lo que significa que las dosis de compost tuvieron un efecto diferente al promedio de tipos de ME en estudio en este parámetro; sin embargo, no se encontró diferencias significativas a los 15 y 30 días, es decir que las dosis de compost tuvieron un efecto similar. En cuanto a la interacción de A x B, se encontró diferencias estadísticas significativas entre los factores a los 45 dds, es decir las diferencias entre los tipos de ME fue diferente en las dosis de compost y viceversa, por lo tanto, es necesario realizar los efectos simples de los factores; además, que no se encontró diferencia significativa a los 15 y 30 dds en el número de hojas. Acerca de los CV a los 15 y 30 días fue de 12,50 y 14,87 % en el número de hojas por planta, indica que hubo muy buena homogeneidad en los resultados experimentales; sin embargo, el coeficiente a los 45, días fue de 3,17 % en el número de hojas, indicando que hubo excelente homogeneidad de los resultados experimentales.

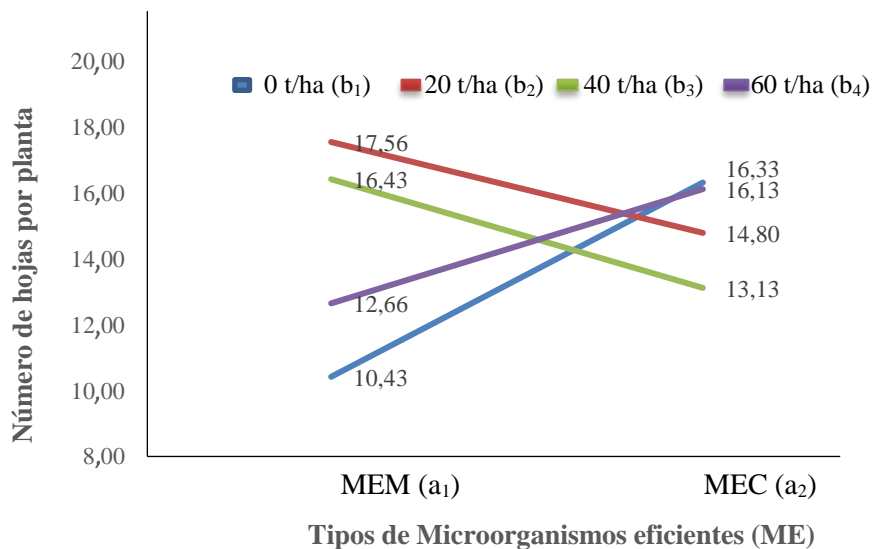
**Tabla 13.** Resumen del análisis de variancia del número de hojas planta a los 15; 30 y 45 dds.

Fuente de variación	G.L.	Cuadrados medios					
		15 dds.		30 dds.		45 dds.	
			Sig.		Sig.		Sig.
Bloques	2	0,125	NS	0,375	NS	0,859	NS
Tratamientos	7	0,167	NS	2,042	NS	17,463	AS
Tipos de ME (A)	1	0,000	NS	2,042	NS	4,084	S
Dosis de compost (B)	3	0,167	NS	0,486	NS	8,060	S
Interacción (A x B)	3	0,222	NS	3,597	NS	31,325	AS
Error experimental	14	0,220		0,899		0,218	
Total	23	4,500		27,625		127,010	
C.V: (%)		12,50		14,87		3,17	

S : Significación estadística al 5 % de probabilidad.

NS : No Significación estadística al 5 % de probabilidad.

AS : Alta Significación estadística al 1 % de probabilidad.

**Figura 1.** Interacción entre los tipos de ME (A) con las dosis de compost (B), para el número de hojas por planta.

En la Tabla 14, se observa que no existe significación estadística entre los tratamientos a los 15 dds. En los tratamientos T<sub>8</sub> (MEC + 60 t/ha), T<sub>2</sub> (MEM + 20 t/ha), T<sub>7</sub> (MEC + 40 t/ha), T<sub>5</sub> (MEC + 0 t/ha) y T<sub>3</sub> (MEM + 40 t/ha) 30 dds no existe significación estadística entre ellos, pero si frente al resto. A los 45 dds T<sub>2</sub> (MEM + 20 t/ha) tuvo mayor número de hojas por planta, seguidos por los tratamientos T<sub>3</sub> (MEM + 40 t/ha), T<sub>5</sub> (MEC + 0 t/ha) y T<sub>8</sub> (MEM + 60 t/ha), y T<sub>1</sub> (MEM + 0 t/ha) fue el que tuvo menor número de hojas.

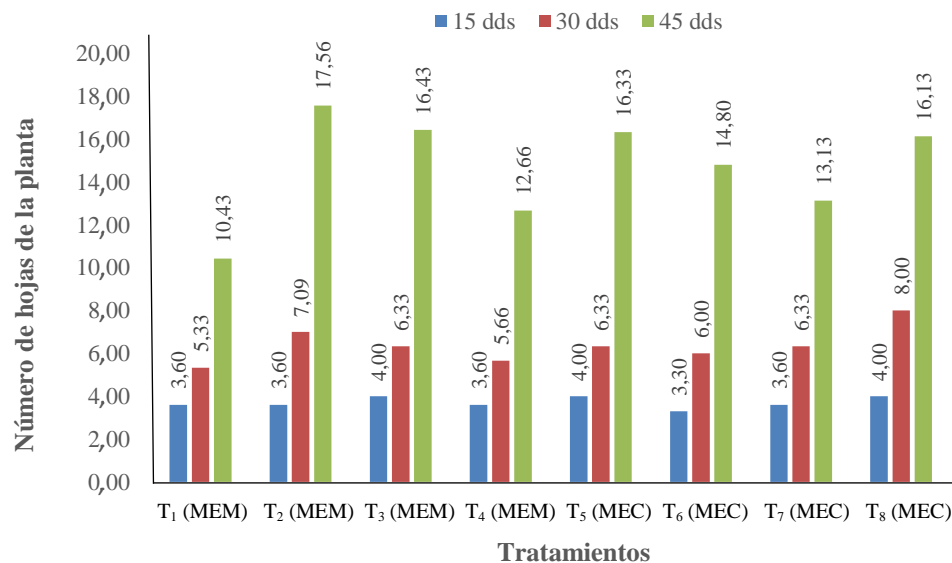
La altura promedio en los tratamientos del cultivo de frijol fue de 3,71; 6,37 y 14,68 cm a los 15; 30 y 45 días respectivamente, donde el tratamiento T<sub>8</sub> (MEC + 60 t/ha) con 4,0 y 8,0 cm alcanzó mayor altura de planta a los 15 y 30 días y a los 45 dds el T<sub>2</sub> (MEM + 20 t/ha) alcanzó mayor número de hojas por planta (Figura 7). Debiéndose, estos resultados a las condiciones físicas del suelo, topografía, textura franca con un buen drenaje,

tal como se aprecia en los resultados finales del compost (Figuras 20 y 21); además de las exigencias propias del frijol, como suelos profundos y fértiles; así como las condiciones químicas del suelo para un óptimo crecimiento y desarrollo de las hojas de frijol en un rango de pH de 5,5 – 6,5 (Manejo agronómico, 2023), que coincide con esta investigación al estar dentro del rango permisible de pH, para un mejor asimilación del resto de elementos del suelo por parte las plantas de frijol (Tabla 3); sin embargo Bejarano y Delgadillo (2007) amplían este rango a valores de pH, 5 - 9. También es importante señalar que el fríjol es sensible a la salinidad, ya que puede reducir su rendimiento hasta en un 50 %, cuando se presenta una conductividad eléctrica (CE) del suelo, mayor o igual a 2 dS/m, equivalente a 20mM NaCl (Bayuelo-Jiménez et al. 2002); situación que no se puede corroborar, dado que no se presenta información de la CE en los análisis de suelo que se realizó al inicio y al final del experimento.

**Tabla 14.** Prueba de significación de Duncan ( $\alpha=0,05$ ), de los tratamientos en el número de hojas por planta a los 15, 30 y 45 dds.

Número de hojas								
Trat.	15 dds.	Sig.	Trat.	30 dds.	Sig.	Trat.	45 dds.	Sig.
T <sub>8</sub>	4,0	a	T <sub>8</sub>	8,00	a	T <sub>2</sub>	17,56	a
T <sub>5</sub>	4,0	a	T <sub>2</sub>	7,00	a b	T <sub>3</sub>	16,43	b
T <sub>3</sub>	4,0	a	T <sub>7</sub>	6,33	a b	T <sub>5</sub>	16,33	b
T <sub>7</sub>	3,6	a	T <sub>5</sub>	6,33	a b	T <sub>8</sub>	16,13	b
T <sub>4</sub>	3,6	a	T <sub>3</sub>	6,33	a b	T <sub>6</sub>	14,80	c
T <sub>2</sub>	3,6	a	T <sub>6</sub>	6,00	b	T <sub>7</sub>	13,13	d
T <sub>1</sub>	3,6	a	T <sub>4</sub>	5,66	b	T <sub>4</sub>	12,66	d
T <sub>6</sub>	3,3	a	T <sub>1</sub>	5,33	b	T <sub>1</sub>	10,43	e

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no existe significancia estadística.



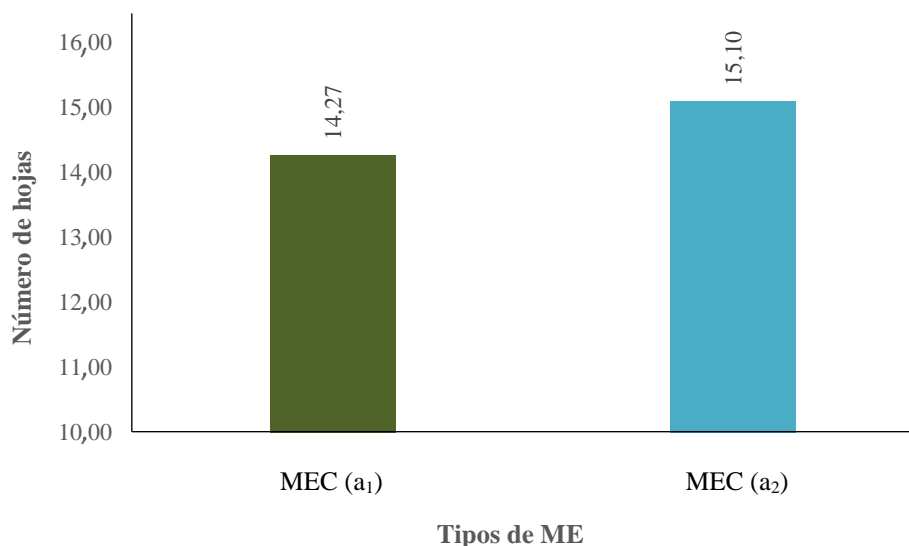
**Figura 8.** Número de hojas por planta a los 15; 30 y 45 días después de la siembra de los tratamientos en estudio.

En la Tabla 15, se muestra la prueba de significación de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ), del factor tipos de ME (A), en el número de hojas por planta, se observa que MEC con 15,10 hojas por planta es estadísticamente significativo y superior a los MEM que tuvieron 14,27 hojas por planta (Figura 8).

