

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**

**CARRERA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**“EFECTO DE LA APLICACIÓN DE GALLINAZA Y  
MICROORGANISMOS EFICIENTES (EM) SOBRE ALGUNAS  
PROPIEDADES QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS EN UN INCEPTISOL  
DE PUCALLPA”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**GELEN NATALY ARBILDO GONZALES**

**PUCALLPA – PERÚ**

**2021**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**  
**CARRERA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN O TESIS**

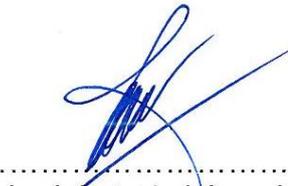
Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para estudiar y escuchar la sustentación de tesis, presentado por **GELEN NATALY ARBILDO GONZALES**, denominado: **“EFECTO DE LA APLICACIÓN DE GALLINAZA Y MICROORGANISMOS EFICIENTES (EM) SOBRE ALGUNAS PROPIEDADES QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS EN UN INCEPTISOL DE PUCALLPA”**, para cumplir con el requisito académico o título profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

Teniendo en consideración los méritos del referido trabajo, así como los conocimientos demostrados por la sustentante lo declaramos: **APROBADO POR UNANIMIDAD** con el calificativo (\*) **DIECISEIS (16)**.

En consecuencia, queda en condición de ser considerado Apto por el Consejo Universitario y recibir el: (Grado Académico.....), (Título de **INGENIERO AGRÓNOMO**), de conformidad con lo estipulado en los Art. 3 y 6 del reglamento para el otorgamiento de grado académico de bachiller y título profesional de la Universidad Nacional de Ucayali.

Pucallpa, 23 de noviembre del 2020.

  
.....  
Ing. Edgar Juan Díaz Zúñiga, Dr.  
Presidente

  
.....  
Ing. José Antonio López Ucarieque, M.Sc.  
Secretario

  
.....  
Ing. Glendy Sánchez Sunción, M.Sc.  
Miembro

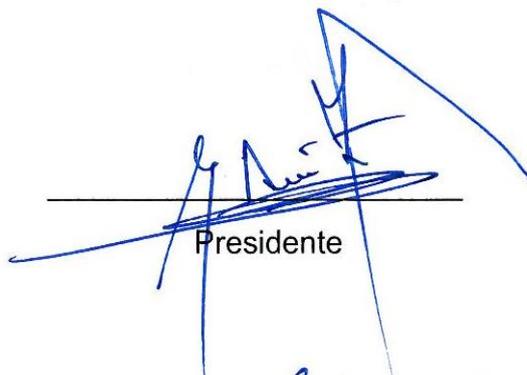
  
.....  
Ing. Carlos Alberto Ramírez Chumbe, Dr.  
Asesor

(\*) De acuerdo con el Art. 21 del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, éstas deberán ser calificadas con términos de Sobresaliente, Aprobado por Unanimidad, Aprobado por Mayoría y Desaprobado.

## ACTA DE APROBACIÓN.

Esta tesis fue sometida a consideración para su aprobación por el jurado evaluador de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito para optar el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo.

Ing. Edgar Juan Díaz Zúñiga, Dr.



\_\_\_\_\_

Presidente

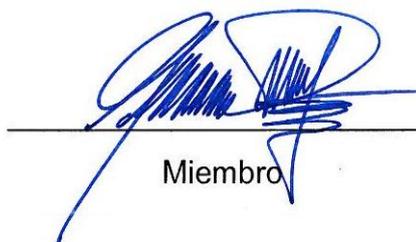
Ing. José Antonio López Ucariegüe, M.Sc.



\_\_\_\_\_

Secretario

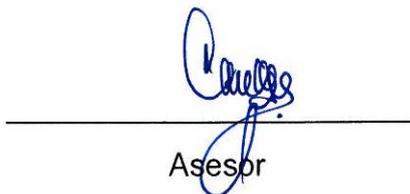
Ing. Glendy Sánchez Sunción, M.Sc.



\_\_\_\_\_

Miembro

Dr. Carlos Alberto Ramírez Chumbe, Dr.



\_\_\_\_\_

Asesor

Bach. Gelen Nataly Arbildo Gonzales



\_\_\_\_\_

Tesista



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION  
DIRECCION GENERAL DE PRODUCCION INTELLECTUAL

# CONSTANCIA

## ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION

### SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

**N° 002-2020**

La Dirección General de Producción Intelectual, hace constar por la presente, que el Informe Final (Tesis), titulado:

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE GALLINAZA Y MICROORGANISMOS EFICIENTES (EM) SOBRE ALGUNAS PROPIEDADES QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS EN UN INCEPTISOL DE PUCALLPA**

Cuyo autor (es) : **ARBILDO GONZALES, GELEN NATALY**  
Facultad : **CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
Escuela Profesional : **AGRONOMÍA**  
Asesor(a) : **Dr. RAMIREZ CHUMBE, CARLOS ALBERTO**

Después de realizado el análisis correspondiente en el Sistema Antiplagio URKUND, dicho documento presenta un **porcentaje de similitud de 08 %**.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND, el cual indica que no se debe superar el 10%. Se declara, que el trabajo de investigación: **SI** Contiene un porcentaje aceptable de similitud, por lo que **SI** se aprueba su originalidad.

En señal de conformidad y verificación se FIRMA Y SELLA la presente constancia.

**Fecha: 07/01/2020**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI  
DIRECCION GENERAL DE PROPIEDAD INTELECTUAL  
DRA. SANDY PARTI QUISPE  
Dir. Gen. Prod. Intel.

**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS**  
**REPOSITORIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI**

Yo, Gelen Nately Arbildo Gonzales  
Autor de la TESIS titulada:  
"Efecto de la aplicación de gallinaza y microorganismos eficientes (EM) sobre algunas propiedades químicas y biológicas en un inceptisol de Pucallpa"

Sustentada el año: 2020  
Con la asesoría de: Dr Carlos Alberto Ramirez Chumbe  
En la Facultad de: Ciencias Agropecuarias  
Carrera Profesional de: Agronomía

**Autorizo la publicación:**

**PARCIAL**  Significa que se publicará en el repositorio institucional solo La caratula, la dedicatoria y el resumen de la tesis. Esta opción solo es válida marcar si su tesis o documento presenta material patentable, para ello deberá presentar el trámite de CATI y/o INDECOPI cuando se lo solicite la DGPI UNU.

**TOTAL**  Significa que todo el contenido de la tesis y/o documento será publicada en el repositorio institucional.

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali ([www.repositorio.unu.edu.pe](http://www.repositorio.unu.edu.pe)), bajo los siguientes términos:

**Primero:** Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali **licencia no exclusiva** para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

**Segundo:** Declaro que la **tesis es una creación de mi autoría** y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali y del Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 23 / 11 / 2020

Email: gelenarbildo@gmail.com

Firma: 

Teléfono: 956890558

DNI: 46986091

## **DEDICATORIA.**

A mi querida madre ILEYDI GONZALES AREVALO, por haberme dado la vida por su esfuerzo y sacrificio en todo momento, por ser esa persona incondicional en mi vida, por creer en mí, por su comprensión amor y cariño, por estar siempre presente en mis logros, en mis triunfos y derrotas, por sus palabras de aliento para seguir adelante pese a las adversidades que nos tocó vivir. Te amo y esta tesis es una de las tantas maneras que tengo para demostrártelo.

A mi querido padre ALBERTO ARBILDO TORRES, por su apoyo en mis años de estudio y mi formación profesional, por sus sabios consejos, porque como padre siempre va a querer lo mejor para mí. Gracias por todo, esta tesis es una de las formas de demostrarte lo mucho que también te amo.

A Dios por la vida, salud y su enorme bondad.

A mi hermano ALBERT ARBILDO GONZALES, porque a pesar de nuestras peleas siempre estamos juntos.

A mi compañero de vida ROBER AREVALO VELASQUEZ, ha sido un gran soporte para lograr con éxito este trabajo de investigación, por ser uno de mis motivadores personales día a día, muchas gracias por todo.

A mis abuelitos Asunción Gonzales en el cielo y Lucy Arévalo, por su amor infinito.

A toda mi familia, amigos y a todas aquellas personas que durante estos años de estudio estuvieron presentes apoyándome para lograr esta meta tan importante para mí.

## **AGRADECIMIENTO.**

Mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han colaborado para la culminación del presente trabajo de investigación:

A la Universidad Nacional de Ucayali, mi Alma Mater, por haberme abierto sus puertas de formarme como profesional y ser mejor persona.

A los docentes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, quienes me brindaron valiosas enseñanzas para lograr mi formación de Ingeniero Agrónomo.

Al Dr. Carlos Alberto Ramírez Chumbe, por el asesoramiento, valioso y constante apoyo durante toda la etapa de realización del presente trabajo de investigación.

Al Ing. M.Sc. José Antonio López Ucariegüe, por sus conocimientos infundidos para el mejor desarrollo de la presente tesis.

Al Dr. Edgar Juan Díaz Zúñiga, por sus consejos y paciencia en la revisión del presente trabajo de investigación.

Así mismo, a todas las personas que han colaborado de una u otra manera para que este trabajo de investigación culmine con éxito.



3.6.6. Procesamiento de datos.....	23
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
4.1. Densidad aparente.....	25
4.2. Materia orgánica.....	26
4.3. pH del suelo.....	27
4.4. Nitrógeno total.....	29
4.5. Fósforo disponible.....	30
4.6. Potasio cambiabile.....	32
4.7. Porcentaje de saturación de bases (PSB).....	34
4.8. Aluminio cambiabile.....	35
4.9. Capacidad de intercambio catiónico efectiva CICE.....	36
4.10. Saturación de aluminio.....	38
4.11. Macrofauna del suelo.....	40
V. CONCLUSIONES.....	42
VI. RECOMENDACIONES.....	43
VII. LITERATURA CONSULTADA.....	44
VIII. ANEXO.....	47

## RESUMEN.

El trabajo de investigación se desarrolló en el Campo de Producción de la Universidad Nacional de Ucayali, con el propósito de evaluar el efecto de la aplicación de una fuente de materia orgánica a base de gallinaza y microorganismos eficientes (EM) sobre las propiedades, químicas y biológicas de un Inceptisol de Pucallpa. Se probaron 5 tratamientos: T1 = Testigo absoluto sin aplicación, T2 = Aplicación de 2 kg de gallinaza/m<sup>2</sup>, T3 = Aplicación de 2 kg de gallinaza/m<sup>2</sup> + EM compost al 10%, T4 = Aplicación de 2 kg de gallinaza/m<sup>2</sup> + EM compost al 15%, T5 = Aplicación de 2 kg de gallinaza/m<sup>2</sup> + EM compost al 20% y T6 = Aplicación de 2 kg de gallinaza/m<sup>2</sup> + EM compost al 25%. Los resultados indican que, los tratamientos combinados gallinaza+10%EM, gallinaza + 25% EM y gallinaza + 15% EM, lograron incrementar el contenido de MO, con promedios de 2.77, 2.66 y 2.58%, así como de nitrógeno total del suelo, con 0.14% cada uno. El P disponible del suelo se incrementó en forma significativa con los tratamientos gallinaza + 15% EM, gallinaza + 20% EM y gallinaza + 25% EM, quienes registran al termino del ensayo, 30.2, 33.1 y 34.1 mg kg<sup>-1</sup> de P, respectivamente. Los tratamientos gallinaza + 10% EM y gallinaza + 15% EM incrementaron la concentración inicial de potasio de 0.21 cmol L<sup>-1</sup> a 0.81 y 0.84 cmol L<sup>-1</sup> cada uno y por su parte, las mezclas gallinaza + 20% EM y gallinaza + 25% EM redujeron la concentración inicial de aluminio, de 1.3 a 0.7 cmol L<sup>-1</sup> cada uno y de acidez cambiante inicial de 40% a 10.7% en ambos casos, mostrándose superiores a los demás tratamientos. Respecto a la CICE, en la evaluación final los tratamientos combinados gallinaza + 25% EM y gallinaza + 10% EM registraron 6.56 y 6.24 cmol/L, cada uno, sin mostrar diferencias estadísticas con los demás tratamientos combinados, pero superiores al testigo y al tratamiento solo con gallinaza. Las unidades taxonómicas de la macrofauna del suelo en el ensayo fueron escasas por la pobre diversidad vegetal existente en el suelo, sobresaliendo el grupo taxonómico de hormigas en los tratamientos testigo y la mezcla gallinaza + 10% EM.

**Palabra claves:** Gallinaza, microorganismos, propiedades del suelo.

## ABSTRACT.

The research work was carried out in the Production Field of the National University of Ucayali, with the purpose of evaluating the effect of the application of a source of organic matter based on chicken manure and efficient microorganisms (EM) on the physical, chemical properties and biological of an Inceptisols of Pucallpa. 5 treatments were tested: T1 = Absolute control without application, T2 = Application of 2 kg of chicken manure/ m<sup>2</sup>, T3 = Application of 2 kg of chicken manure / m<sup>2</sup> + EM compost at 10%, T4 = Application of 2 kg of chicken manure / m<sup>2</sup> + 15% compost EM, T5 = Application of 2 kg of chicken manure / m<sup>2</sup> + 20% compost EM and T6 = Application of 2 kg of chicken manure/ m<sup>2</sup> + EM compost 25%. The results indicate that, the combined treatments chicken manure + 10% EM, chicken manure + 25% EM and chicken manure + 15% EM, managed to increase the content of MO, with averages of 2.77, 2.66 and 2.58%, as well as total soil nitrogen, with 0.14% each. The available P of the soil was significantly increased with the treatments chicken + 15% ME, chicken + 20% MS and chicken + 25% MS, who recorded at the end of the trial, 30.2, 33.1 and 34.1 mg kg<sup>-1</sup> of P, respectively. The chicken manure + 10% EM and chicken manure + 15% EM treatments increased the initial potassium concentration from 0.21 cmol L<sup>-1</sup> to 0.81 and 0.84 cmol L<sup>-1</sup> each and meanwhile, the mixtures chicken manure + 20% EM and chicken manure + 25% EM reduced the initial concentration of aluminum, from 1.3 to 0.7 cmol L<sup>-1</sup> each and an initial changeable acidity from 40% to 10.7% in both cases, being superior to the other treatments. With respect to the ICC, in the final evaluation the combined treatments chicken manure + 25% EM and chicken manure + 10% EM registered 6.56 and 6.24 cmol L<sup>-1</sup>, each, without showing statistical differences with the other combined treatments, but superior to the control and the treatment with chicken manure only. The taxonomic units of the soil macrofauna in the trial were scarce due to the poor plant diversity in the soil, with the taxonomic group of ants standing out in the control treatments and the chicken mixture + 10% EM.

**Keywords:** chicken manure, microorganisms, soil properties

## LISTA DE CUADROS.

<b>En el texto:</b>	<b>Pág.</b>
<b>Cuadro 1.</b> Análisis de varianza – ANOVA.....	17
<b>Cuadro 2.</b> Tratamientos en estudio.....	18
<b>Cuadro 3.</b> Resultados de la densidad aparente del suelo en 3 evaluaciones.....	26
<b>Cuadro 4.</b> Resultados de la materia orgánica en el suelo en 3 evaluaciones.....	27
<b>Cuadro 5.</b> pH del suelo por tratamiento y por evaluación .....	28
<b>Cuadro 6.</b> Resultados del N total (%) del suelo.....	29
<b>Cuadro 7.</b> Evaluación del P disponible (ppm) del suelo.....	31
<b>Cuadro 8.</b> Resultados de K cambiante (cmol/l) del suelo.....	33
<b>Cuadro 9.</b> Resultados de PSB (%) del suelo.....	34
<b>Cuadro 10.</b> Resultados de Al cambiante (cmol/L) del suelo.....	35
<b>Cuadro 11.</b> Resultados de la CICE (cmol/L) del suelo.....	37
<b>Cuadro 12.</b> Resultados de la saturación de Al (%).....	39
<b>Cuadro 13.</b> Macrofauna del suelo (ind/ m <sup>2</sup> ) por tratamiento al final del ensayo.....	40
 <b>En el anexo:</b>	
<b>Cuadro 14A.</b> ANOVA pH inicial.....	48
<b>Cuadro 15A.</b> ANOVA pH final.....	48
<b>Cuadro 16A.</b> ANOVA nitrógeno medio.....	48
<b>Cuadro 17A.</b> ANOVA nitrógeno final.....	49
<b>Cuadro 18A.</b> ANOVA fósforo medio.....	49
<b>Cuadro 19A.</b> ANOVA fósforo final.....	49
<b>Cuadro 20A.</b> ANOVA potasio medio.....	50
<b>Cuadro 21A.</b> ANOVA potasio final.....	50
<b>Cuadro 22A.</b> ANOVA aluminio medio.....	50
<b>Cuadro 23A.</b> ANOVA aluminio final.....	51
<b>Cuadro 24A.</b> ANOVA CIC medio.....	51
<b>Cuadro 25A.</b> ANOVA CIC final.....	51

<b>Cuadro 26A.</b>	ANOVA saturación aluminio medio.....	52
<b>Cuadro 27A.</b>	ANOVA saturación aluminio final.....	52
<b>Cuadro 28A.</b>	ANOVA macrofauna total.....	52
<b>Cuadro 29A.</b>	ANOVA macrofauna lombrices.....	53
<b>Cuadro 30A.</b>	ANOVA macrofauna huevos de lombrices.....	53
<b>Cuadro 31A.</b>	ANOVA macrofauna termitas.....	53
<b>Cuadro 32A.</b>	ANOVA macrofauna hormigas.....	54

## LISTA DE FIGURAS.

<b>En el texto:</b>		<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b>	Ubicación de la zona de estudio.....	15
<b>Figura 2.</b>	Datos climáticos durante el ensayo (Fuente: EM UNU).....	16
<b>Figura 3.</b>	Croquis del experimento.....	18
<b>Figura 4.</b>	Densidad aparente por tratamiento y por evaluación.....	25
<b>Figura 5.</b>	Contenido de materia orgánica por tratamiento y evaluación.....	26
<b>Figura 6.</b>	pH del suelo por tratamiento y por evaluación.....	28
<b>Figura 7.</b>	Nitrógeno total por tratamiento y por evaluación.....	30
<b>Figura 8.</b>	Fósforo disponible por tratamiento y evaluación.....	32
<b>Figura 9.</b>	Contenido de potasio cambiante por tratamiento y evaluación.....	33
<b>Figura 10.</b>	Contenido de PSB por tratamiento y evaluación.....	34
<b>Figura 11.</b>	Capacidad de intercambio catiónico por tratamiento y evaluación.....	36
<b>Figura 12.</b>	Capacidad de intercambio catiónico por tratamiento y evaluación.....	38
<b>Figura 13.</b>	Saturación de Al cambiante por tratamiento y evaluación...	39
<b>Figura 14.</b>	Macrofauna del suelo por tratamiento al finalizar el ensayo..	41
<b>En el anexo:</b>		
<b>Figura 15A.</b>	Análisis de muestra de suelo inicial.....	55
<b>Figura 16A.</b>	Análisis de muestra de suelo medio.....	56
<b>Figura 17A.</b>	Análisis de muestra de suelo final.....	57
<b>Figura 18A.</b>	Certificado de calidad de soluciones de microorganismos eficaces (EM <sup>TM</sup> ).....	58
<b>Figura 19A.</b>	Muestra de suelo Inicial en proceso de secado, sin aplicación de ningún tratamiento.....	59
<b>Figura 20A.</b>	Muestra inicial para ser llevado al laboratorio de suelos, donde ha sido analizado.....	59
<b>Figura 21A.</b>	Trazado de terreno.....	60

<b>Figura 22A.</b> Estaqueando el terreno para el respectivo trabajo de investigación.....	60
<b>Figura 23A.</b> Sacos de gallinaza, para el respectivo trabajo se investigación.....	61
<b>Figura 24A.</b> Pesado de gallinaza (20 kg).....	61
<b>Figura 25A.</b> Aplicación de la gallinaza al suelo.....	62
<b>Figura 26A.</b> Aplicación de EM al suelo sobre la gallinaza.....	62
<b>Figura 27A.</b> Control de malezas.....	63
<b>Figura 28A.</b> Sacando muestra de suelo a los 30 días después de la primera aplicación.....	63
<b>Figura 29A.</b> EM Listo para ser aplicado al suelo.....	64
<b>Figura 30A.</b> Preparando muestra de suelo para su análisis final.....	64
<b>Figura 31A.</b> Muestreo para la evaluación de macro fauna del suelo por cada tratamiento.....	65

## I. INTRODUCCIÓN.

La Amazonía baja peruana tiene suelos que se caracterizan por ser fuertemente ácidos, de fisiografía irregular, y baja capacidad de retención de cationes cambiabiles, lo cual incide en la calidad y productividad de los cultivos (Rodríguez 1997). Una de las razones por las cuales se genera este problema lo constituye el desconocimiento del potencial natural del suelo, basado en sus propiedades químicas y biológicas, sobre las cuales actúan los microorganismos para facilitar la descomposición de la materia orgánica y propiciar la asimilación de los nutrientes presentes en el complejo arcillo-húmico (Sales 2006).

Los efectos de los microorganismos en el suelo, están enmarcados en el mejoramiento de las características físicas, químicas, biológicas y supresión de enfermedades. Así pues, mejora la estructura y agregación de las partículas del suelo, reduce su compactación, incrementa los espacios porosos y mejora la infiltración del agua. De igual manera mejora la disponibilidad de nutrientes en el suelo, solubilizándolos, separando las moléculas que los mantienen fijos, dejando los elementos disgregados en forma simple para facilitar su absorción a través del sistema radicular (Chávez 2012).

Diversas investigaciones en la zona han probado el efecto de diferentes fuentes de materia orgánica enriquecidas con microorganismos eficientes EM, sobre el crecimiento y productividad de los cultivos, especialmente en especies hortícolas, con buenos resultados, pero no se ha estudiado si esta combinación produce variaciones en las características químicas y biológicas del suelo al finalizar estos ensayos (Vela 2018).

Es conocido el efecto positivo que tiene la aplicación de ME sobre la estimulación del desarrollo de las raíces y de la mejora en la nutrición debido a una mejora en la adquisición de nutrientes. Es sabido que existen varios microorganismos que son responsable de la solubilización de nutrientes como P y K, otros son capaces de fijar el N<sub>2</sub> atmosférico convirtiéndolos en formas asimilables para las plantas. Asimismo, el incremento en profundidad y superficie

del sistema radical permite una mejor adquisición del agua (Díaz *et al.*, 2009).

El uso de microorganismos eficaces y fuentes de materia orgánica en la agricultura tiene un rol muy importante por su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, descomposición de residuos orgánicos, desintoxicación con plaguicidas, supresión de enfermedades en las plantas, aporte de nutrientes al suelo y por producir compuestos bioactivos como vitaminas y hormonas que estimulan el crecimiento de las plantas (FUNDASES 2009).

Por ello, una de las alternativas para mejorar la fertilidad natural de los suelos amazónicos puede ser con la aplicación de abonos orgánicos enriquecidos con microorganismos eficaces que afecten las propiedades químicas y biológicas del suelo e incrementen la productividad de los cultivos, a la vez que preserven el medio ambiente (Sandi 1998).

En base a lo anterior, el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo, evaluar el efecto de la aplicación de una fuente de materia orgánica a base de gallinaza y microorganismos eficientes (EM) sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas de un inceptisol de la zona Pucallpa.

## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.

Meléndez (2012), evaluó el cambio de las propiedades físicas de un suelo cultivado con caña de azúcar (para un ciclo vegetativo del cultivo) mediante la aplicación de biosólidos, provenientes de la planta de tratamiento de aguas residuales de Cañaveralejo en Cali Colombia, mediante un diseño BCR, donde el factor de investigación fue el aporte de nutrientes por parte del biosólidos, específicamente por la dosis de nitrógeno. Se plantearon cuatro niveles del factor o tratamientos los cuales fueron: testigo o suelo sin ninguna aplicación (T1), suelo con aplicación de fertilización inorgánica (T2), suelo con aplicación del biosólido deshidratado al 100% (T3) y 200% (T4). Las variables evaluadas fueron la densidad aparente, la porosidad total (macroporos y microporos), el diámetro ponderado medio de agregados y la productividad por parte del cultivo. Los resultados mostraron que no se encontraron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos para cada periodo de muestreo (mes 0, mes 4, mes 10 y mes 12). Aunque se evidenciaron cambios de las propiedades físicas a través del tiempo, ello no se debió al efecto de los tratamientos aplicados en las distintas parcelas; por lo que dichos cambios fueron atribuidos a factores externos a la investigación, como el clima y algunas características del suelo.

Por su parte, Gil (2012), al desarrollar una investigación en Veracruz-México, sobre el efecto de dos tipos de labranza sobre algunas propiedades físicas y químicas del suelo utilizando cultivo de rabanito y abono tipo bocashi, concluye que, en cuanto a las propiedades analizadas, no se encontró diferencias entre ellas, pero sí tuvo efecto en tres propiedades, como son el contenido de nitrógeno, fósforo y densidad aparente, lo cual demuestra que el uso de este tipo de abono orgánico es una alternativa viable para el cultivo en cuestión.

Pérez (2008), usando 6 tipos diferentes de bocashi encontró semejanzas en los contenidos de pH, materia orgánica nitrógeno y fósforo, lo que indica que

para estos parámetros, la elaboración del abono tipo bocashi fue similar, ya que se usaron ingredientes parecidos como cascarilla de café, ceniza, melaza, levadura y estiércol de vacuno.

Agila y Enríquez (1999) concluyen que luego de los análisis de suelos antes y después de la aplicación de las dosis máximas de bocashi de un cultivo de brócoli se observó un incremento de la fertilidad natural del mismo, especialmente en el contenido de nitrógeno total.

Salinas (2019), ejecutó una investigación en tres sitios de la carretera Federico Basadre, con el propósito de medir el cambio de las características físicas, químicas y biológicas del suelo, por efecto de la aplicación de sistemas silvopastoriles a base de *Brachiaria humidicola* con erytrina, marupa, shihuahuaco, cratylia y leucaena. Los resultados indican que, la textura del suelo en los tres sitios fue predominantemente franco arcilloso en los primeros 20 cm del suelo y arcilloso en los 20 a 50 cm de profundidad. La densidad aparente y la compactación están altamente relacionadas con la textura arcillosa, por tanto, los valores son considerados de mediano a alta, además de tener esta misma tendencia cuando la profundidad del suelo iba incrementándose. Los sitios presentan suelos fuertemente ácidos repercutiendo en una baja capacidad de intercambio catiónico y un alto nivel de saturación de aluminio: las diferentes especies sembradas no influenciaron en el contenido de materia orgánica, nitrógeno y fósforo, sin embargo presentaron diferencias significativas superior en los primeros 20 cm de profundidad.

Sandi (1998) por su parte, ejecutó una investigación en Pucallpa, con el objetivo de determinar en qué tipo de pasturas se favorece el desarrollo de la macrofauna del suelo disturbado por efecto de la actividad forestal, agricultura migratoria y ganadería extensiva. Los tratamientos en estudio fueron pasturas de T1: *Torourco* (*Paspalum conjugatum* o *Axonopus compressus*), pasturas de T2: *Brachiaria decumbens* y pasturas de T3: Mezcla de especies forrajeras (*Brachiaria decumbens* y *Brachiaria dictyoneura*, entre las gramíneas; *Stilosanthes guianensis*, *Desmodium ovalifolium* y *Centrosema macrocarpum*,

entre las leguminosas). La variable evaluada en cada tratamiento fue la macrofauna del suelo en términos de densidad de individuos/m<sup>2</sup> y densidad de biomasa/m<sup>2</sup>. No se utilizó un diseño experimental. Los resultados obtenidos fueron: 297 ind/m<sup>2</sup> y 27,45 g/m<sup>2</sup> para Torourco; 653 ind/m<sup>2</sup> y 63, 58 g/m<sup>2</sup> para *Brachiaria decumbens*; y 1472 ind/m<sup>2</sup> y 171,73 g/m<sup>2</sup> en la Mezcla. Su distribución en el suelo fue de 12% en hojarasca, 79,5% en la capa 0-10 cm, 7,0% en 10-20 cm y 1,5% en la capa 20-30 cm, lo cual está relacionado estrechamente con la distribución de su biomasa. Los grupos de mayor presencia son las lombrices, termitas, hormigas, miriápodos y algunos coleópteros.

## **2.2. BASES TEÓRICAS.**

### **2.2.1. El suelo y sus características.**

La composición química y la estructura física del suelo están determinadas por el tipo de material geológico del que se origina, por la cubierta vegetal, por la cantidad de tiempo en que ha actuado la meteorización, por la topografía y por los cambios artificiales resultantes de las actividades humanas. Las variaciones del suelo en la naturaleza son graduales, excepto las derivadas de desastres naturales (Jaramillo 2002).