**Tabla 15.** Prueba de significancia de Duncan ( $\alpha=0,05$ ), del factor tipos de ME (A), en el número de hojas por planta a los 45 días después de la siembra.

Tipos de ME (A)	Número de hojas/planta	Sig.
MEM=Microorganismos eficientes de montaña ( $a_1$ )	14,27	a
MEC=Microorganismos eficientes comerciales ( $a_2$ )	15,10	b

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no existe significancia estadística.



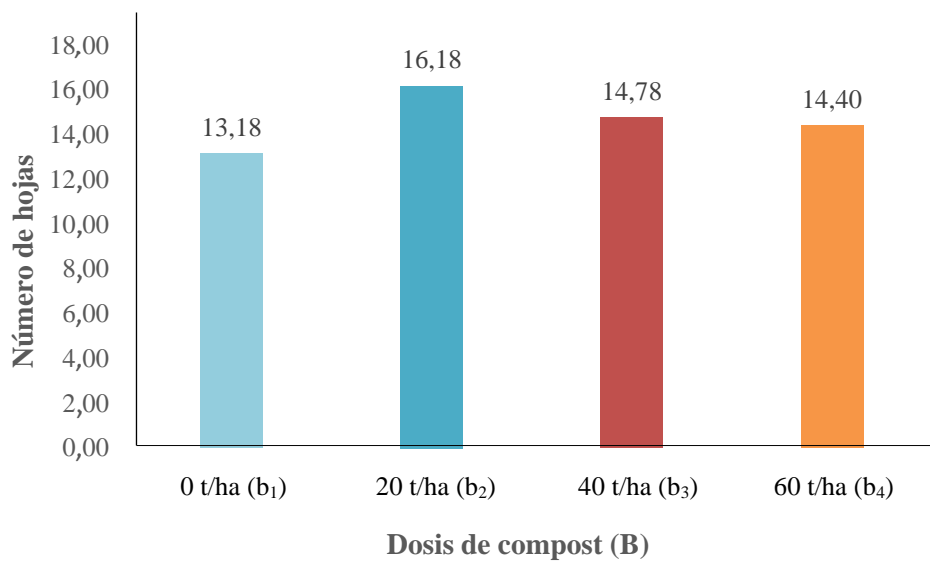
**Figura 9.** Números de hojas por planta de los dos tipos de Microorganismos Eficientes.

En la Tabla 16, se muestra la prueba de significación de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ), del factor dosis de compost (B), en el número de hojas por planta, se observa que la dosis de composta 20 t/ha ( $b_2$ ) con 16,18 hojas por planta, es estadísticamente significativo y superior numéricamente a las dosis de 40 t/ha, 60 t/ha y 0 t/ha con 14,78; 14,40 y 13,18 hojas por planta respectivamente. (Figura 9). En cuanto a la superioridad en el número de hojas por la aplicación del compost obtenido con la aplicación de microorganismos comerciales (MEC), guarda relación con el mayor contenido de materia orgánica tanto en base húmeda como en seca, que se aprecia en la figura 21, del análisis especial del compost con aplicación de microorganismos eficientes.

**Tabla 26.** Prueba de significancia de Duncan ( $\alpha=0,05$ ), del factor dosis de compost (B), en el número de hojas por planta a los 45 días dds.

Dosis de materia orgánica (B)	45 dds	Sig.
20 t/ha (b <sub>2</sub> )	16,18	a
40 t/ha (b <sub>3</sub> )	14,78	b
60 t/ha (b <sub>4</sub> )	14,40	b
00 t/ha (b <sub>1</sub> )	13,18	b

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no existe significancia estadística.



**Figura 10.** Número de hojas por planta de las cuatro dosis de compost.

El análisis de varianza de efectos simples para el tipo de microorganismos eficientes (A) y la dosis de compost (B), presentado en la Tabla 17, muestra que hay pruebas estadísticas suficientes para concluir que los dos tipos de microorganismos eficientes tienen un impacto diferente en el número de hojas por planta cuando se utilizan las cuatro dosis de compost b<sub>1</sub> (0 t/ha), b<sub>2</sub> (20 t/ha), b<sub>3</sub> (40 t/ha) y b<sub>4</sub> (60 t/ha). Además, se observa suficiente evidencia estadística para afirmar que las distintas dosis de compost tienen un efecto diferente en el número de hojas por planta, dependiendo del tipo de microorganismos eficientes utilizados, a<sub>1</sub> (MEM) y a<sub>2</sub> (MEC).

**Tabla 17.** Análisis de variancia de efectos simples para tipos de ME (A) y dosis de compost (B), en el número hojas por planta.

Fuente de variación	G.L.	Cuadrados medios	Sig.
Tipos de ME (A)			
A en b <sub>1</sub>	1	52,215	AS
A en b <sub>2</sub>	1	11,482	AS
A en a <sub>3</sub>	1	16,335	S
A en a <sub>4</sub>	1	18,027	AS
Dosis de compost (B)			
B en a <sub>1</sub>	3	32,839	AS
B en a <sub>2</sub>	3	6,547	S
Error experimental	14	0,218	
Total	23		

S : Significación estadística al 5 % de probabilidad.

AS : Alta Significación estadística al 1 % de probabilidad.

En la Tabla 18, se muestra la prueba de significación de Duncan ( $\alpha=0,05$ ), de efectos simples del factor tipos de ME (A) en los cuatro dosis de compost para el número de hojas por planta, se observa que el tipo de MEC con el dosis de compost en 60 t/ha, obtuvo un comportamiento estadísticamente diferente y superior numéricamente con 16,77 hojas por planta frente al tipo de MEM con 12,66 hojas por planta, siendo la que mayor hojas por planta obtuvo, superando numéricamente y estadísticamente cuando se utilizaron MEM (Figura 10).

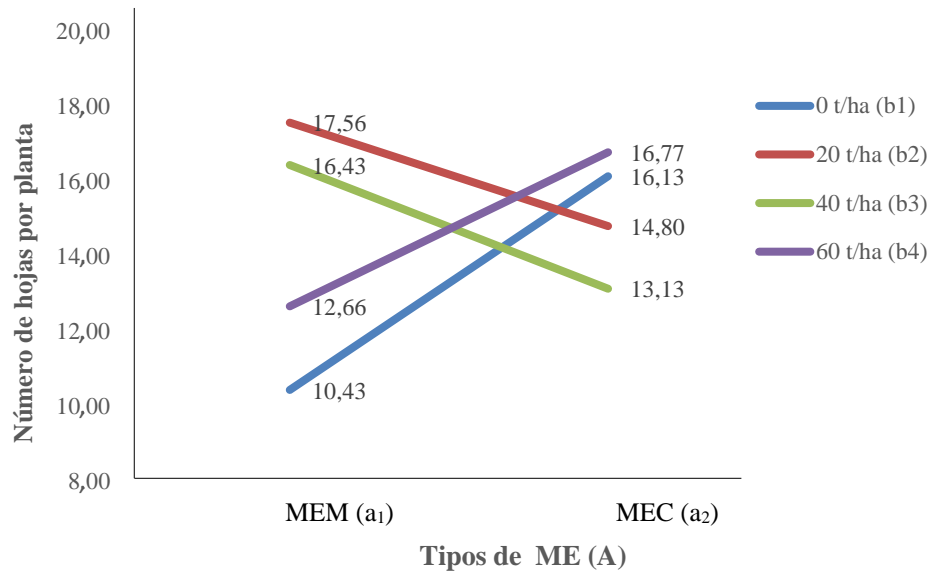
**Tabla 18.** Prueba de significación de Duncan ( $\alpha=0,05$ ), de efectos simples del factor tipos de ME (A), en las cuatro dosis de compost en el número de hojas por planta.

Número de hojas por planta											
Compost	0 t/ha	Sig.	Compost	20 t/ha	Sig.	Compost	40 t/ha	Sig.	Compost	60 t/ha	Sig.
MEC (a <sub>2</sub> )	16,13	a	MEM (a <sub>1</sub> )	17,56	a	MEM (a <sub>1</sub> )	16,43	a	MEC (a <sub>2</sub> )	16,77	a
MEM (a <sub>1</sub> )	10,43	b	MEC (a <sub>2</sub> )	14,80	b	MEC (a <sub>2</sub> )	13,13	b	MEM (a <sub>1</sub> )	12,66	b

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no existe significancia estadística.

La diferencia estadística indicada, y la superioridad del número de hojas por planta con el tratamiento T<sub>8</sub> con la dosis de 60 t/ha, con compost obtenido con aplicación de microorganismos comerciales (MEC), concuerda con el mayor aporte nutricional, sobre todo de materia orgánica (MO) que se aprecia en el análisis de suelos (Figura 20) que es superior a los demás con 1,32 % y en el análisis especial (Figura 21) con 31,72 % de materia orgánica y estos resultados de análisis, concuerdan con el mayor desarrollo de las características evaluadas (Tabla 32), del tratamiento T<sub>8</sub> del cultivo del frijol.





**Figura 11.** Número de hojas por planta entre los tipos de ME y las dosis de compost.

En la Tabla 19, se muestra la prueba de significación de Duncan ( $\alpha=0,05$ ), de efectos simples del factor dosis de compost (B) en los dos tipos de ME para el número de hojas por planta, se observa que la dosis 20 t/ha (b<sub>2</sub>) con el tipo de ME (MEM) tuvo un efecto estadísticamente similar con 17,56 hojas por planta, siendo la que mayor número de hojas generó por planta, superando numéricamente pero no estadísticamente cuando se utilizó el tipo de compost con MEC, que arrojó 14,80 hojas por planta. Asimismo, la dosis 40 t/ha (b<sub>3</sub>) con el tipo MEM tuvo un efecto estadísticamente diferente y superior numéricamente con 16,43 hojas por planta (Figura 11).

**Tabla 19.** Prueba de significación de Duncan ( $\alpha=0,05$ ), de efectos simples del factor dosis de compost (B) en los dos tipos de ME (MEM y MEC).