El conocimiento básico de la textura del suelo es importante para los ingenieros que construyen edificios, carreteras y otras estructuras sobre y bajo la superficie terrestre. Sin embargo, los agricultores se interesan en detalle por todas sus propiedades, porque el conocimiento de los componentes minerales y orgánicos, de la aireación y capacidad de retención del agua, así como de muchos otros aspectos de la estructura de los suelos, es necesario para la producción de buenas cosechas (Chávez 2012).

Según refiere Mosquera (2017), la densidad aparente del suelo es un importante indicador de características del suelo como son: la porosidad, el grado de aireación y la capacidad de infiltración. Los factores que la afectan son principalmente tres: la textura, la estructura y la presencia de materia orgánica. Es así que suelos con texturas arenosas tienden a tener densidades mayores

que suelos más finos; mientras que en suelos bien estructurados los valores son menores.

Los valores promedios de densidad aparente para rocas y minerales comprenden valores promedio de 2.65 g/cc, para la fracción arena valores entre 1.7 a 1.9 g/cc, para un suelo de textura franca de 1 a 1.3 g/cc y en el caso de suelos ricos en humus una densidad comprendida entre 0.8 a 0.9 g/cc. (Donoso 1994, citado por Mosquera 2017).

La humedad del suelo es un factor ecológico de importancia fundamental, en especial aquella fracción de humedad que el sistema radicular de las plantas es capaz de utilizar y que tiene un rol indispensable en los procesos fisiológicos (Pávez 2004, citado por Mosquera 2017).

La humedad gravimétrica del suelo, permite estimar la capacidad de retención de humedad que tiene un determinado suelo en un momento dado. Dentro de los factores que influyen en el contenido de humedad de un suelo, se encuentran: la textura, la profundidad, el contenido de materia orgánica, la actividad biológica, el clima, la topografía y la cobertura del suelo, entre otros. Todos estos factores permiten una capacidad de retención de humedad, que a su vez puede o no proporcionar una mejora estructural (Díaz 2008).

Respecto a la capacidad de intercambio catiónico, Mosquera (2017), refiere que, las causas que originan el intercambio iónico son los desequilibrios eléctricos de las partículas del suelo que a su vez mantienen un equilibrio dinámico con la solución suelo para mantener la estabilidad del sistema. Para neutralizar las cargas se adsorben iones, que se unen a la superficie de las partículas, quedando débilmente retenidos para así poderse intercambiar en la solución del suelo. En el suelo son varios los materiales que pueden intercambiar cationes. Los principales intercambiadores son las arcillas y la materia orgánica (ambos con propiedades coloidales). En las arcillas además de estar en su superficie, los iones pueden encontrarse entre las láminas. Los cationes que frecuentemente ocupan las posiciones de cambio en los suelos son:  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,

$K^+$ ,  $Na^+$ ,  $H^+$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $NH_4^+$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$  y  $Zn^{2+}$ . En los suelos ácidos predominan:  $H^+$  y  $Al^{3+}$  mientras que en los suelos alcalinos predominan las bases, fundamentalmente el  $Na^+$  y en los suelos neutros el  $Ca^{2+}$ .

De otro lado, los suelos presentan distinta capacidad de cambio en función del pH. A pH bajos los hidrogeniones están fuertemente retenidos en la superficie de las partículas, pero a pH altos, los hidrógenos de los grupos carboxílicos primero y de los radicales hidroxilos después, se disocian y los  $H^+$  pueden ser cambiados por cationes.

En relación al pH, el autor sostiene que, en regiones donde las precipitaciones son intensas se produce un lavado de bases cambiables en el suelo. La percolación remueve los elementos que le confieren alcalinidad al suelo, tendiendo a la acidez. Este proceso que ocurre lenta pero sostenidamente en el tiempo, determina el reemplazo de estas bases por los cationes ácidos en la capa arable del suelo.

Los factores que influyen en el pH del suelo son: la naturaleza del material parental, el complejo de cambio, ya que depende si se encuentra saturado con cationes de reacción básica (como el  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$ ) o de reacción ácida ( $H^+$  o  $Al^{+3}$ ) y finalmente la materia orgánica (Fassbender, 1987 citado por Mosquera 2017).

La materia orgánica está constituida por los compuestos de origen biológico que se presentan en el suelo y representan la fracción químicamente más activa del suelo. El contenido de materia orgánica en los suelos es muy variable, alcanzando desde trazas en los suelos desérticos, hasta valores de 90 a 95% en suelos turbosos. El horizonte A de suelos explotados agrícolamente presenta por lo general valores entre 0.1 y 10% de materia orgánica, cuyo contenido decrece con la profundidad en el perfil del suelo (Fassbender 1987 citado por Mosquera 2017).

### **2.2.2. Los abonos orgánicos.**

El suelo es un recurso natural renovable, es decir que tiene la capacidad de regenerarse si se usa bien, gracias a la materia orgánica con la participación de los microorganismos aeróbicos ayudan la descomposición de los residuos orgánicos como los microorganismos, que son utilizados en agricultura porque mejoran las propiedades físico-químicas de los suelos, aumentan la micro flora bacteriana del mismo. El descubrimiento de los microorganismos como aceleradores del proceso de desintegración que ayuda al incremento de los minerales contenidos en los desechos orgánicos, estos no afectan al medio ambiente, consumen las sustancias que causan la putrefacción, malos olores y enfermedades. Los abonos orgánicos son muy importantes en los suelos, ya que suministra nitrógeno en forma asimilable para las plantas (Balarezo 2001).

Al incorporar abono orgánico, se mejora las propiedades químicas, aumenta el contenido en macro nutrientes N, P, K y micro nutrientes, mejora la actividad biológica del suelo. Actúa como soporte y alimento de los microorganismos, la población microbiana es un indicador de la fertilidad del suelo, se prevé la utilización del compost como abono orgánico para mejorar las características del suelo y proveer de nutrientes suficientes a los cultivos, en relación con su empleo en la agricultura tiene gran importancia como mejorador del medio ambiente y del suelo (Suquilanda 1996). Los microorganismos demostraron ser organismos benéficos de origen natural que al ponerse en contacto con la materia orgánica secreta sustancias útiles, existen tipos de microorganismos presentes en el compostaje como los hongos, bacterias foto tróficas, levaduras, bacterias productoras de ácido láctico y hongos de fermentación (Cervantes 2008).

Según Schwentesius *et al.*, (2007), los abonos orgánicos son sustancias que están constituidas por desechos de origen animal, vegetal o mixto que se añaden en el suelo con el objeto de mejorar las características físicas, biológicas y químicas. Así mismo, sostiene que, el uso de los abonos orgánicos

estiércoles (guano, gallinaza, palomina) compost, turba, extractos húmicos y otros, contribuye al mejoramiento de las estructuras y fertilización del suelo a través de la incorporación de nutrimento y microorganismos. Se han desarrollado sistemas de producción alternativos, caracterizados por la ausencia de agroquímicos y la utilización frecuente de fuentes de materia orgánica manteniendo la fertilidad de la tierra como el humus, compost, abonos verdes, abonos líquidos y biofertilizantes. Con estos abonos se pueden conseguir mejores resultados al no generar contaminación en los suelos, mejorando las propiedades físicas, químicas y biológicas del sustrato, la estabilidad estructural, regula el balance hídrico del suelo reteniendo los nutrientes y nivelando los niveles de pH.

La importancia de los abonos orgánicos es disminuir la dependencia de productos químicos artificiales en los distintos cultivos, está obligando a la búsqueda de alternativas fiables y sostenibles. En la agricultura ecológica, se le da gran importancia a este tipo de abonos, y cada vez más, se están utilizando en cultivos intensivos (Cervantes 2008).

Porvenir (2008) por su parte, establece que el abono orgánico es un proceso biológico en el cual la materia orgánica es degradada en un material relativamente estable parecido al humus. La mayoría de los abonos se llevan a cabo bajo condiciones anaeróbicas de manera que los problemas del olor son minimizados. Cuando se termina, el abono es de color café oscuro o negro. Tiene un ligero olor a tierra o a moho y una textura suelta. El proceso se termina cuando el montón no se recalienta cuando se voltea, es decir la temperatura es constante.

Cervantes (2008), indica que la importancia de los abonos orgánicos radica en disminuir la dependencia de productos químicos artificiales en los distintos cultivos. En la agricultura ecológica, se le da gran importancia a este tipo de abonos, y cada vez más, se están utilizando en cultivos intensivos. El mismo autor sostiene que, uno de los aspectos importantes del abono orgánico radica en que a través de su uso se tiende a mejorar diversas características

físicas, químicas y biológicas del suelo, y en este sentido, este tipo de abonos juega un papel fundamental. Con estos abonos, se aumenta la capacidad que posee el suelo de absorber los distintos elementos nutritivos, los cuales se aportará posteriormente con los abonos minerales o inorgánicos.

### **2.2.3. Gallinaza.**

Araníbar *et al.*, (2020) señala que, la gallinaza es un abono orgánico compuesto de excretas de gallinas al cual se le agregan microorganismos para acelerar su fermentación. Es un abono orgánico concentrado y de rápida acción. Este abono orgánico de alta calidad se diferencia del resto de estiércoles ya que posee un mayor número de nutrientes y tiene una composición variable en función de su proceso y almacenamiento.

La gallinaza está compuesta por las excretas de las gallinas productoras de huevo, orina de las aves y desechos generados luego de la digestión. Usualmente en las explotaciones pecuarias como granjas de gallinas, la humedad de esta gallinaza supera el 70%, conteniendo también bacterias que ayudan a la descomposición de estas excretas y liberan gases como el amoníaco, producto de la descomposición de las heces.

Actualmente las aves generadoras de gallinaza son criadas en jaulas en donde permanecen toda la etapa de su vida productiva, estas jaulas están elevadas del piso en promedio de 40 cm, las excretas de las aves caen al piso del galpón, lo que hace que el producto no se contamine con tierra. La gallinaza, seca o cruda, es retirada de los galpones avícolas y utilizada como abono agrícola. Como resultado se generará nitrógeno orgánico el cual es muy estable y con ello se obtendrá el mejor fertilizante para las plantas.

Respecto a la gallinaza, la cantidad del estiércol que puede producir en un día depende de los factores de tipo de alimentación, tipo crianza y especie. Según García y Lon (2007) consideran que cada gallina produce entre 150 g/día aproximadamente. La variación en la composición del estiércol depende de la

especie animal, de su alimentación, contenido de materia seca y el manejo de su estiércol.

Según Tapia *et al.*, (2007), en general se puede considerar que el estiércol contiene: 0,5% de nitrógeno, 0,25% y 0,5% de potasio, es decir, una tonelada de estiércol ofrece en promedio 5 kg de nitrógeno, 2,5 kg de fósforo y 5 kg de potasio; pero al estar expuesta al sol y la intemperie, el estiércol pierde en general su valor, respecto al estiércol de gallina, presenta mayor cantidad de materia seca en comparación de los otros tipos de estiércol, además la cantidad de nutrientes (Nitrógeno, fósforo y potasio) es mayor que el resto por lo cual se considera un excelente abono que aportaría mayor cantidad de nutrientes para la planta. Por otro lado, la composición y calidad de estiércol depende también del tipo de alimentación, crianza, la edad del ave y tiempo de permanencia (Estrada 2005), su composición cambia de acuerdo al momento de recolección y al tipo de almacenamiento. Así, la gallinaza seca posee una mayor concentración de nutrientes, esto depende al tiempo y rapidez del secado pues si la exposición al aire es en un periodo largo se tiene el riesgo de perder nutrientes por efectos de lixiviación o volatilización perjudicando el valor como abono de este estiércol y contaminando el medio ambiente. Respecto al aporte de macro y micronutrientes en diferentes concentraciones depende de su origen, siendo las gallinas ponedoras sin cama la que tienen mayor contenido de micronutrientes (Restrepo 2001).

La gallinaza como fertilizante orgánico para la producción de cultivos. La industria avícola, debido a su producción intensiva tiene el potencial de proveer además de huevo y carne, materiales de desecho orgánico y de calidad como la gallinaza. Este material tiene grandes ventajas para incrementar la producción de los cultivos, entre las más importantes están: el aporte de nutrientes como N, P y K, e incremento de la materia orgánica del suelo.

#### **2.2.4. Microorganismos Eficientes (EM).**

Tanya y Leiva-Mora (2019), manifiestan que los EM son microbios

benéficos de origen natural que al ponerse en contacto con la materia orgánica secretan sustancias útiles, Los EM se componen de cinco grupos microbianos generales: bacterias ácido lácticas, bacterias fotosintéticas, levaduras, actinomicetos y hongos filamentosos con capacidad fermentativa. Las bacterias ácido lácticas son microorganismos que tienen diversas aplicaciones, siendo una de las principales la fermentación de alimentos como la leche, carne y vegetales para obtener productos como el yogur, quesos, encurtidos, embutidos, ensilados, bebidas y cervezas, entre otros Este grupo de bacterias incluye géneros como *Lactobacillus* (*L. plantarum*, *L. casei*) *Bifidobacterium*, *Lactococcus*, *Streptococcus* (*S. lactis*) y *Pediococcus*., que pueden mostrar efecto antagónico frente a diferentes agentes Fitopatógenos del suelo debido fundamentalmente a la disminución del pH.

Las levaduras son un grupo microbiano presente en la preparación de los ME capaces de utilizar diversas fuentes de carbono (glucosa, sacarosa, fructosa, galactosa, maltosa, suero hidrolizado y alcohol) y de energía. Varias especies del género *Saccharomyces* conforman esta comunidad microbiana, aunque prevalece las especies *Saccharomyces cerevisiae* y *Candida utilis*. Estos microorganismos requieren como fuente de nitrógeno el amoníaco, la urea o sales de amonio y mezcla de aminoácidos. No son capaces de asimilar nitratos ni nitritos. Otros nutrientes requeridos por estos microorganismos es el fósforo que se puede administrar en forma de ácido fosfórico, magnesio (sulfato de magnesio), el calcio, el hierro, el cobre, el zinc, vitaminas del complejo B. Las levaduras sintetizan sustancias antimicrobianas a partir de azúcares y de aminoácidos secretados por bacterias fotosintéticas. Producen hormonas y enzimas que pueden ser utilizadas por las bacterias ácido-lácticas. Como parte de su metabolismo fermentativo producen etanol el cual en elevadas concentraciones puede tener actividad anti fúngica (Tanya y Leiva-Mora 2019).

Los actinomicetos son bacterias filamentosas con cierta similitud con los hongos. Muchos actinomicetos son de vida libre, particularmente en el suelo. Se destacan por su papel principal en la solubilización de la pared celular o componentes de las plantas, hongos e insectos. Por ello tienen gran importancia en el compostaje y en la formación de suelos. Algunas especies de *actinomicetos*

pueden ser endófitos en tejidos vegetales. Como componentes de EM *Streptomyces albus* y *Streptomyces griseus* son las principales especies de *actinomicetes* informadas (Naranjo 2013).