Número de hojas					
Dosis de compost (B)	MEM (a <sub>1</sub> )	Sig	Dosis de compost (B)	MEC (a <sub>2</sub> )	Sig.
20 t/ha (b <sub>2</sub> )	17,56	a	0 t/ha (b <sub>1</sub> )	16,33	a
40 t/ha (b <sub>3</sub> )	16,43	b	60 t/ha (b <sub>4</sub> )	16,13	a
60 t/ha (b <sub>4</sub> )	12,66	c	20 t/ha (b <sub>2</sub> )	14,80	b
0 t/ha (b <sub>1</sub> )	10,43	c	40 t/ha (b <sub>3</sub> )	13,13	b

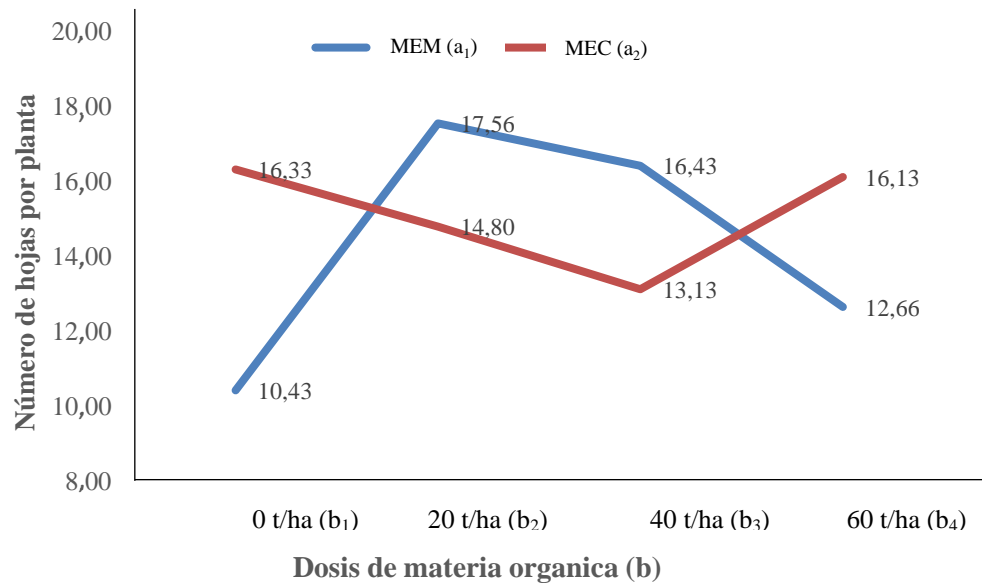
Tratamientos unidos por la misma letra en columna, no existe significancia estadística.

MEM = Microorganismos eficientes de montaña (MEM)

MEC = Microorganismos eficientes comercial (MEC)

Estos resultados nos indican que con aplicación de 20 t/ha del compost obtenido con microorganismos eficientes de montaña (MEM), es suficiente para generar la

cantidad de hojas necesarias para que la planta de frijol se desarrolle en óptimas condiciones; siendo innecesario la aplicación de mayores dosis de compost.



**Figura 12.** Número de hojas por planta entre las dosis de compost y los tipos de ME.

#### 4.2.4. Flores y frutos

De acuerdo a la prueba F del análisis de variancia (Tabla 20), a los 45 días después de la siembra, no se encontró diferencias estadísticas significativas para los bloques y factor A (Tipos de ME); sin embargo, en los tratamientos del factor B (Dosis de compost) se encontró diferencias estadísticas significativas a los 45 días, es decir las dosis de compost tuvieron un efecto diferente en promedio de los tipos de ME, en lo referido a la cantidad de flores y frutos por planta. En cuanto a, la interacción de A x B, no se encontró diferencias estadísticas significativas entre los factores en estudio a los 45 dds, es decir las diferencias entre los tipos de ME fue la misma en cada uno de las dosis de compost para flores y frutos por planta y viceversa, por lo tanto, no es necesario realizar los efectos simples de los factores.

Acerca de los CV a los 45 días fueron de 8,95 % y 13,28 % para flores y frutos respectivamente, indica que hubo excelente homogeneidad y muy buena homogeneidad respectivamente en los resultados experimentales.

Las evaluaciones de estos parámetros, se realizaron hasta 45 dds, dado que hasta edad las plantas de frijol emitieron flores y se notó un estancamiento en el crecimiento de las mismas.

**Tabla 20.** Resumen del análisis de variancia para la cantidad de flores y frutos por planta 45 días después de la siembra.

Fuente de variación	G.L.	Cuadrados medios			
		Flores	Sig.	Frutos	Sig.
Bloques	2	1,292	NS	2,042	NS
Tratamientos	7	137,024	S	121,565	S
Tipos de ME (A)	1	0,667	NS	1,042	NS
Dosis de compost (B)	3	301,389	AS	272,931	S
Interacción (A x B)	3	18,111	NS	10,375	NS
Error experimental	14	8,435		10,137	
Total	23	1 079,833		996,958	
C.V: (%)		8,95		13,28	

S : Significación estadística al 5 % de probabilidad.

NS : No Significación estadística al 5 % de probabilidad.

AS : Alta Significación estadística al 1 % de probabilidad.

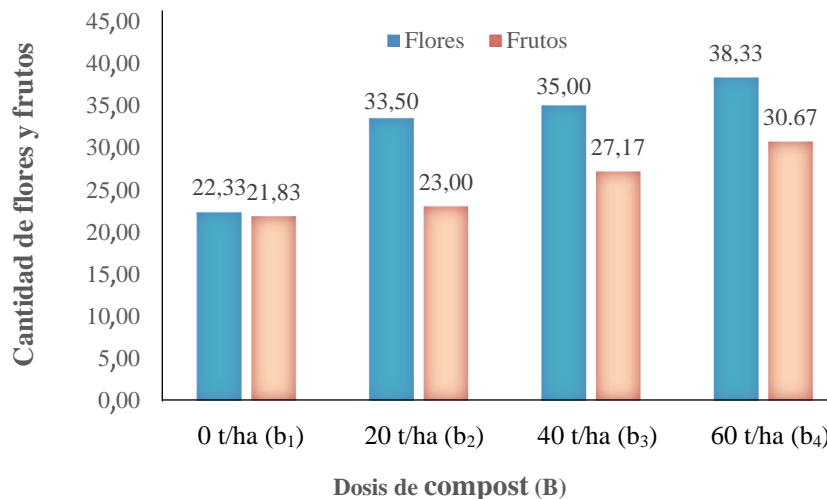
De la Tabla 21, se observa que entre los tratamientos T<sub>4</sub> (MEM + 60 t/ha), T<sub>8</sub> (MEC + 60 t/ha) y T<sub>3</sub> (MEM + 40 t/ha) a los 45 dds, no existe significación estadística entre ellos para flores y frutos, pero si frente al resto. En los tratamientos T<sub>4</sub> (MEM + 60 t/ha) y T<sub>1</sub> (MEM + 0 t/ha) 45 días después de la siembra fluctúan de 21,66 a 39,0 y 13,66 a 31,33 cm en el número de flores y frutos por planta respectivamente. Las flores y frutos promedio alcanzado por todos los tratamientos del cultivo de frijol fue de 32,41 y 23,95 número de flores y frutos a los 45 días respectivamente, donde el tratamiento T<sub>4</sub> (MEM + 40 t/ha) con 39,0 y 31,33 cm alcanzo mayor número de flores y frutos por planta (Figura 12); esto debiéndose al aporte de los microorganismos en la descomposición de la materia orgánica para aportar nutrientes al suelo y estar disponibles para la asimilación por parte de la planta de frijol, tal es el caso del tratamiento T<sub>4</sub>, quien según el análisis de suelo al final del experimento (Figura 20), tiene mayor cantidad de Fósforo disponible (44,51 ppm) y considerado como un elemento esencial para la producción de flores en el cultivo de frijol (Tabla 3), así como también el Potasio (449,80 ppm) para la calidad de frutos de frijol; además los microorganismos eficientes, que son una combinación de varios microorganismos benéficos, de origen natural, como sostiene Ramírez, (2006) al afirmar que los microorganismos eficientes brinda soluciones a diferentes problemas de la agricultura, el medio ambiente y acuicultura.

Esto nos indica, que las dosis de compost de 60 t/ha o 40 t/ha, obtenido con cualquiera de los microorganismos, resulta indistinto si se trata de valorar este parámetro, referido al número de flores y frutos; los mismos que pueden disminuir por varias razones hasta la formación de vainas del frijol.

**Tabla 21.** Prueba de significación de Duncan ( $\alpha=0,05$ ), de los tratamientos en la cantidad de flores y frutos por planta a los 45 días después de la siembra.

Flores y frutos					
Trat.	Flores	Sig.	Trat.	Frutos	Sig.
T <sub>4</sub>	39,00	a	T <sub>4</sub>	31,33	a
T <sub>8</sub>	38,66	a	T <sub>8</sub>	30,00	a
T <sub>3</sub>	37,00	a b	T <sub>3</sub>	28,33	a b
T <sub>6</sub>	35,66	b c	T <sub>7</sub>	26,00	b c
T <sub>7</sub>	33,00	b c	T <sub>6</sub>	24,33	b c
T <sub>2</sub>	31,33	c	T <sub>2</sub>	21,66	c
T <sub>5</sub>	23,00	D	T <sub>5</sub>	16,33	d
T <sub>1</sub>	21,66	D	T <sub>1</sub>	13,66	d

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no existe significancia estadística.



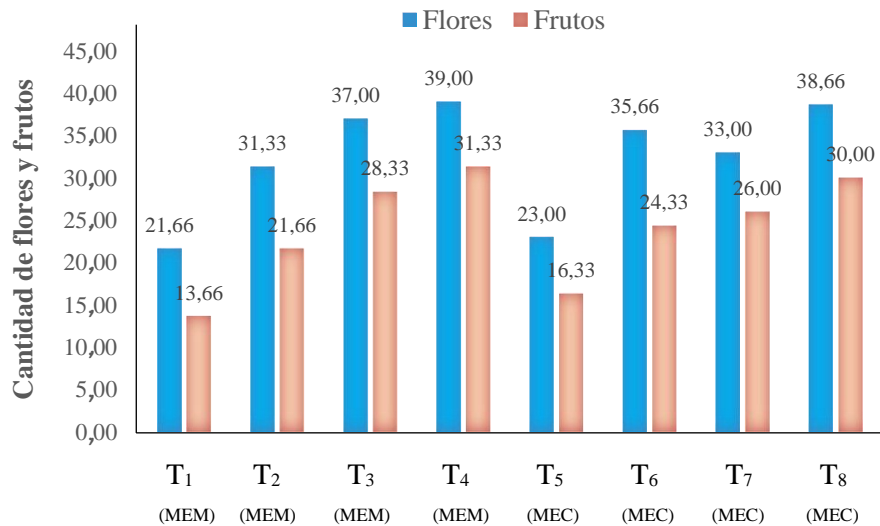
**Figura 13.** Cantidad de flores y frutos a 45 dds de los tratamientos en estudio.

En la Tabla 22, se presenta la prueba de significación de Duncan ( $\alpha=0.05$ ), del factor dosis de compost (B), en la cantidad de flores y frutos por planta a los 45 días después de la siembra, se observa que se encontró diferencias estadísticamente significativas entre las dosis de compost, siendo la dosis 60 t/ha (b<sub>4</sub>) con 38,33 y 30,67 flores y frutos por planta, superior a las demás dosis de compost por de planta, debido a la competencia por nutrientes y espacio (Figura 13).

**Tabla 22.** Prueba de significancia de Duncan ( $\alpha=0,05$ ), del factor dosis de compost (B), en la cantidad de flores y frutos por planta a los 45 días después de la siembra.

Dosis de compost (B)					
Dosis	Flores	Sig.	Dosis	Frutos	Sig.
60 t/ha (b <sub>4</sub> )	38,33	a	60 t/ha (b <sub>4</sub> )	30,67	a
40 t/ha (b <sub>3</sub> )	35,00	b	40 t/ha (b <sub>3</sub> )	27,17	a
20 t/ha (b <sub>2</sub> )	33,50	b	20 t/ha (b <sub>2</sub> )	23,00	b
00 t/ha (b <sub>1</sub> )	22,33	c	0 t/ha (b <sub>1</sub> )	21,83	b

Tratamientos unidos por la misma letra en columna, no existe significancia estadística.



**Figura 14.** Cantidad de flores y frutos por planta a los 45 dds de las cuatro dosis de compost.

#### 4.2.5. Rendimiento por hectárea

Según el análisis de varianza realizado (Tabla 23), no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los bloques, lo que indica que los bloques tuvieron un comportamiento similar en términos de rendimiento por hectárea. Sin embargo, se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos en estudio, lo que sugiere que al menos un tratamiento tuvo un efecto diferente en el rendimiento por hectárea, además, se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas entre el factor A (tipos de microorganismos eficientes), lo que indica que al menos un tipo de microorganismo eficiente tuvo un comportamiento diferente en términos de rendimiento por hectárea. Lo mismo ocurrió para el factor B (dosis de compost), donde al menos una dosis de compost tuvo un efecto diferente en promedio en relación con los tipos de microorganismos eficientes en estudio, en cuanto a la interacción de A x B, también se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas entre los factores en estudio (Figura 13). Esto significa que las diferencias entre los tipos de microorganismos eficientes fueron diferentes en cada una de las dosis en términos de rendimiento por hectárea, y viceversa. Por lo tanto, es necesario realizar los efectos simples de los factores para un análisis más detallado, finalmente, se observó un coeficiente de variación (CV) del 4,02 % en el rendimiento por hectárea, lo que indica una excelente homogeneidad de los resultados obtenidos en el estudio.

Las diferencias estadísticas en los de ME que se utilizaron en la obtención de compost y las dosis de compost que se aplicaron al cultivo del frijol, tienen relación con los requerimientos edafoclimáticos de este cultivo, que menciona Ocdich, citado por Zevallos (2014), quien indica que los suelos apropiados son los francos arenosos, con pH que oscila entre

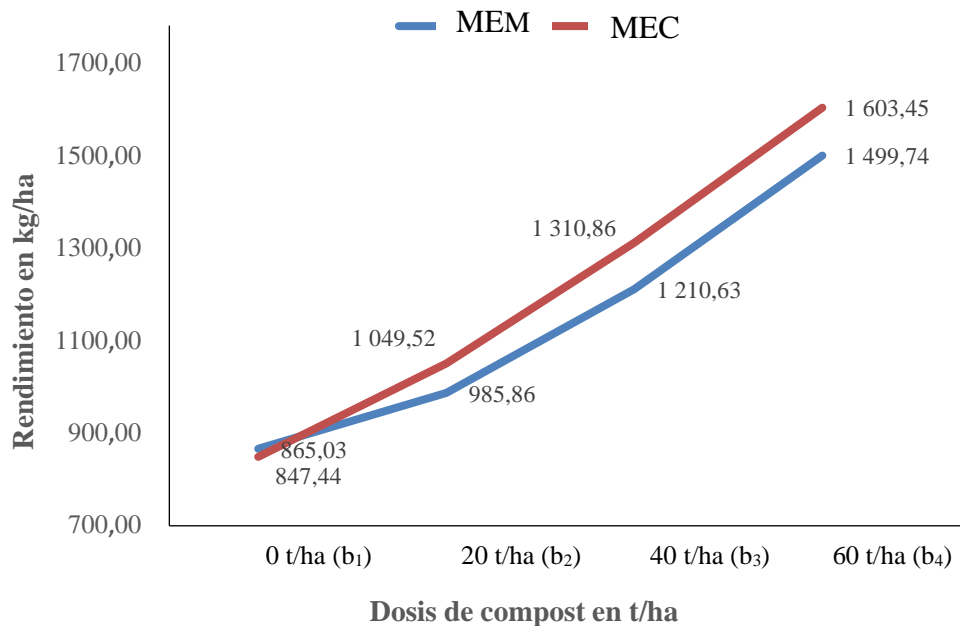
5,5 a 7, dado que en este rango la mayoría de elementos presentan una mayor disponibilidad para las plantas, en este caso para el frijol y estos datos coinciden con los análisis de suelos.

**Tabla 23.** Análisis de variancia del rendimiento por hectárea.

Fuente de variación	G.L.	Cuadrados medios	Sig.
Bloques	2	7 269,014	NS
Tratamientos	7	241 521,631	S
Tipos de ME (A)	1	23 437,500	S
Dosis de compost (B)	3	550 969,073	AS
Interacción (A x B)	3	4 768,900	S
Error experimental	14	2 218,982	
Total	23		
C.V: (%)		4,02	

NS : No Significación estadística al 5 % de probabilidad.

AS : Alta Significación estadística al 1 % de probabilidad.



**Figura 15.** Interacción entre los tipos de ME (A) con las dosis compost (B) en el rendimiento por hectárea.

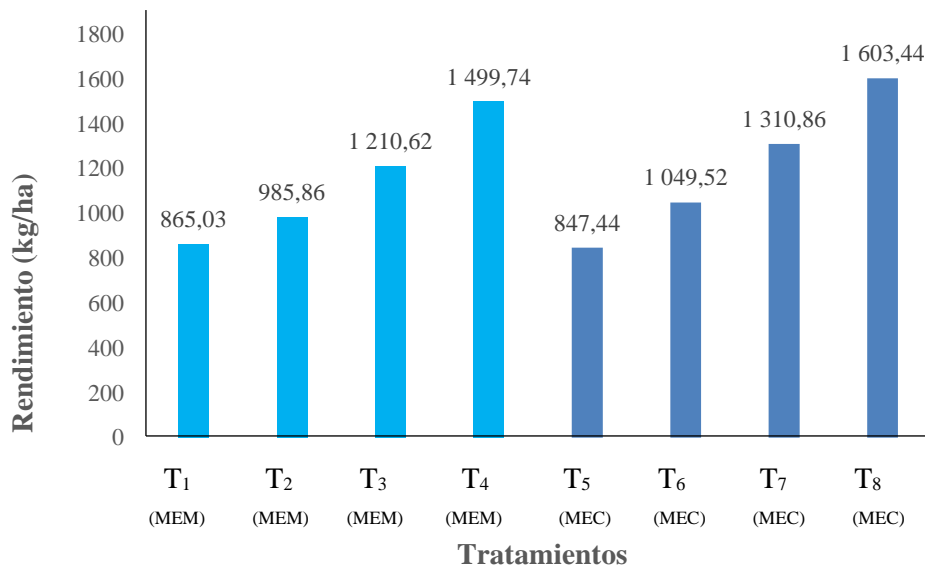
De la Tabla 24 y Figura 15, se observa que existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos T<sub>8</sub> (MEC + 60 t/ha), T<sub>4</sub> (MEM + 60 t/ha), T<sub>7</sub> (MEC + 40 t/ha) y T<sub>3</sub> (MEM + 40 t/ha); y no existe diferencias estadísticas entre los T<sub>6</sub> (MEC + 20 t/ha) y T<sub>2</sub> (MEM + 20 t/ha). Asimismo, no existe diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos T<sub>1</sub> (MEM + 0 t/ha) y T<sub>5</sub> (MEC + 0 t/ha). En cuanto al rendimiento promedio de los tratamientos interactuantes, estos fluctuaron entre 847,44 a 1 603,44 kg correspondiente al

tratamiento T<sub>5</sub> (MEC + 0 t/ha) y al tratamiento T<sub>8</sub> (MEC + 60 t/ha) que ocuparon el último y primer lugar respectivamente.

**Tabla 24.** Prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ), de los tratamientos en el rendimiento por hectárea en kilogramos.

Tratamientos	Descripción	Rendimiento (kg/ha)	Sig.
T <sub>8</sub>	MEC + 60 t/ha	1 603,44	a
T <sub>4</sub>	MEM + 60 t/ha	1 499,74	b
T <sub>7</sub>	MEC + 40 t/ha	1 310,86	c
T <sub>3</sub>	MEM + 40 t/ha	1 210,62	d
T <sub>6</sub>	MEC + 20 t/ha	1 049,52	e
T <sub>2</sub>	MEM + 20 t/ha	985,86	e
T <sub>1</sub>	MEM + 0 t/ha	865,03	f
T <sub>5</sub>	MEC + 0 t/ha	847,44	f

Tratamientos unidos por la misma letra en la columna no existe significancia estadística.



**Figura 16.** Rendimiento por hectárea de los tratamientos en estudio.

En la Tabla 25 y Figura 16, se muestra la prueba de significación de Duncan ( $\alpha=0,05$ ), del factor tipos de ME (A), en el rendimiento por hectárea en kg, se observa que se encontró diferencia estadísticamente significativas entre los tipos de ME, ya que los MEC con 1 202,82 kg en el rendimiento por hectárea fue superior numéricamente a los MEM con 1 140,32 kg, debido a que el compost con MEC tienen mayor porcentaje de fósforo, el mismo que influye en el crecimiento, desarrollo y producción de flores en la planta, así como también es usado por las plantas para ayudar a formar nuevas raíces, para poder producir semillas, frutos y flores según lo corroborado por Fernández (2007).

Se menciona que el fósforo es un nutriente esencial para el crecimiento y desarrollo de las plantas, y se considera necesario aplicar fertilizantes ricos en fósforo para

lograr altos niveles de productividad. La interacción del fósforo con otros nutrientes del suelo es de gran importancia para que las plantas puedan absorber, transportar y utilizar eficientemente este elemento, además, se destaca que el potasio desempeña un papel fundamental en procesos vitales como la fotosíntesis, la respiración y la activación de enzimas en las plantas. Además, este nutriente tiene una influencia significativa tanto en el crecimiento de las plantas como en la calidad de los frutos que producen, corroborado por León (1994)

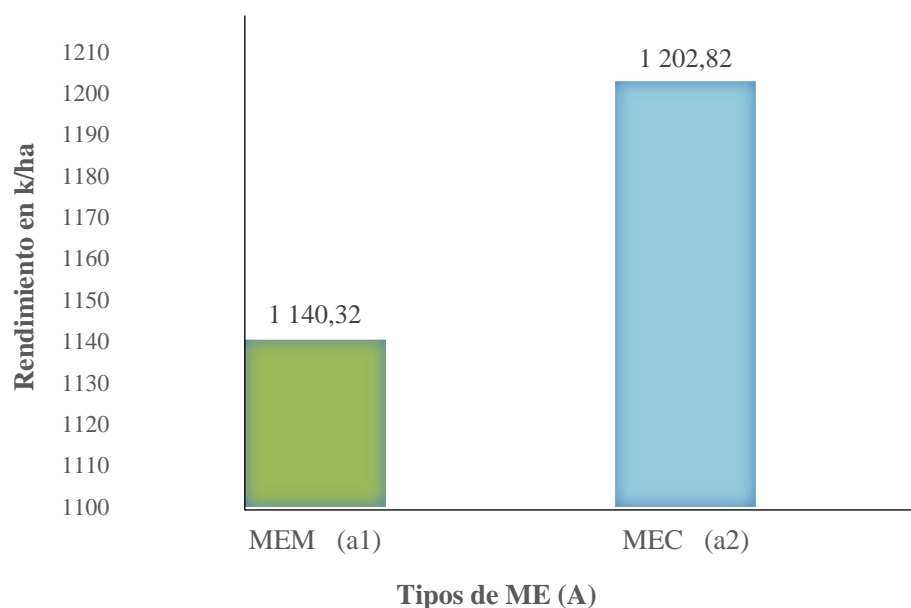
El potasio, junto con el nitrógeno, es uno de los nutrientes que las plantas absorben en cantidades significativas. La mayor parte del potasio absorbido por las plantas depende principalmente de la difusión de este elemento y también puede estar influenciado por otros factores, como altos contenidos de calcio y magnesio en el suelo, los cuales pueden disminuir la absorción de potasio

Los resultados de esta investigación concuerdan con los reportados por Calero (2017), el tratamiento TH34 (*Trichodema harzianum* cepa A-34) se observó tener un rendimiento similar de 1,44 t/ha.