Los hongos fermentadores contribuyen con los procesos de mineralización del carbono orgánico del suelo; además una gran cantidad de los hongos son antagónicos de especies fitopatógenas. Por otro lado, los hongos poseen la capacidad de reproducirse tanto sexual como asexualmente, en donde la segunda les permite multiplicarse de forma rápida bajo condiciones favorables (sustratos ácidos y ricos en carbono) y la sexual (esporas) es más común bajo condiciones desfavorables. Los hongos poseen requerimientos relativamente bajos de nitrógeno, lo cual les brinda una ventaja competitiva en la descomposición de materiales como la paja y la madera (Naranjo 2013).

Dentro de los representantes de estos hongos encontramos a las siguientes especies: *Aspergillus oryzae* (Ahlburg) Cohn, *Penicillium sp*, *Trichoderma sp* y *Mucor hiemalis* Wehmer. *A. oryzae* es un hongo microscópico, aeróbico y filamentoso. Esta especie ha sido utilizada milenariamente en la cocina china, japonesa y de otros países de Asia Oriental especialmente para fermentar soja y arroz (Naranjo 2013).

Los microorganismos solubilizadores de fosfato pueden desempeñar un papel fundamental y práctico en la mejora de la reserva de P del suelo sin perturbar negativamente la microflora del suelo y los procesos mediados por ellos. Dado que la mayoría de los inoculantes microbianos desarrollados hasta ahora se utilizan para mejorar la producción de leguminosas, cereales, hortalizas y frutales con una demanda creciente. Actualmente para la formulación de los bioinoculantes solubilizadores de P se trata que posean otras actividades funcionales como la promoción del crecimiento vegetal. En muchos suelos agrícolas se encuentran grandes reservas de fósforo de forma insoluble, debido a la fijación de los fertilizantes fosforados aplicados, de este modo este importante nutriente no puede ser asimilados por la planta. Los microorganismos solubilizadores de fosfato usan diferentes mecanismos de solubilización como:

la producción de ácidos orgánicos, que solubilizan dichos fosfatos insolubles en la zona rizosférica de las plantas fundamentalmente. Los fosfatos solubles son absorbidos por la planta, lo cual mejora su crecimiento y productividad. Al utilizar esas reservas de fosfato presentes en los suelos, se disminuye la aplicación de fertilizantes químicos (Naranjo 2013).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS.

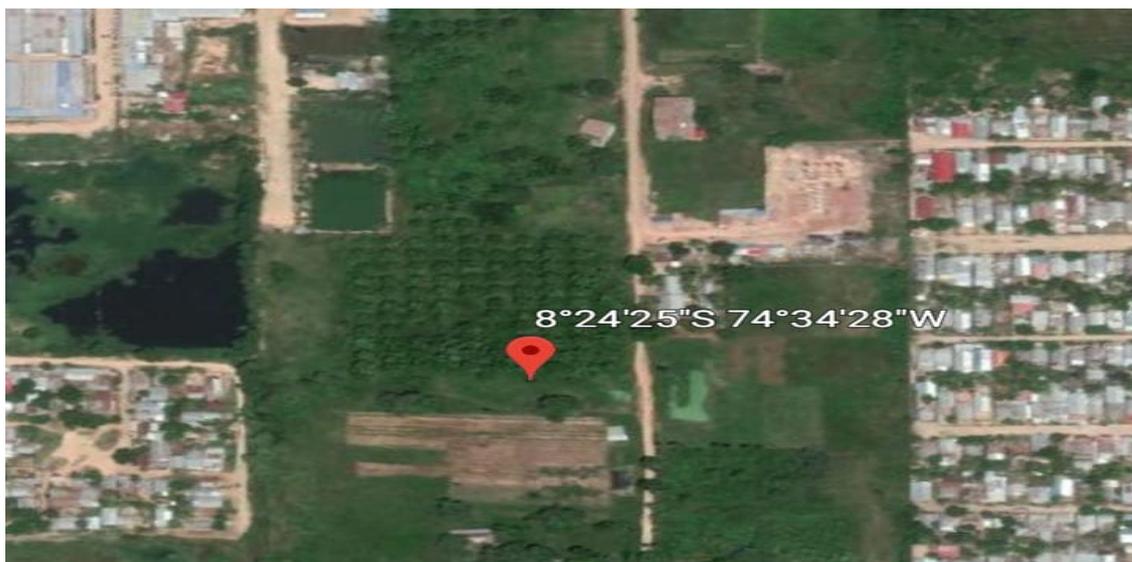
#### 3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.

La investigación fue de tipo experimental, aplicada y de campo, ya que nos formulamos hipótesis y las probamos recogiendo información mediante métodos ya establecidos.

#### 3.2. UBICACIÓN.

La investigación se llevó a cabo en el centro de producción de la Universidad Nacional de Ucayali, ubicado en el Km 6.500 de la carretera Federico Basadre en el distrito de Manantay, provincia de Coronel Portillo, departamento de Ucayali.

Geográficamente, la zona de estudio se encuentra ubicada a  $74^{\circ}34'28''$  de longitud oeste y a  $8^{\circ}24'25''$  de latitud Sur y una elevación de 154 msnm. El clima pertenece a un bosque tropical, casi siempre verde estacional, cálido y lluvioso, con temperaturas medias de  $26.9^{\circ}\text{C}$ , humedad relativa del 75% y una precipitación media anual de 1773 mm.



Fuente: Mapa Google.

**Figura 1. Ubicación de la zona de estudio.**

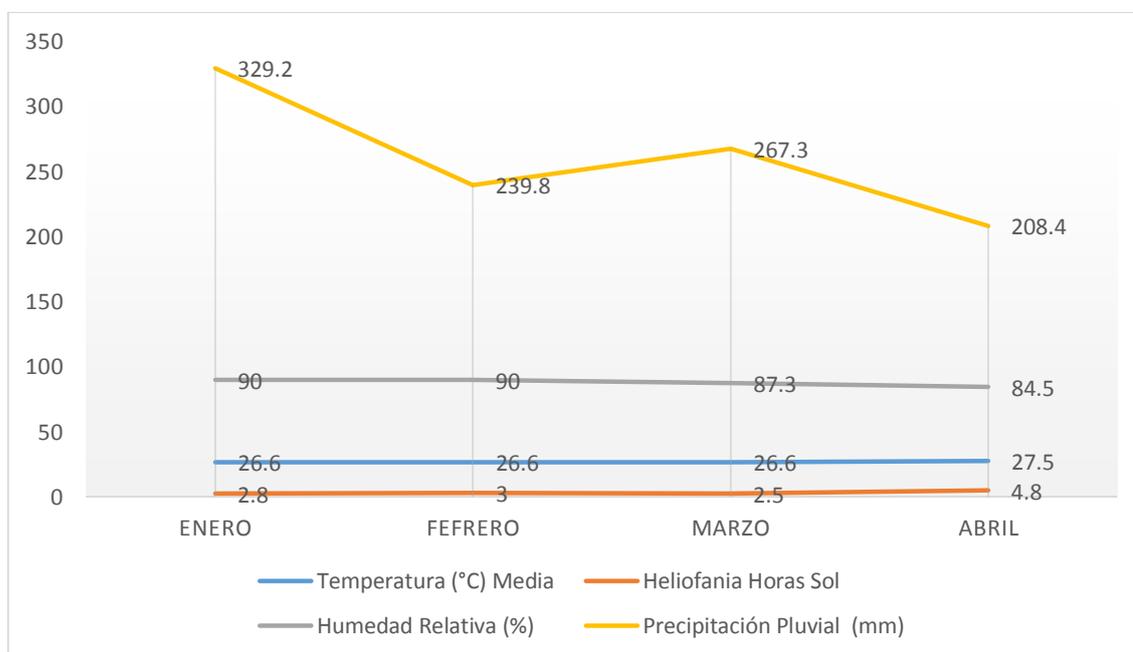
### 3.3. DURACIÓN DEL ENSAYO.

El trabajo tuvo una duración de 6 meses. La fase experimental se inició en el mes de enero y culminó en el mes de junio del 2019 considerando desde la preparación del terreno hasta la redacción y entrega del informe final.

### 3.4. CONDICIONES EDÁFICAS Y CLIMÁTICAS.

Las características edáficas corresponden a un típico suelo Inceptisol, con un pH fuertemente ácido (4.66), bajo contenido de materia orgánica (2.21%), alta saturación de aluminio (72.9%) baja saturación de bases (27.1%), bajo contenido de fósforo (4.06 ppm), contenido medio de potasio (0.22 meq/100 g suelo) y una baja capacidad de intercambio catiónico (4.80 meq/100 g suelo).

Respecto a las condiciones climáticas, los datos de temperatura, precipitación y humedad relativa durante la ejecución del ensayo se aprecian en la Figura 2.



**Figura 2. Datos climáticos durante el ensayo (Fuente: EM UNU - 2019).**

### 3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL.

El modelo que se utilizó fue un Diseño Completo al Azar con 6 tratamientos y 3 repeticiones lo que hizo un total de 18 unidades experimentales. Para la prueba de comparación entre tratamientos, se empleó la prueba de Tukey al 0.05 nivel de significación.

El análisis de varianza se describe a continuación:

**Cuadro 1. Análisis de varianza - ANOVA**

<b>Fuente de variabilidad</b>	<b>Grados de libertad</b>
Entre tratamientos	$6 - 1 = 5$
Dentro tratamientos	$6 (3 - 1) = 12$
Total	$6 \times 3 - 1 = 17$

**Modelo matemático:**

$$Y_{ijk} = U + T_i + E_{ijk}$$

**Dónde:**

$Y_{ijk}$  = Cualquier observación de las variables.

$U$  = Media general.

$T_i$  = Efecto de i-esimo tratamiento.

$E_{ijk}$  = Efecto del error experimental.

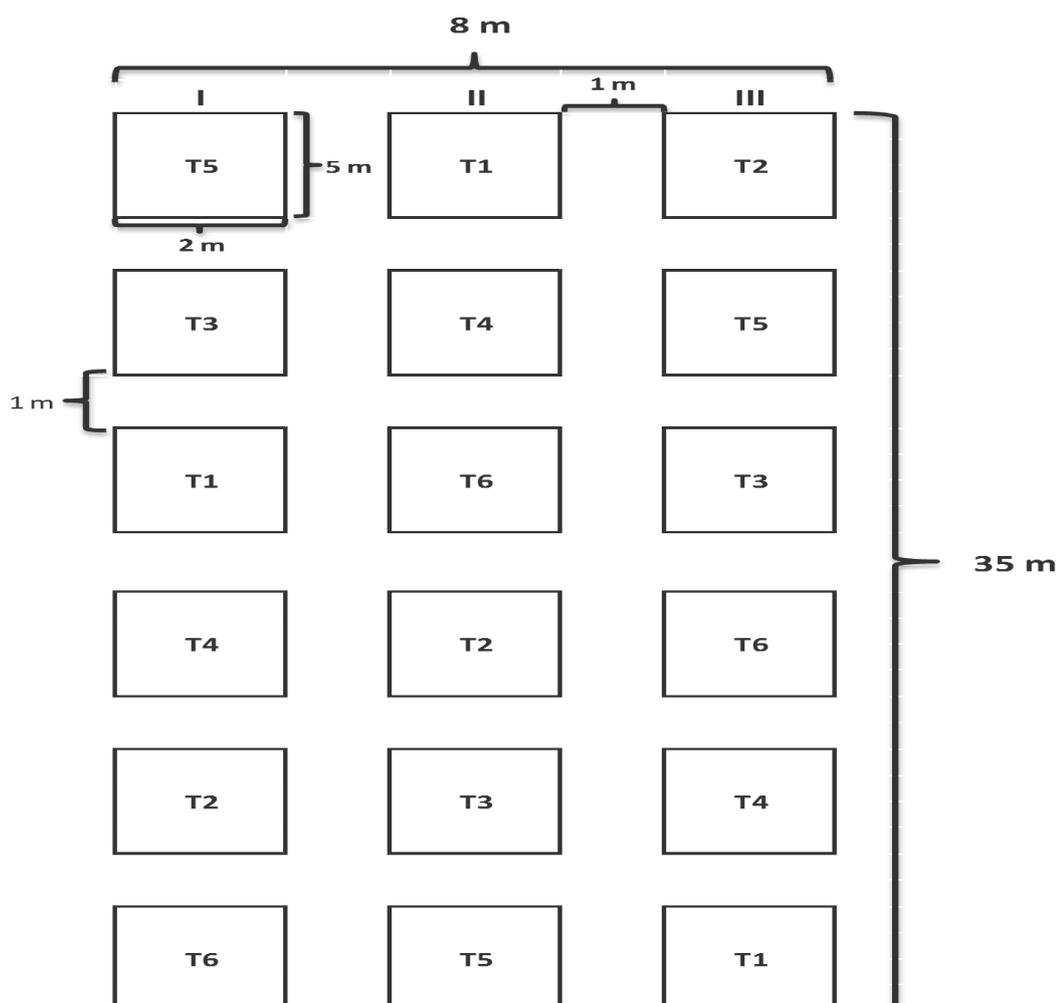
#### 3.5.1. Tratamientos en estudio.

Los tratamientos en estudio fueron 6, referidos a las combinaciones de la fuente de materia orgánica y la concentración de biol a base de microorganismos eficaces y tres repeticiones, incluyendo un testigo, tal como se indica a continuación:

**Cuadro 2. Tratamientos en estudio.**

Tratamiento	Descripción de los tratamientos
T1	Testigo
T2	2 kg de gallinaza/m <sup>2</sup> sin aplicación del EM compost activado.
T3	2 kg de gallinaza/m <sup>2</sup> más una dosis de biol EM - compost activado al 10%.
T4	2 kg de gallinaza/m <sup>2</sup> más una dosis de biol EM - compost activado al 15%.
T5	2 kg de gallinaza/m <sup>2</sup> más una dosis de biol EM - compost activado al 20%.
T6	2 kg de gallinaza/m <sup>2</sup> más una dosis de biol EM - compost activado al 25%.

Se procedió a la parcelación del terreno de acuerdo al croquis del experimento, y tomando en cuenta la aleatorización de las unidades experimentales por tratamientos y repeticiones.

**Figura 3. Croquis del experimento.**

### 3.5.2. Variables de estudio.

Las variables que fueron evaluadas por cada tratamiento fueron:

- Densidad aparente.
- Materia orgánica.
- pH.
- Capacidad de intercambio catiónico (CIC).
- Contenido de N total.
- Contenido de P disponible.
- Contenido de K intercambiable.
- Contenido de Aluminio cambiante.
- Porcentaje de saturación de Aluminio.
- Porcentaje de Saturación de Bases.
- Propiedades biológicas del suelo.
- Evaluación de macrofauna.

### 3.5.3. Operacionalización de las variables.

Los tratamientos se aplicaron de la siguiente manera:

En el caso del tratamiento testigo absoluto (T1), se consideró para evaluar solo las propiedades químicas y biológicas del suelo al inicio y finalizar el ensayo sin ninguna aplicación.

La base de los tratamientos ha sido la gallinaza, para el tratamiento T2 solo se aplicó a razón de 2 kg de gallinaza/m<sup>2</sup> sin aplicación del EM compost activado.

Para el T3, se aplicó 2 kg de gallinaza/m<sup>2</sup> más una dosis de biol EM-compost activado al 10%.

Para el T4, se aplicó 2 kg de gallinaza/m<sup>2</sup> más una dosis del biol de EM-compost activado al 15%.

Para el T5, se aplicó 2 kg de gallinaza/m<sup>2</sup> más una dosis del biol de EM-compost activado al 20%.

Para el T6 se aplicó 2 kg de gallinaza/m<sup>2</sup> más una dosis del biol de EM- compost activado al 25%.

#### **3.5.4. Activación del EM- Compost.**

Los microorganismos presentes en el EM-Compost se encuentran en estado de latencia por lo que se le tuvo que activar antes de ser utilizados. Para ello en un recipiente de 20 litros se añadió 1 litro de melaza (5%), 1 litro de EM-Compost (5%) y 18 litros de agua (90%). Una vez realizada la mezcla se procedió a cerrar el recipiente (sin aire) colocando una manguera dentro del recipiente con salida exterior y conectada a una botella de agua y así se dejó reposar por 7 días en un ambiente bajo sombra, para posteriormente ser utilizado de acuerdo a las dosis establecidas.

##### **3.5.4.1. Incorporación de la gallinaza y aplicación de las dosis de EM- Compost.**

La incorporación de la gallinaza al suelo se realizó manualmente en cantidades de 2 kg/m<sup>2</sup>, para los tratamientos probados, excepto en el testigo (T1).

Respecto a la aplicación de los tratamientos a base de gallinaza, biol EM-compost, la primera aplicación del biol se efectuó sobre la gallinaza después de ser incorporada al suelo, con la ayuda de una bomba de mochila, y en las dosis establecidas para cada tratamiento.

La segunda aplicación del EM-Compost al suelo se realizó los 30 días después de la primera aplicación y posteriormente una tercera aplicación a los siguientes 30 días, bajo el mismo procedimiento que las aplicaciones anteriores.

En relación a las variables dependientes, las propiedades físico-químicas fueron evaluadas según los métodos autorizados para cada una, de esta forma la densidad aparente fue medida por el método de la probeta, la materia orgánica por el método de Walkley y Black, el pH fue medido por el método del potenciómetro 1:1, la capacidad de intercambio catiónico (CIC) por

el método del acetato de amonio 7N, el contenido de nitrógeno total (N) por el método de digestión, el contenido de fósforo disponible (P) por el método de Olsen Modificado y el contenido de potasio cambiante (K) por espectrofotometría de absorción atómica.

Las variables biológicas se determinaron mediante la evaluación de la macrofauna, y conteo del número de especies e identificación de las mismas. Para ello se contó con un cuadrado de metal de 25cm x 25cm por lado, el cual fue lanzado al azar en cada unidad experimental para luego proceder a la extracción de cada uno de los individuos que conforman la macrofauna del suelo en cada unidad experimental y determinar su, identificación y abundancia por especie.

### **3.6. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.**

En el experimento se realizaron las siguientes labores:

#### **3.6.1. Muestreo de suelo.**

Antes de la aplicación de los tratamientos y después de haber pasado rastra se hizo el muestreo para su análisis inicial para el trabajo de investigación.

Se extrajo una muestra representativa de suelo antes de la aplicación de los tratamientos en estudio. Para el caso se extrajeron 5 submuestras de 200 g de suelo de los primeros 20 cm de profundidad con la ayuda de un barreno, las cuales fueron extraídas en forma de zig zag de todo el área experimental, posteriormente se homogenizaron las submuestras y esta fue secada y tamizada, para luego solo 100 g de suelo colocarla en una bolsa con cierre hermético, etiquetarla y trasladarla al laboratorio para su respectiva determinación de (pH, capacidad de intercambio catiónico, contenido de N total, contenido de P disponible, contenido de K intercambiable, porcentaje de saturación de aluminio, y densidad aparente).

### **3.6.2. Muestreo del biol EM- Compost activado.**

De igual modo, se colectó una muestra de 500 ml del EM- Compost activado y se envió a un laboratorio certificado para su análisis de caracterización.

### **3.6.3. Preparación del terreno.**

La preparación del terreno del suelo se efectuó con una pasada de rastra mediana y luego se procedió a la medición con la ayuda de una wincha de 50 mts, posteriormente se procedió a estaquear el terreno donde se hizo las camas levantadas que tuvieron como medida 5m de largo x 2m de ancho que hizo un total de 10m<sup>2</sup> por cada unidad experimental y un metro de calle.

Una vez hecho toda la preparación del terreno se procedió a la aplicación de los 20 kg de gallinaza (2kg/m<sup>2</sup>) por cada unidad experimental, (T1) Testigo sin aplicación de gallinaza ni biol - EM Compost. (T2) solo se aplicó los 20 kg de gallinaza, para el T3, T4, T5, T6 se aplicó los 20 kg de gallinaza más las dosis EM compost activado por tratamiento con sus respectivas repeticiones con la ayuda de una bomba de mochila.

Este mismo procedimiento de la aplicación del EM se repitió cada 30 días desde el 19 de enero del 2019 que fue la primera aplicación, del bio-EM compost, la segunda aplicación que fue el 19 de febrero del 2019 y la tercera aplicación que fue el 19 de marzo del 2019. Después de la última aplicación se esperó 30 días más para hacer el muestreo de suelo final (19 de abril del 2019) para su respectivo secado tamizado y etiquetado para ser llevado al laboratorio de suelos del INIA.

Cabe indicar que antes de la segunda aplicación del biol EM-compost se hizo el muestreo del suelo de cada unidad experimental para el análisis medio y, luego proceder al respectivo secado tamizado y empaquetado para ser llevado al laboratorio para su respectivo análisis.

#### **3.6.4. Control de malezas.**

Esta labor se efectuó manualmente desde el momento que se apreció la aparición de malezas y se utilizó algunas herramientas si eran necesarias como pala y machetes hasta finalizar el trabajo de investigación.

#### **3.6.5. Evaluación de las propiedades químicas y biológicas del suelo.**

Se realizaron en tres oportunidades: al inicio (14 de diciembre del 2018) antes de empezar el trabajo de investigación, la segunda evaluación se hizo el 19 de febrero del 2019 antes de la aplicación de biol EM, la tercera evaluación se hizo a los 30 días después de la tercera aplicación (19 de abril del 2019). Para el efecto, por cada unidad experimental se extrajo muestras que se sacaron en forma de zigzag y se homogenizó una muestra de 200 g de suelo de los primeros 20 cm de profundidad. Ésta muestra fue secada y tamizada, para luego separar solo 100 g de suelo, el cual fue colocado en una bolsa con cierre hermético, con su respectivo etiquetado y posteriormente ser enviado al Laboratorio de suelos para su análisis correspondiente y evaluación de las propiedades químicas.

La evaluación de las propiedades biológicas se hizo de la siguiente manera. Para ello se contó con una cuadrícula de metal de 25cm x 25cm por lado, el cual fue lanzado al azar en cada unidad experimental lo cual se fue golpeando con una comba para poder profundizar y extraer las muestras de suelo para luego proceder a llevar a laboratorio de suelos donde se desmenuzó la muestra de suelo y se fue contabilizando cada uno de los individuos que conforman la macrofauna del suelo en cada unidad experimental y determinar su identificación y abundancia por especie.

#### **3.6.6. Procesamiento de datos.**

Los resultados de los análisis de las propiedades químicas y biológicas se evaluaron usando el diseño de bloques completos al azar con tres

repeticiones planteado y en caso de haber diferencias entre tratamientos, se aplicó la prueba de Tukey al 0.05 nivel de significación.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Después de haber realizado las evaluaciones pertinentes del trabajo de investigación se ha logrado los siguientes resultados:

##### 4.1. DENSIDAD APARENTE.

Los resultados de la densidad aparente del suelo en los primeros 20 cm de profundidad, medidos al inicio y al finalizar el experimento se muestran en la Figura 4, cuyo valor al empezar la investigación fue de 1.35 g cc<sup>-1</sup>, la cual no muestra cambios significativos al finalizar el ensayo con valores de 1.36, 1.37, 1.33, 1.38, 1.36 y 1.38 g cc<sup>-1</sup> para los tratamientos testigo y la combinación de gallinaza sola, gallinaza + 10% EM, gallinaza + 15% EM, gallinaza + 20% EM y gallinaza + 25% EM, respectivamente.

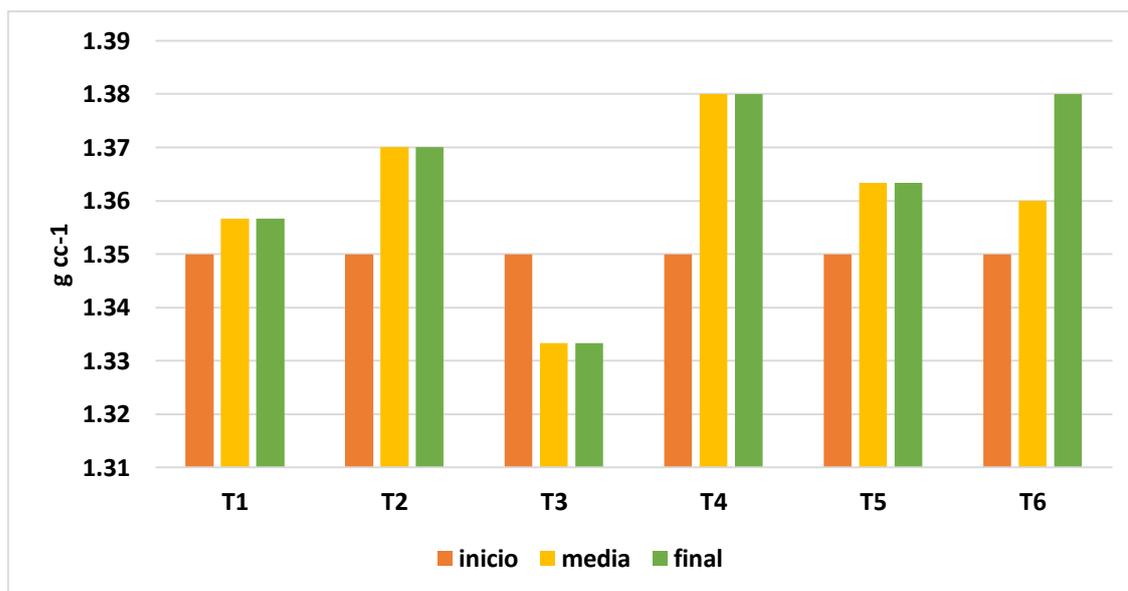


Figura 4. Densidad aparente por tratamiento y por evaluación.

La medida de la densidad aparente es un parámetro muy importante para evaluar la calidad de un suelo, en función de la textura del suelo (que para nuestro caso fue franco arcilloso) así como la porosidad y el arreglo espacial de las partículas del suelo. La densidad aparente afecta al crecimiento de las plantas debido al efecto que tienen la resistencia y la porosidad del suelo sobre las raíces, por ello, los valores de densidad aparente al inicio y al finalizar el

ensayo no muestran claras diferencias, debido posiblemente a que no se instaló en el ensayo, un cultivo indicador de las variaciones que podrían haberse dado por efecto de los tratamientos (Cuadro 3).

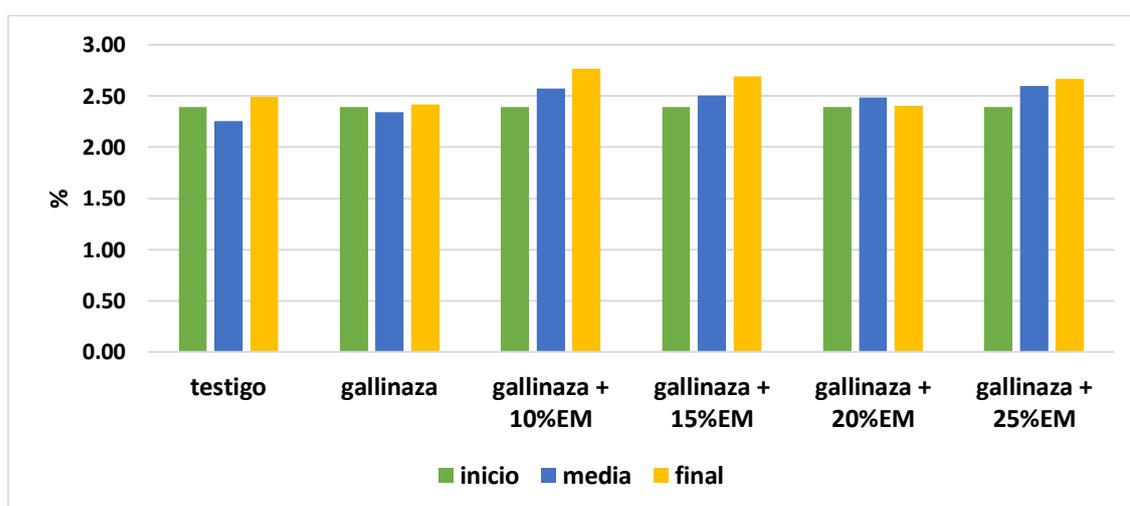
**Cuadro 3. Resultados de la densidad aparente del suelo en 3 evaluaciones.**

Tratamientos	Densidad aparente (g/cc)		
	Inicio	Media	Final
Testigo	1.35 a	1.36 a	1.37 a
Gallinaza	1.35 a	1.47 a	1.37 a
Gallinaza + 10% EM	1.35 a	1.33 a	1.33 a
Gallinaza + 15% EM	1.35 a	1.38 a	1.38 a
Gallinaza + 20% EM	1.35 a	1.36 a	1.36 a
Gallinaza + 25% EM	1.35 a	1.36 a	1.38 a

\*Letras iguales indican que no existen diferencias estadísticas entre tratamientos.