**Tabla 25.** Prueba de significación de Duncan ( $\alpha=0,05$ ), del factor tipos de ME (A), en el rendimiento por hectárea en kilogramos.

Tipos de materia orgánica (A)	Rendimiento (kg/ha)	Sig.
MEM=microorganismos eficientes de montaña (a <sub>1</sub> )	1 140,32	a
MEC= microorganismos eficientes comerciales (a <sub>2</sub> )	1 202,82	b

Tratamientos unidos por la misma letra en la columna no existe significancia estadística.



**Figura 17.** Rendimiento por hectárea de los tipos de microorganismos eficientes (ME).



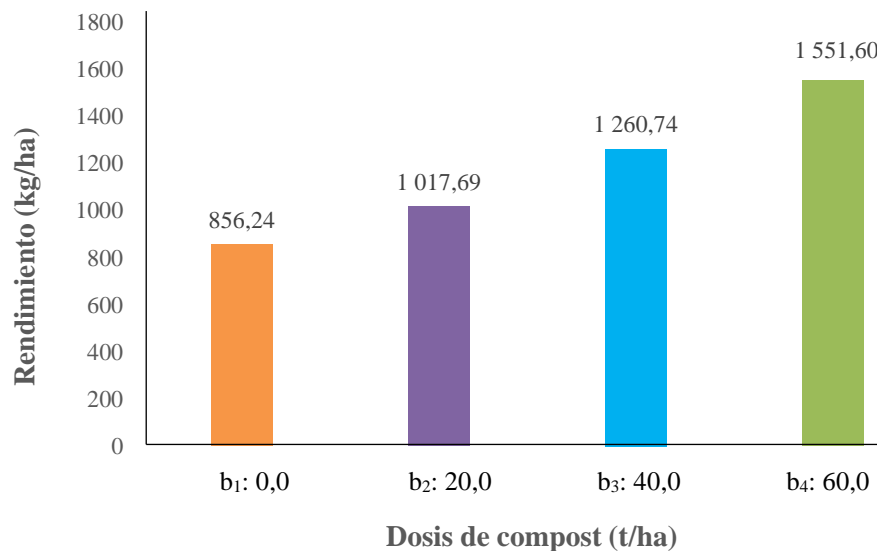
En la Tabla 26 y Figura 17, se muestra la prueba de significación de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ), del factor dosis de compost (B), en el rendimiento por hectárea en kg, se observa que el tratamiento 60 t/ha ( $b_4$ ) con 1 551,50 kg/ha, es estadísticamente significativo y superior numéricamente a las dosis 40 t/ha ( $b_3$ ) con 1 260,74 kg, 20 t/ha ( $b_2$ ) y 0 t/ha ( $b_1$ ).

Los resultados obtenidos en este estudio concuerdan con los hallazgos de Amico (2007), quien también observó un aumento del rendimiento de frijol de hasta un 35% utilizando el Ecomic en comparación con el control. Además, estos resultados respaldan los hallazgos de Calero y Olivera (2014), quienes lograron duplicar el rendimiento del cultivo de frijol en comparación con el control mediante el uso de un biopreparado de microorganismos nativos.

**Tabla 36.** Prueba de significancia de Duncan ( $\alpha=0,05$ ), del factor dosis de compost (B), en el rendimiento por hectárea en kilogramos.

Dosis de compost (B)	Rendimiento (kg/ha)	Sig.
60,0 t/ha ( $b_1$ )	1 551,60	a
40,0 t/ha ( $b_2$ )	1 260,74	a
20,0 t/ha ( $b_3$ )	1 017,69	b
00,0 t/ha ( $b_4$ )	856,24	c

Tratamientos unidos por la misma letra en la columna no existe significancia estadística.



**Figura 18.** Rendimiento por hectárea de las cuatro dosis de compost.

En la Tabla 27, con respecto al análisis de variancia de efectos simples entre los tipos de ME (A) y dosis de compost (B), se deduce que existe suficiente evidencia estadística para aceptar que los dos tipos de ME tienen un comportamiento diferente en el rendimiento por hectárea, cuando se utilizó las cuatro dosis de compost  $b_1$  (0 t/ha),  $b_2$  (20 t/ha),

b<sub>3</sub> (0 t/ha) y b<sub>4</sub> (60 t/ha). Asimismo, existe suficiente evidencia estadística para aceptar que las dosis de compost tienen un efecto diferente en el rendimiento por hectárea en kg, cuando se utilizó los dos tipos de ME a<sub>1</sub> (MEM) y a<sub>2</sub> (MEC). Estos efectos diferentes, de los tratamientos en estudio, donde destaca la dosis de T<sub>8</sub> (60 t/ha), en cuanto al rendimiento, tiene relación con el mayor aporte de nutrientes que se constatan en los análisis de suelos respectivos que se aprecian en la tabla 3 y 4 que se adjuntan en los anexos.

**Tabla 27.** Análisis de variancia de efectos simples entre los tipos de ME (A) y dosis de compost (B), en el rendimiento por hectárea en kilogramos.

Fuente de variación	G.L.	Cuadrados medios	Sig.
Tipos de ME (A)			
A en b <sub>1</sub>	1	464,880	NS
A en b <sub>2</sub>	1	6 078,257	NS
A en a <sub>3</sub>	1	15 070,082	NS
A en a <sub>4</sub>	1	16 131,572	AS
Dosis de compost (B)			
B en a <sub>1</sub>	3	2 172,512	AS
B en a <sub>2</sub>	3	3 527,967	AS
Error experimental	14		
Total	23		

AS : Altamente significación estadística al 1 % de probabilidad.

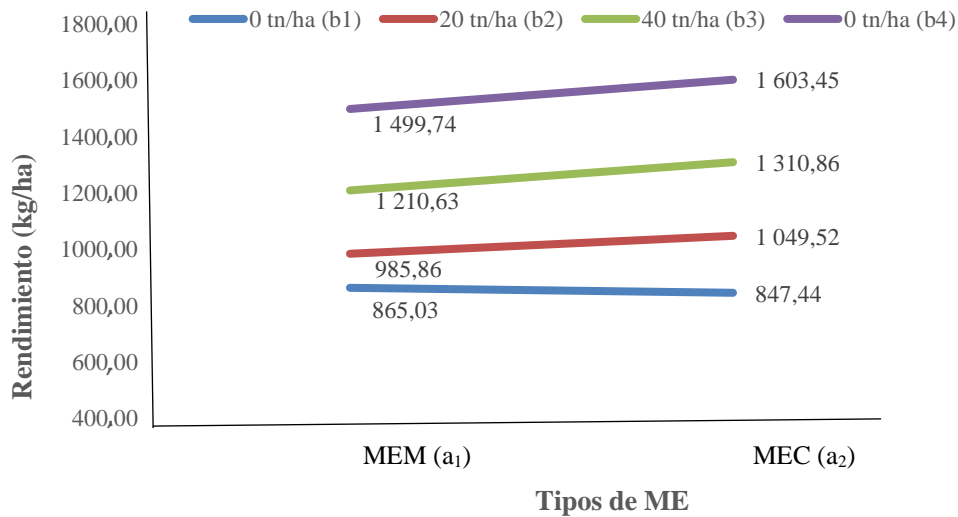
NS : No significación estadística al 5 % de probabilidad.

En la tabla 28, se muestra la prueba de significación de Duncan ( $\alpha=0,05$ ), de efectos simples del factor de tipos de ME (A), en los cuatro dosis de compost (B) para el rendimiento por hectárea en kg, se observa que el tipo de compost (a<sub>2</sub>) con la dosis de compost en 60 t/ha, obtuvo un comportamiento estadísticamente diferente con 1 603,45 kg, siendo la que mayor rendimiento por hectárea, superando numéricamente y estadísticamente cuando se utilizó las dosis 40, 20 y 0 t/ha con 1 310,86; 1 049,52 y 847,44 kg respectivamente (Figura 18); resultados que tienen relación con los análisis inicial y final del experimento (Tablas 3 y 4), sobre todo en el mayor contenido de materia orgánica y otros elementos nutricionales que obviamente son absorbidos por las plantas de frijol en mayor cantidad, frente a los de menores dosis; además de ser un suelo cumple las condiciones agroecológicas óptimas para el cultivo del frijol como detalla Fornos y Meza (2001), en una zona con el clima apropiado (Tabla 3) y se sembró en un distanciamiento recomendado por la GRA-AAT (2013).

**Tabla 28.** Prueba de significación de Duncan ( $\alpha=0,05$ ), de efectos simples del factor tipos de ME (A) en las cuatro dosis de compost (B) para el rendimiento por hectárea en kilogramos.