## 4.2. MATERIA ORGÁNICA.

Al efectuar el análisis de varianza para materia orgánica se ha determinado que no existen diferencias significativas entre tratamientos evaluados al finalizar el ensayo respecto al contenido inicial, sin embargo, existe una tendencia a incrementarse en relación a las evaluaciones intermedia y final (Cuadro 4 y Figura 5). Así, con 2.39 y 2.39% de materia orgánica que obtuvieron los tratamientos testigo y solo gallinaza, al término del ensayo, con la incorporación de los EM en la gallinaza, se logró incrementar esta variable con promedios finales de 2.77, 2.66 y 2.69% para los tratamientos combinados gallinaza + 10% EM, gallinaza + 25% EM y gallinaza + 15% EM, respectivamente.



**Figura 5. Contenido de materia orgánica por tratamiento y evaluación.**

Resultados similares fueron encontrados en suelos inceptisoles de la carretera Federico Basadre por Salinas (2019) a 20 cm de profundidad con 2.59% al año del establecimiento de sistemas agrosilvopastoriles y de igual forma coinciden con los resultados de Sales (2006) y Bonzano (2019) al estudiar la composición de la materia orgánica del suelo en el sector Campo Verde con 2.45% y la caracterización de suelos entisoles de Yarinacocha con 2.86%, respectivamente.

De igual forma se corrobora lo manifestado por el Naranjo (2013) en el sentido, que los microorganismos eficientes, al ser un producto de origen microbiano rico en vitaminas, enzimas y bacterias ácido-lácticas que producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos sintetizados por bacterias fototrópicas; aumentan la fragmentación de los componentes de la materia orgánica, como la lignina y la celulosa que aceleran su descomposición.

**Cuadro 4. Resultados de la materia orgánica en el suelo en 3 evaluaciones.**

Tratamientos	Materia orgánica (%)		
	Inicio	Media	Final
Testigo	2.39 a	2.26 a	2.49 a
Gallinaza	2.39 a	2.34 a	2.42 a
Gallinaza + 10% EM	2.39 a	2.57 a	2.77 a
Gallinaza + 15% EM	2.39 a	2.51 a	2.58 a
Gallinaza + 20% EM	2.39 a	2.49 a	2.41 a
Gallinaza + 25% EM	2.39 a	2.60 a	2.67 a

\*Letras iguales indican que no existen diferencias estadísticas entre tratamientos.

#### 4.3. pH DEL SUELO.

La mayoría de los suelos tropicales presentan pH ácidos determinados por fenómenos de lavado intenso como consecuencia de las altas precipitaciones, lo cual induce a justificar los bajos tenores de cationes cambiables como el Ca, K y Mg, así como el incremento del aluminio en la solución del suelo, conforme lo sostiene Jaramillo (2002).

En nuestro caso, al iniciarse el ensayo, el pH del suelo tuvo un valor de 4.8 (fuertemente ácido) y a medida que transcurre el tiempo y por efecto de la tasa

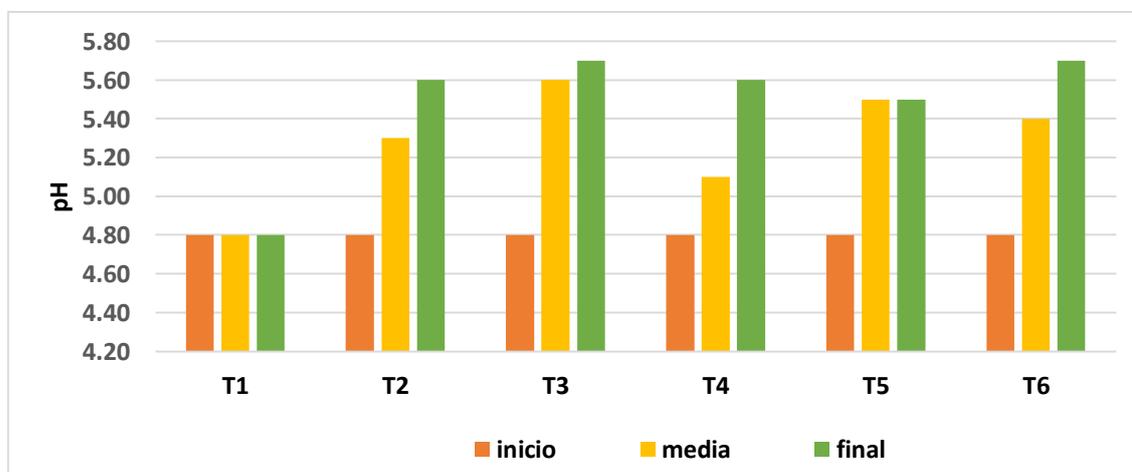
de descomposición de la materia orgánica, la tendencia fue a incrementar con valores entre 5.0 a 5.6 en la evaluación intermedia y de 5.5 a 5.7 (moderadamente ácidos) en la evaluación final para los tratamientos combinados gallinaza + 10% EM y gallinaza + 25% EM. (Cuadro 5).

**Cuadro 5. pH del suelo por tratamiento y por evaluación.**

Tratamientos	Inicio	Media	Final
Testigo	4.8 a	4.8 c	4.8 b
Gallinaza	4.8 a	5.3 b	5.6 a
Gallinaza + 10% EM	4.8 a	5.6 a	5.7 a
Gallinaza + 15% EM	4.8 a	5.1 c	5.6 a
Gallinaza + 20% EM	4.8 a	5.5 a	5.5 a
Gallinaza + 25% EM	4.8 a	5.4 b	5.7 a

\*Letras iguales indican que no hay diferencias entre todos los tratamientos.

Estos resultados se asemejan al que registra Sales (2016) en un inceptisol de Campo Verde con un pH moderadamente ácido (5.6), pero superiores a los reportados por Salinas (2019) quien, al evaluar el efecto de seis sistemas silvopastoriles a un año de establecimiento, en los primeros 20 cm de profundidad, el nivel de pH a un año después, se mantuvo en 4.3 (fuertemente ácido). De otro lado, la respuesta de los tratamientos al ser comparados con los valores más altos de pH reportados por Bonzano y Huiza (2019) en dos suelos del orden Entisoles del distrito de Yarinacocha, demuestran que son menores con pH de 7.9 y 8.5 (ligeramente y moderadamente alcalino) respectivamente.



**Figura 6. pH del suelo por tratamiento y por evaluación.**

#### 4.4. NITRÓGENO TOTAL.

Para N total en el suelo (Cuadro 6) al inicio y a los 30 días después de la primera aplicación no se aprecian diferencias entre los tratamientos probados en el ensayo, en cambio ya se aprecian diferencias significativas a los 60 días después de la segunda aplicación, donde el contenido de N total del testigo absoluto y el tratamiento a base solo de gallinaza fueron significativamente menores a los obtenidos por los tratamientos combinados de gallinaza y las concentraciones de microorganismos eficientes, especialmente en las dosis de 15, 20 y 25% de EM demostrando que, los microorganismos procedentes de los bioles han propiciado un rápido proceso de descomposición de la gallinaza y por tanto, una mayor disponibilidad en el contenido de materia orgánica y N en el suelo. Al respecto Ibáñez (2019) señala que, una de las ventajas por el uso de microorganismos eficaces es la mejora de la disponibilidad de nutrientes en el suelo, solubilizándolos, separando las moléculas que los mantienen fijados, dejando los elementos disgregados en forma simple para facilitar su absorción por el sistema radical.

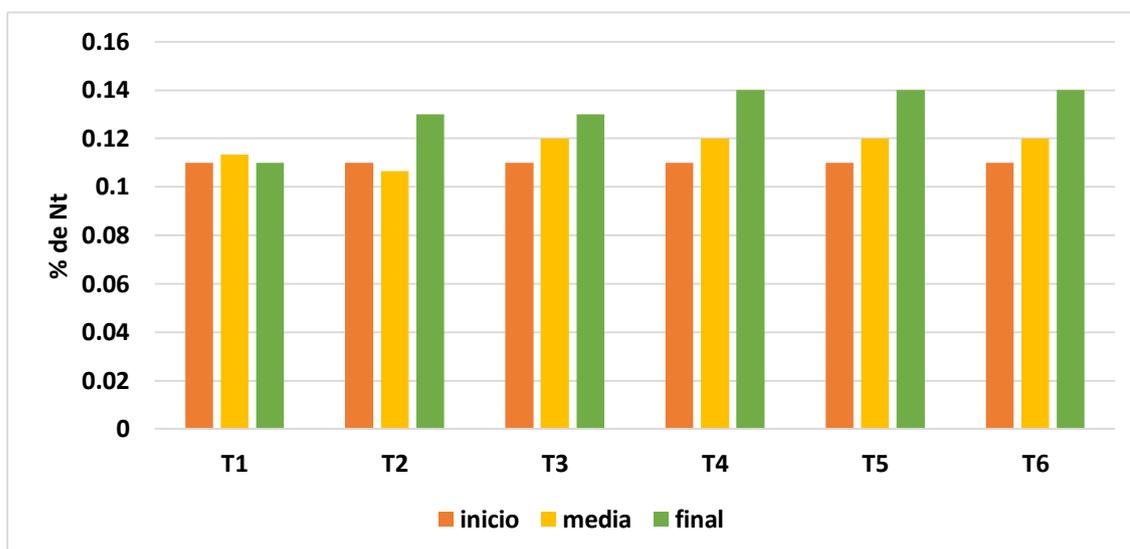
**Cuadro 6. Resultados del N total (%) del suelo.**

<b>Tratamientos</b>	<b>Inicio</b>	<b>Media</b>	<b>Final</b>
Testigo	0.11 a	0.11 a	0.10 c
Gallinaza	0.11 a	0.11 a	0.13 b
Gallinaza + 10% EM	0.11 a	0.12 a	0.13 b
Gallinaza + 15%EM	0.11 a	0.12 a	0.14 a
Gallinaza + 20% EM	0.11 a	0.12 a	0.14 a
Gallinaza + 25% EM	0.11 a	0.12 a	0.14 a

\*Letras iguales indican que no hay diferencias entre todos los tratamientos.

Si bien los resultados encontrados no determinan un efecto muy destacado en la evaluación intermedia, debido posiblemente a que los microorganismos consumen gran parte del N liberado de la materia orgánica para formar sus propias estructuras (Jaramillo 2012) es notorio observar el cambio en la evaluación final, donde los tratamientos gallinaza + 15% EM,

gallinaza + 20% EM y gallinaza + 25% EM registran superioridad estadística sobre los demás tratamientos incluido el testigo, con 0.14 % de N total para cada uno.



**Figura 7. Nitrógeno total por tratamiento y por evaluación.**

Los valores de Nitrógeno total al finalizar el ensayo se han situado de forma general entre 0,10 y 0.14%. A este respecto Fassbender y Bornemiza (citados por Jiménez *et al.*, 2007) mencionan que el contenido de N total en los suelos tropicales presenta un amplio rango de variación, situándose los valores entre 0,02–0,4%.

Si comparamos nuestros resultados con otros ensayos realizados en suelos similares en la zona, encontramos que, Salinas (2019) reporta cambios en el contenido de N total de 0.08 a 0.12% a un año del establecimiento de sistemas combinados de árboles y arbustos leguminosos, mientras que Sales (2006) y Bonzano (2019) registran valores similares (0.13 y 0.11% de N) en Campo Verde y Yarinacocha, respectivamente.

#### **4.5. FÓSFORO DISPONIBLE.**

En relación al contenido de P disponible, se ha demostrado que con la aplicación de la gallinaza procesada con microorganismos eficaces, se incrementó en forma significativa esta variable en las evaluaciones intermedias y finales, especialmente con los tratamientos combinados gallinaza + 15% EM,

gallinaza + 20% EM y gallinaza + 25% EM, quienes registran al término del ensayo (90 días en total) promedios de 30.23, 33.06 y 34.16 mg kg<sup>-1</sup> de P respectivamente, superando estadísticamente a todos los demás tratamientos, aun cuando al finalizar el ensayo, el testigo se mantuvo en 6.98 mg kg<sup>-1</sup> y con la aplicación sólo de gallinaza se incrementó a 13.67 mg kg<sup>-1</sup> de P (Cuadro 7).

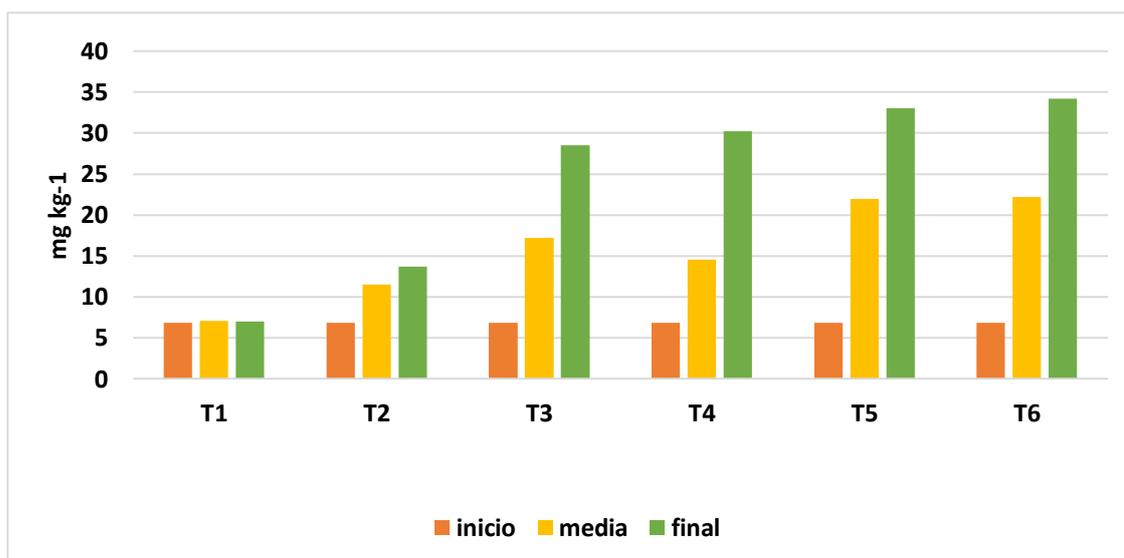
**Cuadro 7. Evaluación del P disponible (ppm) del suelo.**

<b>Tratamientos</b>	<b>Inicio</b>	<b>Media</b>	<b>Final</b>
Testigo	6.85 a	7.11 d	6.98 d
Gallinaza	6.85 a	11.54 c	13.67 c
Gallinaza + 10% EM	6.85 a	17.18 b	28.50 b
Gallinaza + 15% EM	6.85 a	14.53 b	30.23 a
Gallinaza + 20% EM	6.85 a	22.00 a	33.06 a
Gallinaza + 25% EM	6.85 a	22.23 a	34.16 a

\*Letras iguales indican que no hay diferencias entre todos los tratamientos.