Rendimiento (kg/ha)											
Compost	0 t/ha	Sig.	Compost	20 t/ha	Sig.	Compost	40 t/ha	Sig.	Compost	60 t/ha	Sig.
MEC (a <sub>2</sub> )	847,44	a	MEC (a <sub>2</sub> )	1 049,52	a	MEC (a <sub>2</sub> )	1 310,86	a	MEC (a <sub>2</sub> )	1 603,45	a
MEM (a <sub>1</sub> )	865,03	b	MEM (a <sub>1</sub> )	985,52	b	MEM (a <sub>1</sub> )	1 210,63	b	MEM(a <sub>1</sub> )	1 499,74	b

Tratamientos unidos por la misma letra en la columna no existe significancia estadística



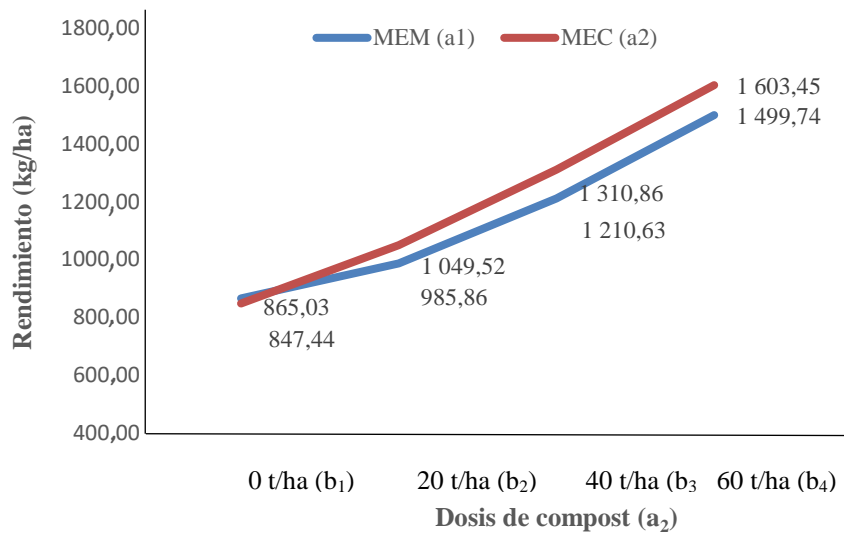
**Figura 19.** Rendimiento por hectárea del frijol con diferentes dosis de compost

En la Tabla 29, se muestra la prueba de significación de Duncan ( $\alpha=0,05$ ), de efectos simples del factor dosis de compost (B), en los dos tipos de ME para el rendimiento por hectárea en kg, se observa que la dosis 60 t/ha (b<sub>4</sub>) con MEC, obtuvo un efecto estadísticamente diferente y superior numéricamente con 1 603,45 kg siendo la de mayor rendimiento por hectárea; y cuando se utilizó con MEM se obtuvo 1 499,74 kg en el rendimiento por hectárea. Sin embargo, para la dosis 0 t/ha (b<sub>1</sub>) con MEM obtuvo un efecto estadísticamente similar y superior numéricamente con 865,03 kg, siendo la que mayor rendimiento por hectárea, que cuando se utilizó los MEC con 847,44 kg en el rendimiento por hectárea (Figura 19).

**Tabla 29.** Prueba de significación de (Duncan  $\alpha=0,05$ ), de efectos simples del factor tipo de compost

Rendimiento (kg/ha)					
Dosis de compost (t/ha)	MEM (a <sub>1</sub> )	Sig.	Dosis de compost (t/ha)	MEC (a <sub>2</sub> )	Sig.
0 t/ha (b <sub>1</sub> )	865,03	a	0 t/ha (b <sub>1</sub> )	847,44	a
20 t/ha (b <sub>2</sub> )	985,86	b	20 t/ha (b <sub>2</sub> )	1 049,52	b
40 t/ha (b <sub>3</sub> )	1 210,63	c	40 t/ha (b <sub>3</sub> )	1 310,86	c
60 t/ha (b <sub>4</sub> )	1 499,74	d	60 t/ha (b <sub>4</sub> )	1 603,45	d

Tratamientos unidos por la misma letra en la columna no existe significancia estadística



**Figura 20.** Rendimiento por hectárea del frijol con dos tipos de Microorganismos Eficientes.

#### 4.3. Del análisis económico

Los costos totales por tratamiento se muestran en la tabla 31; siendo los mayores los T<sub>4</sub> y T<sub>8</sub>, influenciado por el costo de cascarilla de cacao (S/ 0.20/kg) y del polvo de cacao (S/ 1,00/ kg). En la tabla 30, se observa que el T<sub>1</sub> (MEM+00 t/ha) presenta un mayor Índice de Rentabilidad (IR) con 2,96, y una utilidad neta de 4 525,21 soles/ha, seguido del T<sub>5</sub> (MEC+00 t/ha) con un IR de 2,88 soles/ha y una utilidad neta de 4 402,08 soles/ha, y el de menor IR fueron los tratamientos T<sub>4</sub> (MEM+60 t/ha) y T<sub>8</sub> (MEC+60 t/ha) con -0,40 y -0,36; esto nos indica, que dado los altos costos totales, a pesar de tener el mejor rendimiento, no resulta rentable; y para revertir esta situación se tiene optimizar los gastos, buscar otras materias primas de menos costos que aporten los mismos nutrientes y utilizar técnicas agronómicas más eficientes, análisis de suelo en detalle y las exigencias nutricionales del cultivo.

**Tabla 30.** Análisis de rentabilidad de los tratamientos para la producción del de frijol.

Tratam.	B	C	D	E	F	G
	C. Total (S./)	Rdto.(kg/ha)	L. B.	U. (S./)	L. R.	B/C
T <sub>1</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> )	1 530,00	865,03	6 055,21	4 525,21	2,96	3,96
T <sub>2</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> )	6 855,40	985,86	6 901,02	45,62	0,01	1,01
T <sub>3</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>3</sub> )	11 934,81	1 210,62	8474,34	-3 460,47	-0,29	0,71
T <sub>4</sub> (a <sub>1</sub> b <sub>4</sub> )	17 494,21	1 499,74	10 498,18	-6 996,03	-0,40	0,60
T <sub>5</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> )	1 530,00	847,44	5 932,08	4 402,08	2,88	3,88
T <sub>6</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> )	6 890,72	1 049,52	7 346,64	455,92	0,07	1,07
T <sub>7</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>3</sub> )	12 005,43	1 310,86	9 176,02	-2 829,41	-0,24	0,76
T <sub>8</sub> (a <sub>2</sub> b <sub>4</sub> )	17 600,15	1 603,44	11 224,08	-6 376,07	-0,36	0,64

IB: Ingreso bruto

D = C x precio

Frijol (S./) = 7,00

U: Utilidad

E = D – B

B/C = Beneficio costo

IR: Índice de rentabilidad

F = E/B

G = D/B

## V. CONCLUSIONES

1. Se obtuvo compost a partir de los residuos agrícolas, conformados por 350 kg cáscara de cacao, 50 kg de rastrojo vegetal, 100 kg de estiércol de vaca, 50 kg de tallo de plátano y 50 kg de polvo almendra de cacao; haciendo un total inicial de 600 kg por pila; obteniéndose 203 kg de compost cuando se aplicó Microorganismos Eficientes de Montaña (MEM) y 198 kg con Microorganismos Eficientes Comerciales (MEC).
2. La mejor dosis, fue de 60 t/ha, tanto del compost obtenido con la aplicación de MEC, dado que arrojó el mejor rendimiento de frijol con 1603,44 kg/ha, como del compost obtenido con MEM, con un rendimiento de 1499,74 kg/ha.
3. Según el análisis de rentabilidad el tratamiento T<sub>1</sub> (MEC + 00 t/ha) tiene mayor índice de rentabilidad con 2,96 soles con una utilidad neta de 4 525,21 soles/ha, lo que nos indica que este suelo sin compost, cubre las necesidades nutricionales de las plantas de frijol y el tratamiento T<sub>4</sub> (MEM + 60 t/ha) tiene menor índice de rentabilidad con -0,40 soles y con una utilidad negativa de -6 996,03 soles/ha; a pesar de tener el mayor rendimiento no llegó a cubrir o superar los excesivos e innecesarios gastos, siendo necesario mejorar las técnicas de producción del cultivo de frijol.

## **VI. PROPUESTAS A FUTURO**

1. Utilizar compost a partir de residuos agrícolas con aplicación de microorganismos eficientes ya sean de montaña o comerciales, dado que aceleran el proceso de descomposición de la materia orgánica.
2. Realizar ensayos similares a este estudio, a mayor escala con diferentes residuos agrícolas y domésticos y aplicaciones proporcionada de microorganismos eficientes de diferentes sistemas agroforestales
3. A fin de elevar los rendimientos se recomienda realizar estudios de suelos en detalle o utilizando las técnicas de Manejo de Nutrientes en Sitio Especifico (MNSE), que permita realizar un abonamiento variable con los fertilizantes orgánicos u inorgánicos, de acuerdo a los niveles de los nutrientes presentes en el suelo y los requerimientos nutricionales del cultivo.
4. Realizar análisis foliar de las plantas de frijol que, al comparar con el análisis de suelos de una determinada zona, permitiría analizar los efectos residuales de los nutrientes en el suelo, al aproximar la extracción de nutrientes de los cultivos.

## VII. REFERENCIAS

- Alcolea, M y González, C. (2000). Manual de compostaje doméstico. Barcelona. 49 p.
- Amico, R. (2007). Ecomic. Biofertilizante ecológico a partir de hongos micorrizados arbusculares. La Habana, 50 p.
- AREX-L. (Asociación Regional de Exportadores de Lambayeque). 2004. Frejol Canario.: [http://www.sierraexportadora.gob.pe/perfil\\_comercial/perfil%20comercial%20leg%20canario.pdf](http://www.sierraexportadora.gob.pe/perfil_comercial/perfil%20comercial%20leg%20canario.pdf). 19 p.
- Arias, J., Rengifo, T. y Jaramillo, M. (2007). Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción de Fríjol Voluble. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación – FAO. 17 p.
- Bayuelo-Jiménez, J.; Debouck, D; Lynch, J. (2002). Salinity tolerance in *Phaseolus* species during early vegetative growth. *Crop Science*. 42:2184-2192.
- Bejarano, E. y Delgadillo, S. (2007). *Evaluación de un tratamiento para la producción de compost a partir de residuos orgánicos provenientes del rancho de comidas del establecimiento carcelario de Bogotá “La Modelo” por medio de la utilización de Microorganismos Eficientes*. [Tesis de grado, Universidad de la Salle]. Bogotá, Colombia. 188 p.
- Butrón, D. (2015). *Aplicaciones de bocashi y té de compost en el rendimiento de frejol (Phaseolus vulgaris L.) var. Canario en condiciones del valle de Sigwas – Arequipa*. [Tesis de grado, Universidad Nacional San Agustín]. Arequipa-Perú. 79 p.
- Calero, A. y Olivera, D. (2014). Utilización de microorganismos eficientes y Azofert en el comportamiento agroproductivo de la variedad de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), Velasco largo. XI Congreso de SEAE: «Agricultura ecológica familiar». Vitoria-Gasteiz (Álava), 1-4 octubre 2014, 1-15.
- Camarena F., Chiappe L., Huaranga A., y Mostacero E. (2002). Ficha Técnica de Frijol Común. Programa de Investigación en Leguminosas. UNALM. Lima- Perú. 71 p.
- Chambi, F. 2007. Efecto de seis fuentes de estiércol en el rendimiento de grano de frijol (*Phaseolus vulgaris*) y su impacto en el contenido de materia orgánica y nitrógeno del suelo. [Tesis de grado, Universidad Nacional San Agustín]. Arequipa-Perú. 77 p.
- Chauca, V. (2014). *Proceso de producción y aplicación del producto Microorganismos Eficaces sobre la calidad de compost de residuos orgánicos de mercados de Sapallanga-Huancayo*. [Tesis de grado, Universidad Nacional del Centro del Perú],

<https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3511/Rafael%20Avila.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. 116 p.