Los valores logrados por los tratamientos a base de EM, pueden atribuirse a que, siendo la labor de los microorganismos eficaces de incrementar el pH del suelo, como se ha demostrado en este ensayo, además ha favorecido la liberación de los fosfatos en la solución del suelo y permitiendo una mayor concentración de P disponible.

Al compararlos con otros resultados, se menciona la superioridad de nuestros resultados sobre los que reporta Salinas (2019) con valores muy bajos de P (2.80 mg kg<sup>-1</sup>) al finalizar el ensayo sobre el aporte de nutrientes por sistemas agrosilvopastoriles, así como el que registra Sales (2006) en Campo Verde con 14.4 mg kg<sup>-1</sup> y a los registrados por Bonzano (2019) en Yarinacocha con 19.1 mg kg<sup>-1</sup> de P.



**Figura 8. Fósforo disponible por tratamiento y evaluación.**

#### 4.6. POTASIO CAMBIABLE.

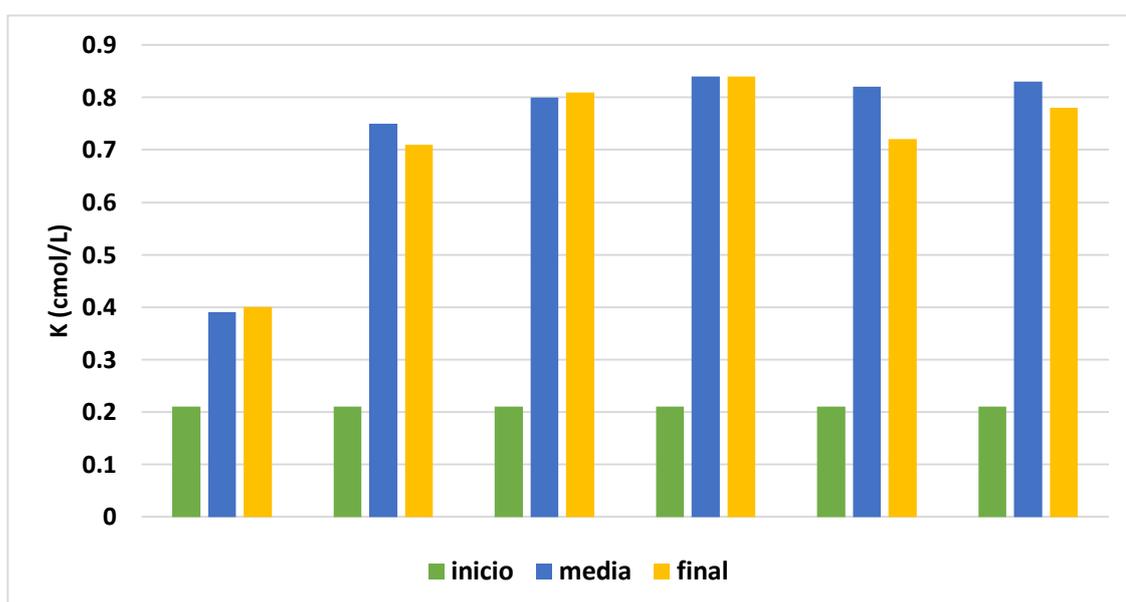
Al inicio del ensayo, se presenta un nivel bajo de K cambiabile en el suelo (0.21 cmol/L), el cual se va incrementando significativamente conforme avanza el tiempo de evaluación. Así a los 60 días después de la primera aplicación de los microorganismos eficaces, los valores de este nutriente en los tratamientos donde se aplicó la gallinaza procesada con microorganismos eficaces alcanzaron los niveles más altos con superioridad estadística sobre los testigos, destacando el tratamiento gallinaza + 15% EM con 0.84 cmol/L, manteniéndose este valor al finalizar el ensayo (Cuadro 8).

En la evaluación final, además de mantenerse la superioridad del tratamiento gallinaza + 15% EM, en algunos casos como en los tratamientos a base de gallinaza y gallinaza + las dosis de 10% EM y 25% EM presentan una reducción en 0.71 y 0.72 cmol/L cada uno, debido probablemente a que este nutriente pudo ser retenido en el complejo de cambio (Jaramillo 2012).

**Cuadro 8. Resultados de K cambiable (cmol/l) del suelo.**

Tratamientos	Inicio	Media	Final
Testigo	0.21 a	0.39 c	0.40 c
Gallinaza	0.21 a	0.75 b	0.71 b
Gallinaza + 10% EM	0.21 a	0.80 a	0.81 a
Gallinaza + 15% EM	0.21 a	0.84 a	0.84 a
Gallinaza + 20% EM	0.21 a	0.82 a	0.72 b
Gallinaza + 25% EM	0.21 a	0.83 a	0.78 b

\*Letras iguales indican que no hay diferencias entre todos los tratamientos.

**Figura 9. Contenido de potasio cambiable por tratamiento y evaluación.**

Los resultados al término del ensayo especialmente donde se aplicó la materia orgánica procesada con EM fueron comparados con los obtenidos por Salinas (2019) cuyos valores fueron 0.24, 0.07 y 0.08 cmol/L de K, así como los que reporta Caruzo (2016) con 0.11 y 0.08 cmol/L en los 20 y 50 cm de profundidad del suelo, y a los registrados por Sales (2006) quien encontró 0.39 y 0.35 cmol/L en los 20 y 40 cm de suelo, demostrándose en nuestro caso, la eficiencia de los EM aplicados sobre la MO para liberar los nutrientes al suelo en forma rápida, sin embargo, fueron menores a los que reporta Bonzano (2019) para un entisol de Yarinacocha, cuyo valor fue de 1.04 cmol/L.

#### 4.7. PORCENTAJE DE SATURACIÓN DE BASES (PSB).

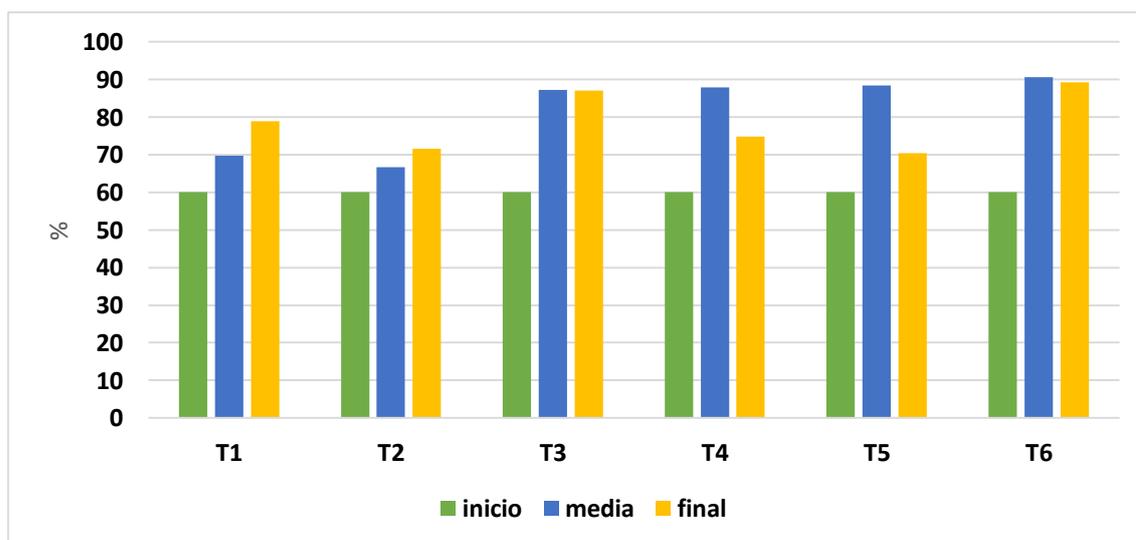
En relación a esta variable, al inicio del ensayo, los tratamientos presentaron 60% de PSB, y se fue incrementando conforme las evaluaciones, de modo que a los 30 días después de la primera aplicación, el tratamiento gallinaza + 25% EM obtuvo el mayor valor con 90.6%, superando estadísticamente a todos los demás tratamientos, donde el testigo sólo se incrementó a 69.7 %. (Cuadro 9).

**Cuadro 9. Resultados de PSB (%) del suelo.**

Tratamientos	Inicio	Media	Final
Testigo	60.0 a	69.7 c	78.6 b
Gallinaza	60.0 a	66.6 c	71.5 c
Gallinaza + 10% EM	60.0 a	87.2 b	87.1 a
Gallinaza + 15% EM	60.0 a	87.9 b	74.7 c
Gallinaza + 20% EM	60.0 a	88.4 b	70.4 c
Gallinaza + 25% EM	60.0 a	90.6 a	89.1 a

\*Letras iguales indican que no hay diferencias entre todos los tratamientos.

En la evaluación final, se corroboran los resultados para el caso del tratamiento gallinaza + 25% EM, sin superar estadísticamente al tratamiento gallinaza + 10% EM, logrando 89.1 y 87.1%, respectivamente. Cabe destacar que los tratamientos testigo, gallinaza y gallinaza + 10% EM registraron un crecimiento ascendente, con 78.6, 71.5 y 87,1%, sucesivamente (Figura 10).



**Figura 10. Contenido de PSB por tratamiento y evaluación.**

Estos resultados pueden atribuirse a una intensa actividad de los microorganismos eficaces, los cuales, al ser aplicados en dosis altas, propiciaron una rápida descomposición de la materia orgánica y de esta manera los cationes cambiables pudieron ser retenidos en los sitios de intercambio de las partículas de arcilla y de materia orgánica, conforme lo corrobora Díaz *et al.*, (2009).

#### 4.8. ALUMINIO CAMBIABLE.

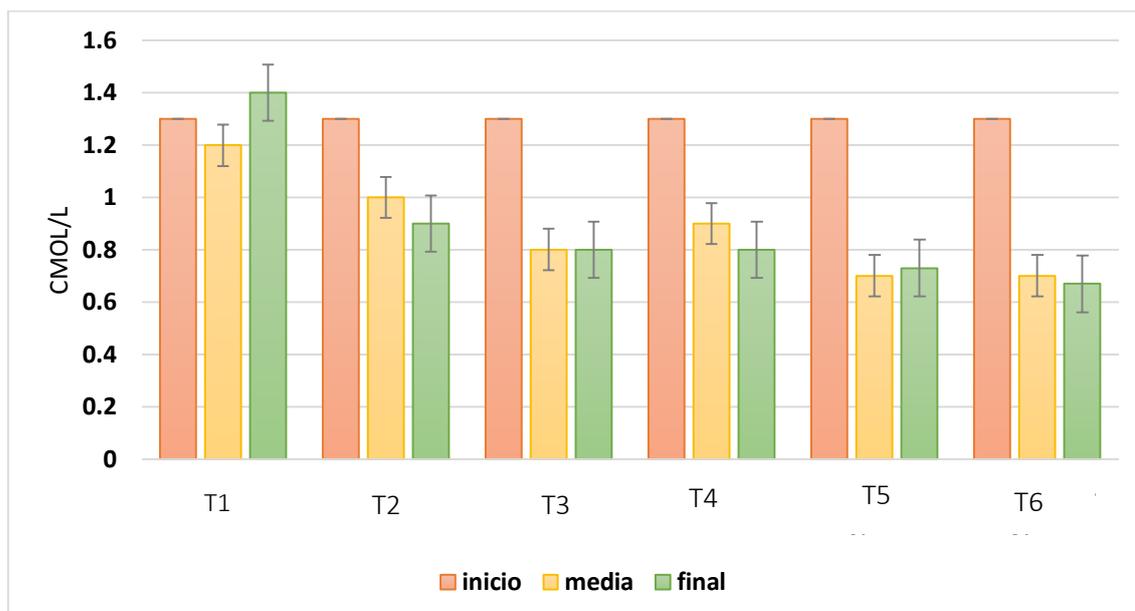
Para el caso de Al cambiabile, el valor inicial fue de 1.3 cmol/L, mostrándose valores diferentes en las evaluaciones intermedia y final del ensayo, Así, a los 30 días después de la primera aplicación, los tratamientos que presentaron mayor reducción de aluminio fueron gallinaza + 20% EM y gallinaza + 25% EM con 0.7 cmol/L cada uno, al igual que en la evaluación final ambos tratamientos registraron 0.7 cmol/L, sin diferencias estadísticas con gallinaza + 10% EM y gallinaza + 15% EM con 0.8 cmol/L cada uno. Es preciso señalar que, la aplicación de la materia orgánica procesada ha desempeñado un papel importante no solo en la liberación de nutrientes por efecto del incremento del pH, sino también por la reducción del aluminio.

**Cuadro 10. Resultados de Al cambiabile (cmol/L) del suelo.**

Tratamientos	Inicio	Media	Final
Testigo	1.3 a	1.2 c	1.0 b
Gallinaza	1.3 a	1.0 b	0.9 b
Gallinaza + 10% EM	1.3 a	0.8 a	0.8 a
Gallinaza + 15% EM	1.3 a	0.9 b	0.8 a
Gallinaza + 20% EM	1.3 a	0.7 a	0.7 a
Gallinaza + 25% EM	1.3 a	0.7 a	0.7 a

\*Letras iguales indican que no hay diferencias entre todos los tratamientos.

Al respecto, estos promedios son inferiores a los que reporta Caruzo (2016) en el km 10 CFB en los primeros 20 cm con 2.20 cmol/L, y al mismo tiempo, menores en la profundidad de 20 a 50 cm con 6.80 cmol/L. y al compararlos con los que registra Sales (2006) para el Km 44 CFB, resultan similares, ya que la autora reporta 0.80 y 1.70 cmol/L de Al, en los 20 y 40 cm de profundidad, sucesivamente.



**Figura 11. Al cambiante por tratamiento y por evaluación.**

#### **4.9. CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO EFECTIVA CICE.**

Respecto a la capacidad de intercambio catiónico efectiva CICE, el valor inicial fue muy bajo con sólo 3.25 cmol/L, y después de las aplicaciones sucesivas de microorganismos eficaces se reportaron valores diferentes en las evaluaciones intermedia y final del ensayo. Así, a los 30 días después de la primera aplicación, los tratamientos a base de gallinaza sola y los combinados gallinaza + EM presentaron mayor incremento en los valores de CICE, conforme se aprecia en el Cuadro 11, donde destacan los tratamientos gallinaza + 25% EM y gallinaza + 20% EM con 5.34 y 5.23 cmol/L cada uno, sin embargo, en la evaluación final los tratamientos combinados gallinaza + 25% EM y gallinaza + 10% EM registraron 6.56 y 6.24 cmol/L, sin diferencias estadísticas con los demás tratamientos a base de gallinaza + EM, pero superiores al testigo y al tratamiento solo con gallinaza, conforme se aprecia en el Cuadro 11.