- Comisión Veracruzana de Comercialización Agropecuaria. COVECA, (2010). Monografías del frijol. Gobierno del estado de Veracruz, México. 26 p.
- De la Cruz c. (2017). *Determinación de Dosificación de los Microorganismos Eficaces para compost a partir de la cáscara de Teobroma Cacao L.* [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Martín]. Tarapoto. Peru. 95 p.
- Fioravanti, P. (2005). *The Composting Toilet System Book*. Center for Ecological Pollution Prevention, Massachusetts, US. 235 p.
- Fornos, D. y Meza, J. (2001). *Comparación del efecto de la fertilización mineral, orgánica y control de malezas en el cultivo del frijol común (Phaseolus vulgaris L.). Establecimiento en callejones de madera negro (Gliricidia sepium) y convencional.* [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria]. Managua. Nicaragua 59 p.
- GRA – AAT (Gerencia Regional de Agricultura - Agencia Agraria Trujillo) (2013). Cultivo del frijol. [http://www.agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/vozagraria%20n%c2%aa%20062013\\_%20cultivo%20de%20frijol.pdf](http://www.agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/vozagraria%20n%c2%aa%20062013_%20cultivo%20de%20frijol.pdf).
- Gilbert, M. Wendell, E. (2008), *Introducción a la Ingeniería Medioambiental*, 3° Edición; España: Pearson Educación. S.A. 679 p.
- Gómez, R. (2007). *Compostaje de residuos sólidos orgánicos. Aplicación de técnicas respirométricas en el seguimiento del proceso.* [Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona]. Barcelona. España.
- Higa, T.; y Chinen, N. (1998). EM treatments of odor, waster and environmental problems. College of Agriculture, University of the Ryukyus, Okinawa, JP. 122 p.
- Huamán A. (2015). *Efecto en la aplicación de microorganismos para la transformación de desechos orgánicos en compost.* [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Tingo María. Perú .122 p.
- INTA (Instituto nicaragüense de tecnología agropecuaria) (2009). Guía tecnológica del cultivo de frijol.: <http://www.inta.gob.ni/biblioteca/images/pdf/guias/guia%20frijol.pdf>
- Jiménez, D. (2009). *Evaluación de tres niveles de compost y de biofermento de estiércol de vacuno en la productividad del cultivo de frijol (Phaseolus vulgaris L.) var. Canario en sistema de riego por goteo.* [Tesis de grado, Universidad Nacional San Agustín]. Arequipa-Perú. 82 p.
- Soriano, Eva y Rojas, M. (2008). El uso del frijol común (*Phaseolus vulgaris L.*) como planta medicinal. Vol 9. Num 1. 9 p.



- León, L. A. (1994). Evaluación de la fertilidad del suelo. En: Fertilidad de suelos. Silva M., F. (ed.). Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, Bogotá, Pp. 154-186.
- Manejo agronómico, (2023). Buenas prácticas agrícolas (BPA) en la producción de frijol voluble. Pp. 49 – 82.
- Matamoros, E. (2016). Técnica de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos de cosechas de cacao. [Tesis de maestría, Universidad de Guayaquil]. Guayaquil. Ecuador. 55 p.
- Meléndez, G y Soto, G. (2003). Taller de abonos orgánicos. Costa Rica 155 p.
- Miller, F. (1991). La biodegradación de los residuos sólidos mediante compostaje. En A.M. Martín Ed. Elsevier Science Publishers, Essex IG118JU, Inglaterra. Pp. 1-25.
- Quintero F. (2002). Manejo agrotécnico del frijol en Cuba. Monografía. Facultad de Ciencias Agropecuarias. UCLV. Santa Clara, 28 p.
- Pinto, C. (2001). Principios Básicos del Proceso de compostaje. Chile Agrícola. Julio -Agosto: Pp. 102-107.
- Ramírez, M. (2006). Tecnologías de microorganismos aplicados a la agricultura y medio ambiente sostenible. [Monografía, Universidad Industrial de Santander]. Bucaramanga Colombia. 44 p.
- Rivera, J. (2011). Evaluación de microorganismos eficaces en procesos de compostaje de residuos de maleza. Lima-Perú.
- Román P., Martínez M. y Pantoja A. (2013). Manual de compostaje del agricultor-experiencias en américa latina. FAO, Oficina regional para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile. Pp. 24-25.
- Rosas U., Ramírez R. y Ulloa R. (2011). Frijol (*Phaseolus vulgaris*): su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicos.
- Rosas J. (2003). El cultivo del frijol común en América tropical.
- Sistema de Información Municipal Agropecuaria. SIMA (2006). Monografía de productos agropecuarios. Gobierno de Chiapas. México.
- Singh, S. (1999). Production and Utilization. En: Singh, S. P. (eds). Common bean improvement in the twenty-first century. Kluwer Academic Publishers. 24 p.
- Soriano, V. (2016). *Tiempo y calidad del compost con aplicación de tres dosis de "microorganismos eficaces*. [Tesis de grado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Junín Perú. 113 p.
- Moncayo, R. (2012). Producción de cuyes. Proceso productivo– alimentación. Criadero Auquicuy. Ibarra - Ecuador. <http://es.slideshare.net/VictorinoRamosZurita/origen-del-cuy>.

- Vecco, G. (1997). Efecto de las fases lunares en el cultivo de frijol Huasca Poroto en San Roque de Cumbaza. [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Martín]-Tarapoto. Perú.
- Vega, M. (2018). *Elaboración, caracterización y comparación de los abonos obtenidos a partir de residuos orgánicos y cáscara de cacao*. [Tesis de grado, Universidad Industrial de Santander]. Bogotá. Colombia. 91 p.
- Velásquez, J. y Giraldo P. (2005). Informe de avance, posibilidades competitivas de productos prioritarios de Antioquia frente a los acuerdos de integración y nuevos acuerdos comerciales. 20 p.
- Yanasupo G. (2018). *Compostaje de proporciones de residuos de cosecha de maíz y estiércol de vacuno, con y sin microorganismos eficientes*. [Tesis de grado, Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga]. Ayacucho. Perú. 87 p.
- Zevallos, C. (2014). *Extracto de algas y ácidos húmicos – fúlvicos solubles en el cultivo de frejol canario (*Phaseolus vulgaris L.*) en condiciones edafoclimáticas de la Irrigación Majes*. [Tesis de grado Universidad Nacional San Agustín]. Arequipa-Perú. 77 p.

## **ANEXOS**

**Tabla 31.** Costo total por cada tratamiento en estudio por hectárea.

Rubro	Unidad	Cant.	T 1			T 2			T 3			T 4			T 5			T 6			T 7			T 8					
			Cant.	P.u.	P.T.	Cant.	P.u.	P.T.	Cant.	P.u.	P.T.	Cant.	P.u.	P.T.	Cant.	P.u.	P.T.	Cant.	P.u.	P.T.	Cant.	P.u.	P.T.	Cant.	P.u.	P.T.			
<b>COSTO DIRECTOS</b>																													
<b>1. INSUMOS</b>		623	1000	600	20																								
Polvo de cacao	Kg	50	80,26	0	0	1 605,14	1	1 605,14	3 210,27	1	3 210,27	4 815,41	1	4 815,41	0	0	0	1 605,14	1	1 605,14	3 210,27	1	3 210,27	4 815,41	1	4 815,41			
Tallo de platano	Kg	50	80,26	0	0	1 605,14	0,1	160,51	3 210,27	0,1	321,03	4 815,41	0,1	481,54	0	0	0	1 605,14	0,1	160,1	3 210,27	0,1	321,03	4 815,41	0,1	481,4			
Estiercol de vacuno	Kg	100	160,51	0	0	3 210,27	0,1	321,03	6 420,55	0,1	642,05	9 630,82	0,1	963,08	0	0	0	3 210,27	0,1	321,03	6 420,55	0,1	642,05	9 630,82	0,1	963,08			
Rastrojo vegetal	Kg	50	80,26	0	0	1 605,14	0,1	160,51	3 210,27	0,1	321,03	4 815,41	0,1	481,54	0	0	0	1 605,14	0,1	160,51	3 210,27	0,1	321,03	4 815,41	0,1	481,54			
Cascara de cacao	Kg	350	561,80	0	0	11 235,96	0,2	2 247,19	22 471,91	0,2	4 494,38	33 707,87	0,2	6 741,57	0	0	0	11 235,96	0,2	2 247,19	22 471,91	0,2	4 494,38	33 707,87	0,2	6 741,6			
Mantillo de bosque	Kg	15	24,08	0	0	481,54	0,1	48,15	963,08	0,1	96,31	1 444,62	0,1	144,46	0	0	0	481,54	0,1	48,15	963,08	0,1	96,31	1 444,62	0,1	144,46			
Melaza de caña	Kg	2	3,21	0	0	64,21	2,5	160,51	128,41	2,5	321,03	192,62	2,5	481,54	0	0	0	64,21	2,5	160,51	128,41	2,5	321,03	192,62	2,5	481,54			
Arroz chancado	Kg	4	6,42	0	0	128,41	1	128,41	256,82	1	256,82	385,23	1	385,23	0	0	0	128,41	1	128,41	256,82	1	256,82	385,23	1	385,23			
EM.COMPOST (MEC)	L	1	1,61	0	0	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0,00	0	0	0	32,10	2,5	80,26	64,21	2,5	160,51	96,31	2,5	240,77			
MEM	L	1	1,61	0	0	32,10	1,4	44,94	64,21	1,4	89,89	96,31	1,4	134,83	0	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0,00	0,00	0	0			
<b>2. MANO DE OBRRA - COMPOST</b>																													
Recolección de microorganismos	Jornales	0,5	0	0	0	1,00	30	30	2,00	30	60	3	30	90	0	0	0	1,00	30	30,00	2,00	30	60	3	30	90			
Construcción de de las pilas	Jornales	2	0	0	0	3,00	30	90	4,00	30	120	5	30	150	0	0	0	3,00	30	90,00	4,00	30	120	5	30	150			
Calamina	Unidad		0	0	0	4,00	14	56	5,00	14	70	6	14	84	0	0	0	4,00	14	56,00	5,00	14	70	6	14	84			
Madera	Unidad		0	0	0	9,00	10	90	9,00	11	99	9	12	108	0	0	0	9,00	10	90,00	9,00	11	99	9	12	108			
Clavos	Kg		0	0	0	0,50	6	3	0,50	6	3	0,5	6	3	0	0	0	0,50	6	3,00	0,50	6	3	0,5	6	3			
Riego	Jornales	2	0	0	0	2,00	30	60	3,00	30	90	4	30	120	0	0	0	2,00	30	60,00	3,00	30	90	4	30	120			
Mezcla	Jornales	12	0	0	0	2,00	30	60	4,00	30	120	6	30	180	0	0	0	2,00	30	60,00	4,00	30	120	6	30	180			
Cosecha del compost	Jornales	2	0	0	0	2,00	30	60	3,00	30	90	4	30	120	0	0	0	2,00	30	60,00	3,00	30	90	4	30	120			
<b>3. MANO DE OBRA - CAMPO DEFINITIVO (ha)</b>																													
Preparación del terreno	Jornal	3	10	30	300	10	30	300	10	30	300	20	30	600	10	30	300	10	30	300	10	30	300	20	30	600			
Siembra	Jornal		5	30	150	5	30	150	5	30	150	5	30	150	5	30	150	5	30	150	5	30	150	5	30	150			
Desyervo 1°	Jornal	2	6	30	180	6	30	180	6	30	180	8	30	240	6	30	180	6	30	180	6	30	180	8	30	240			
Desyervo 2°	Jornal	2	6	30	180	6	30	180	6	30	180	8	30	240	6	30	180	6	30	180	6	30	180	8	30	240			
Desyervo 3°	Jornal	2	6	30	180	6	30	180	6	30	180	8	30	240	6	30	180	6	30	180	6	30	180	8	30	240			
Cosecha	Jornal	1	10	30	300	10	30	300	10	30	300	10	30	300	10	30	300	10	30	300	10	30	300	10	30	300			
<b>4. OTROS GASTOS</b>																													
Analisis de suelo al inicio del exp.			1	60	60	1	60	60	1	60	60	1	60	60	1	60	60	1	60	60	1	60	60	1	60	60			
Analisis de suelo de compost			2	60	120	2	60	120	2	60	120	2	60	120	2	60	120	2	60	120	2	60	120	2	60	120			
Analisis de suelo de los trat.			1	60	60	1	60	60	1	60	60	1	60	60	1	60	60	1	60	60	1	60	60	1	60	60			
<b>COSTO TOTAL</b>			<b>1 530,00</b>			<b>6 855,40</b>			<b>11 934,81</b>			<b>17 494,21</b>			<b>1530,00</b>			<b>6890,72</b>			<b>12 005,43</b>			<b>17 600,15</b>					

**Tabla 32.** Resumen de las características de las evaluaciones realizadas durante el experimento.

Trat.	Promedio de las características en estudio											
	Altura (cm)			Diámetro (mm)			Número de hojas			Flores	Frutos	Rent. (kg)
	15 Días	30 Días	45 Días	15 Días	30 Días	45 Días	15 Días	30 Días	45 Días			
T <sub>1</sub>	9,16	15,82	27,03	3,67	4,03	4,46	3,60	5,33	10,43	21,66	13,66	865,03
T <sub>2</sub>	9,83	16,25	30,31	3,54	4,17	5,16	3,60	7,00	17,56	31,33	21,66	985,86
T <sub>3</sub>	9,26	18,70	31,55	4,02	4,30	4,75	4,00	6,33	16,43	37,00	28,33	1 210,62
T <sub>4</sub>	9,71	19,39	34,31	4,15	4,50	5,09	3,60	5,66	12,66	39,00	31,33	1 499,74
T <sub>5</sub>	9,06	16,96	27,19	3,56	3,73	4,34	4,00	6,33	16,33	23,00	16,33	847,44
T <sub>6</sub>	8,00	16,30	29,77	3,69	4,04	5,00	3,30	6,00	14,80	35,66	24,33	1 049,52
T <sub>7</sub>	9,10	17,89	31,34	3,67	4,06	5,11	3,60	6,33	13,13	33,00	26,00	1 310,86
T <sub>8</sub>	9,83	20,51	32,35	3,92	4,24	5,31	4,00	8,00	16,13	38,66	30,00	1 603,44



## UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Carretera Central Km 1.21 - Tingo Maria - CELULAR 944407531

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

[analisisdesuelosunas@hotmail.com](mailto:analisisdesuelosunas@hotmail.com)



# ANÁLISIS DE SUELOS

SOLICITANTE: HORNA GUIOP KELVIN RONY													PROCEDENCIA: FACULTAD DE AGRONOMÍA - UNAS - TINGO MARIA - RUPA RUPA - LEONCIO PRADO - HUANUCO										
N°	DATOS			ANÁLISIS MECÁNICO				pH	M.O.	N	P	K	CIC	CAMBIABLES Cmo(+)/kg						CICe	%	%	%
	CODIGO DEL LAB.	CULTIVO	REFERENCIA	Arena	Arcilla	Limo	Textura							disponible			Ca	Mg	K				
				%	%	%		1:1	%	%	ppm	ppm											
1	S0781	FRIJOL	TESTIGO	55	18	27	Franco Arenoso	5.22	1.03	0.05	24.67	87.56	6.15	3.51	0.65	0.11	0.09	1.00	0.80	6.15	71	29	16
2	S0782	FRIJOL	T1	55	16	29	Franco Arenoso	5.53	1.08	0.05	30.03	94.46	6.32	5.12	0.88	0.20	0.13	--	--	--	100	0	0
3	S0783	FRIJOL	T2	61	16	23	Franco Arenoso	6.16	1.11	0.06	30.43	194.91	9.12	7.18	1.30	0.48	0.17	--	--	--	100	0	0
4	S0784	FRIJOL	T3	59	16	25	Franco Arenoso	6.13	1.73	0.09	41.23	239.89	11.76	9.28	1.69	0.59	0.20	--	--	--	100	0	0
5	S0785	FRIJOL	T4	65	16	19	Franco Arenoso	6.87	1.89	0.09	44.51	449.80	15.42	12.15	1.95	1.07	0.25	--	--	--	100	0	0
6	S0786	FRIJOL	T5	59	16	25	Franco Arenoso	5.50	1.05	0.05	30.35	93.06	9.23	7.57	1.36	0.21	0.10	--	--	--	100	0	0
7	S0787	FRIJOL	T6	59	16	25	Franco Arenoso	6.22	1.11	0.06	30.59	179.92	10.21	8.22	1.40	0.44	0.14	--	--	--	100	0	0
8	S0788	FRIJOL	T7	63	16	21	Franco Arenoso	6.50	1.19	0.06	35.39	239.89	11.69	9.35	1.62	0.57	0.15	--	--	--	100	0	0
9	S0789	FRIJOL	T8	61	16	23	Franco Arenoso	6.69	1.32	0.07	36.51	444.80	14.22	11.45	1.87	0.73	0.16	--	--	--	100	0	0

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE

RECIBO 001 N° 0634000

TINGO MARIA, 19 DE AGOSTO 2021

*[Firma manuscrita]*  
Margarita Miranda  
JEFA



Figura 21. Análisis de suelo antes y después de la siembra.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
 Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas y Ecotoxicología  
 Carretera Central Km 1.21 - Tingo Maria - Celular 944407531  
[analisisdesuelosunas@hotmail.com](mailto:analisisdesuelosunas@hotmail.com)



## ANALISIS ESPECIAL

SOLICITANTE:		HORNA GUIOP KELVIN RONY						PROCEDENCIA:		TINGO MARIA						
DATOS DE LA MUESTRA		RESULTADOS EN BASE HUMEDA				RESULTADOS EN BASE SECA										
Código	Referencia	Humedad Hd (%)	Materia Organica (%)	Cenizas (%)	N (%)	Materia Organica (%)	Cenizas (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	Ca (%)	Mg (%)	Na (%)	K (%)	Cu ppm	Fe ppm	Zn ppm	Mn ppm
M 790	MEM	14.15	26.47	59.37	1.29	30.84	69.16	1.43	3.707	0.547	0.186	4.132	35.90	10879.08	271.42	716.02
M 791	MEC	28.89	22.55	48.56	1.90	31.72	68.28	1.47	3.222	0.531	0.217	4.455	32.27	10818.64	186.05	577.53

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE

VND. VALOR NO DETECTABLE

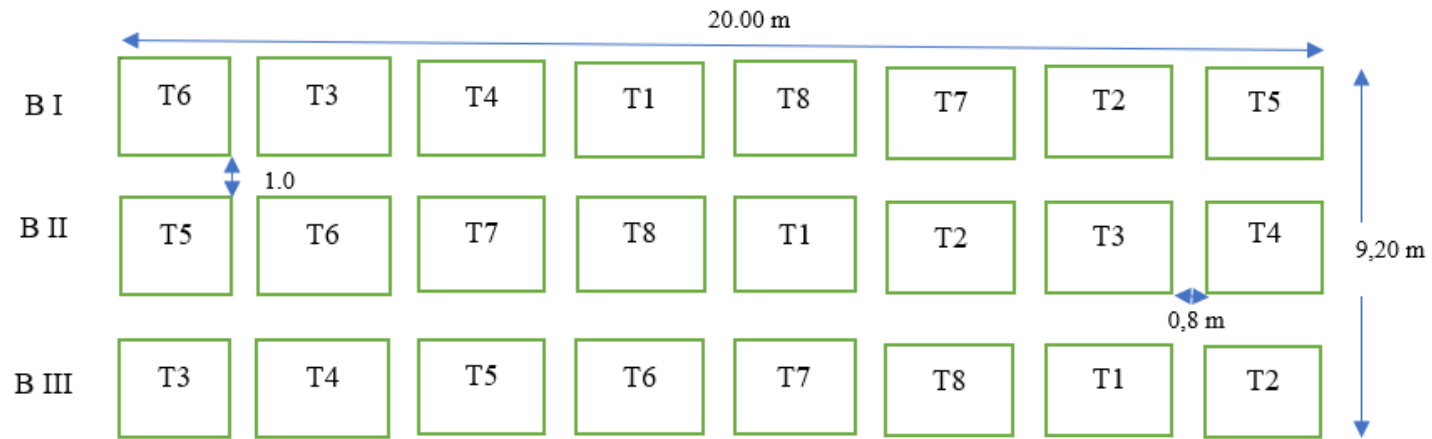
RECIBO N° 001-634018

Tingo Maria 31 de agosto 2021

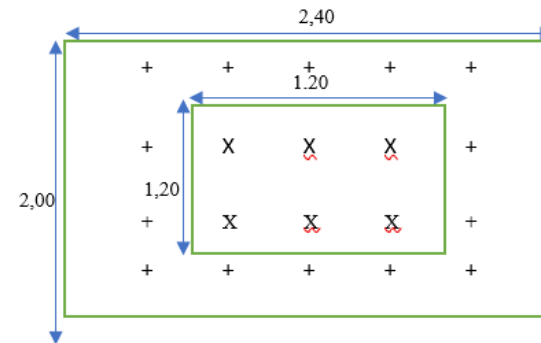
*[Handwritten signature]*



**Figura 22.** Análisis de muestra en base seca y húmeda del compost, referente a los ME



**Figura 23.** Croquis del campo experimental.



Leyenda:

+ = plantas no evaluadas

X = plantas evaluadas (parcela neta)

**Figura 24.** Croquis de un tratamiento





**Figura 25.** Pila de residuos orgánicos.



**Figura 26.** A. Recolección de mantillo. B. Mezcla del mantillo con residuos agrícolas.



**Figura 27.** Aplicación de mantillo del BRUNAS conteniendo microorganismos eficientes.



**Figura 28.** Capa blanquecina indicando la presencia de ME en forma anaeróbica.



**Figura 29.** Cosecha del compost.



**Figura 30.** Demarcación del campo experimental.



**Figura 31.** Siembra en campo definitivo de las semillas de frijol, el 7 de marzo del 2021



**Figura 32.** Inicio de floración promedio a los 35 días después de la siembra.



**Figura 33.** Cosecha del frijol al final del experimento a 60 dds



**Figura 34.** Desarrollo de las plantas de frijol en cada tratamiento.



**Figura 35.** Visita de los jurados al campo experimental.



**Figura 36.** Distribución del compost en cada tratamiento