**Cuadro 11. Resultados de la CICE (cmol/L) del suelo.**

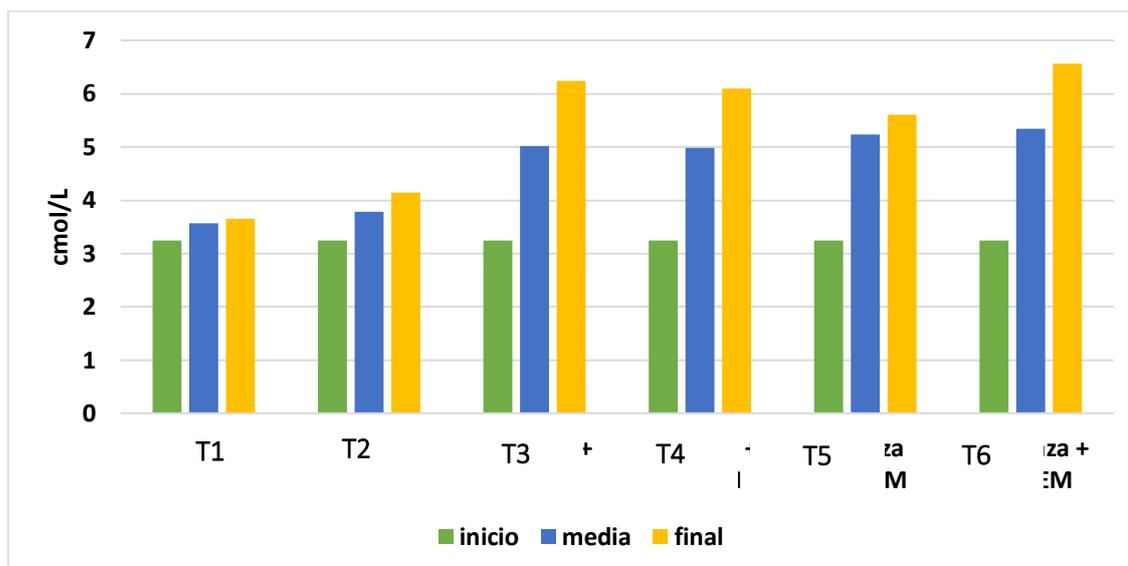
<b>Tratamientos</b>	<b>Inicio</b>	<b>Media</b>	<b>Final</b>
Testigo	3.25 a	3.57 c	3.65 c
Gallinaza	3.25 a	3.78 c	4.14 b
Gallinaza + 10%EM	3.25 a	5.02 b	6.24 a
Gallinaza + 15%EM	3.25 a	4.98 b	6.10 a
Gallinaza + 20%EM	3.25 a	5.23 a	5.61 a
Gallinaza + 25%EM	3.25 a	5.34 a	6.56 a

\*Letras iguales indican que no hay diferencias entre todos los tratamientos.

Es destacable indicar que, con la aplicación de la materia orgánica procesada por los microorganismos, no solo se ha liberado nutrientes en el complejo de cambio, sino también por el incremento de la capacidad de intercambio catiónico, aun cuando no se tomara en cuenta los contenidos de los cationes calcio y magnesio en este ensayo.

Sin embargo, estos resultados son muy inferiores al compararlos con los de Díaz *et al.*, (2009) quien, al probar la acción de microorganismos eficientes EM sobre la actividad de intercambio catiónico en plántulas de acacia para la recuperación de un suelo en Cundinamarca, Colombia, encontró que, a los dos y cuatro meses de haber realizado la aplicación de EM, el tratamiento con mayor CIC fue el T8 (abonos orgánicos + EM + fertilización química) con 37.3 y 32.07 cmol/L seguido del T6 (fertilización química) con 35.4 y 29.5 cmol/L. En tercer lugar, se encuentra el T3 (gallinaza + EM) con 28.8 y 23.7 cmol/L, el cual presenta la mayor cantidad de bases intercambiables y todos a su vez, muestran una marcada diferencia con el testigo (19.8 y 14.3 cmol/L).

Se resalta además que a los dos meses de iniciar la investigación los microorganismos efectivos (EM) aumentaron la capacidad de intercambio catiónico del suelo, en mezcla con los abonos orgánicos (compost, mulch y gallinaza), y este mismo comportamiento se pudo observar al finalizar la investigación (a los cuatro meses).



**Figura 12. Capacidad de intercambio catiónico por tratamiento y evaluación.**

La aplicación de EM tiende a generar baja del pH en el suelo cuando es aplicado solo. Sin embargo, EM con la mezcla de todos los abonos orgánicos (compost + mulch + gallinaza) aumenta la materia orgánica, así como el pH del suelo. Se encontró además que existe una relación directamente proporcional entre el pH del suelo y la capacidad de intercambio catiónico en los tratamientos donde se aplicó la mezcla de los materiales orgánicos (compost, mulch y gallinaza) con EM.

#### **4.10. SATURACIÓN DE ALUMINIO.**

El análisis de varianza para las evaluaciones intermedia y final destacan diferencias estadísticas entre los tratamientos probados, en la cual los combinados gallinaza + 25% EM y gallinaza + 20% EM redujeron su acidez cambiante de 15.3 y 16.9% a 10.7% en ambos casos, como se aprecia en el Cuadro 12. También se destaca la reducción en el tratamiento solo de gallinaza de 29.1 a 21.7% y de los tratamientos combinados gallinaza + 10% EM y gallinaza + 15% EM, quienes presentaron al finalizar el ensayo una acidez cambiante de 12.8 y 14.8%, respectivamente.

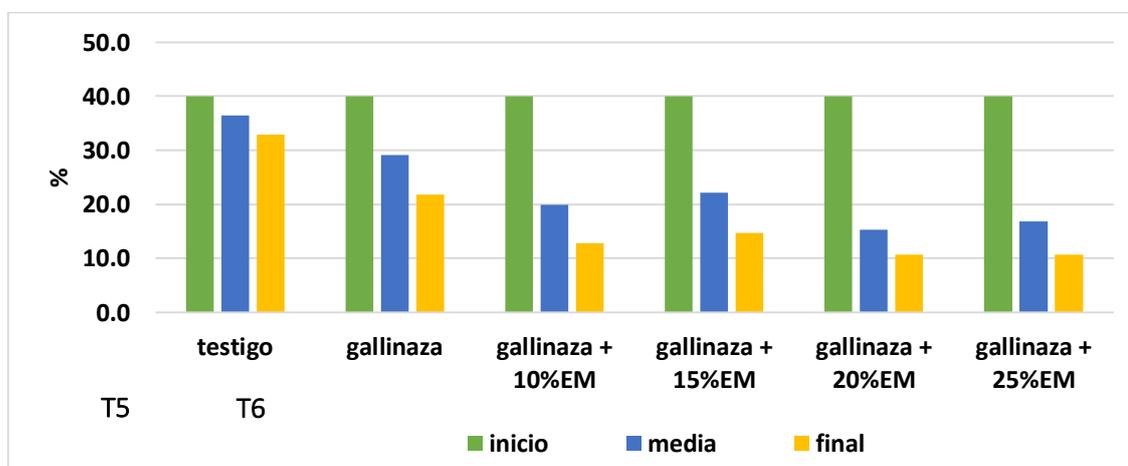
**Cuadro 12. Resultados de la saturación de Al (%).**

Tratamientos	Inicio	Media	Final
Testigo	40.0 a	36.4 a	32.9 a
Gallinaza	40.0 a	29.1 b	21.7 b
Gallinaza + 10%EM	40.0 a	19.9 c	12.8 d
Gallinaza + 15%EM	40.0 a	22.1 c	14.8 c
Gallinaza + 20%EM	40.0 a	15.3 d	10.7 d
Gallinaza + 25%EM	40.0 a	16.9 d	10.7 d

\*Letras iguales indican que no hay diferencias entre todos los tratamientos.

Estos resultados guardan relación directa con los que se reporta para el contenido de aluminio cambiante y la capacidad de intercambio catiónico y resultan mejores a los que reporta Caruzo (2017) quien encontró valores de 31 a 67%, 30 a 62% y de 55 a 71% en los 20 cm de profundidad en suelos ubicados en los km 10, 44 y 60 de la carretera Federico Basadre. De igual forma son menores a los que concluye Salinas (2019) con 65, 37 y 80% en los mismos sitios evaluados por Caruzo.

De forma similar, se asemejan a los reportes de Ramírez (2016) para suelos de la Cuenca del río Abujao, donde encontró valores de PAC de 7.8, 20.6 y 16.7% en el horizonte Ap de los sectores Palmera, Horizonte y Colina, respectivamente, pero a la vez, mayores a los encontrados por Bonzano (2019) e Isuiza (2019) quienes encontraron 6.0 y 1.0% de saturación de aluminio en los primeros 20 cm de profundidad en dos suelos inundables del lago Yarinacocha.

**Figura 13. Saturación de Al cambiante por tratamiento y evaluación.**

#### 4.11. MACROFAUNA DEL SUELO.

La evaluación de la macro fauna del suelo estuvo comprendida por el número total de individuos, lombrices, huevos de lombrices, termitas y hormigas por metro cuadrado se aprecia en el Cuadro 13.

**Cuadro 13. Macrofauna del suelo (ind/ m<sup>2</sup>) por tratamiento al final del ensayo.**

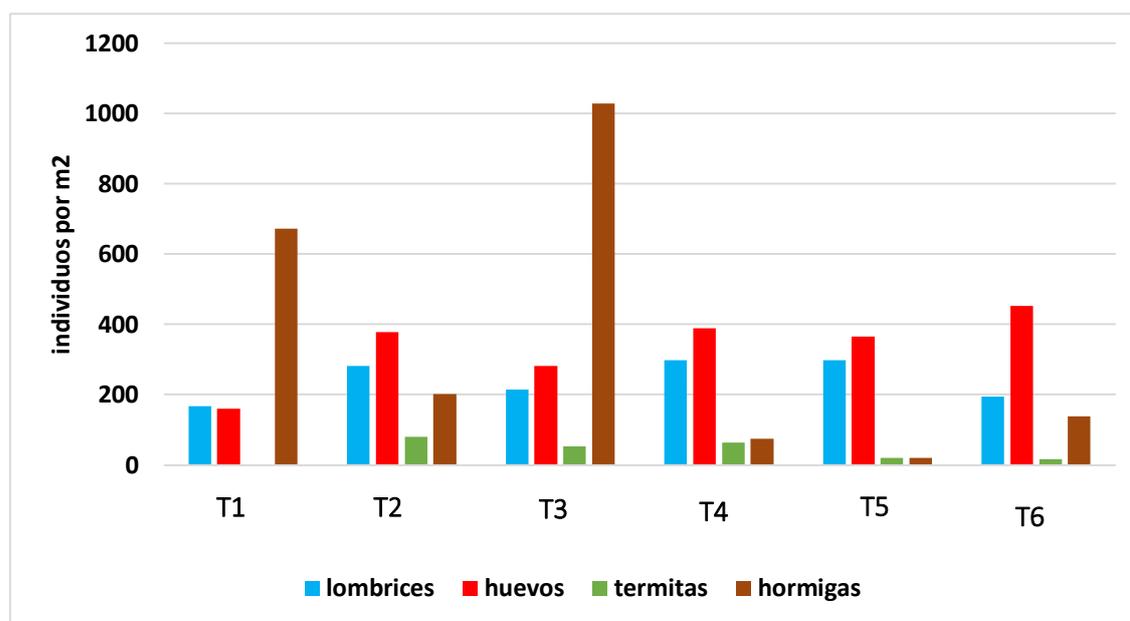
Tratamiento	Total	Lombrices	Huevos	Termitas	Hormigas
Testigo	729.6 a	168 a	160 a	0.0 a	672 ab
Gallinaza	921.6 a	281.6 a	377.6 a	80 a	201.6 b
Gallinaza + 10% EM	1,716 a	212.8 a	281.6 a	52.8 a	1,028 a
Gallinaza + 15% EM	928 a	297.6a	388.8 a	64 a	73,6 c
Gallinaza + 20% EM	772.8 a	297.6 a	366 a	20.8 a	20.8 c
Gallinaza + 25% EM	900.8 a	195.2 a	452.8 a	16 a	137.6 b

\*Letras iguales indican que no hay diferencias entre todos los tratamientos.

Los resultados indican que no hay diferencias significativas entre tratamientos, por efecto de la aplicación de la mezcla gallinaza y microorganismo eficaces, aun cuando para todos los grupos taxonómicos, excepto las hormigas, los mayores valores en el número de individuos por metro cuadrado, corresponden a las concentraciones más altas de EM en combinación con la gallinaza.

Al respecto, Sandi (1998) indica que, la mayor concentración de individuos que conforman la macro fauna del suelo se encuentra en la capa más superficial del suelo (0 a 15 cm), debido a que en esos niveles está la mayor diversidad alimenticia. Por ello y de acuerdo a sus resultados, concluye que el tratamiento a base de la mezcla gramínea/leguminosa fue el que más sobresalió en cuanto a la macrofauna del suelo, obteniéndose 1472 individuos/m<sup>2</sup>; frente a los demás, donde se obtuvieron: 297 y 653 individuos /m<sup>2</sup> para *Torourco* y *Brachiaria decumbens*, cada uno.

En este sentido, Naranjo (2013) sostiene que los efectos de los microorganismos eficaces en la microbiología del suelo son importantes, ya que suprime o controla las poblaciones de microorganismos patógenos que se desarrollan en el suelo por competencia e incrementa la biodiversidad microbiana, generando las condiciones necesarias para que los microorganismos benéficos nativos prosperen.



**Figura 14. Macrofauna del suelo por tratamiento al finalizar el ensayo.**

## V. CONCLUSIONES.

Los tratamientos gallinaza + 10% EM y gallinaza + 15% EM incrementaron el contenido de materia orgánica del suelo, con 2.77 y 2.69% respectivamente.

En cuanto al N total del suelo, todos los tratamientos con gallinaza y EM mostraron diferencias significativas en comparación al testigo cuyos valores fueron de 0.14 y 0.10% para gallinaza + 25% EM y el testigo, respectivamente.

El P disponible del suelo se incrementó en forma significativa con los tratamientos gallinaza + 15% EM, gallinaza + 20% EM y gallinaza + 25% EM, al término del ensayo, con 30.2, 33.1 y 34.1 mg kg<sup>-1</sup> de P, respectivamente en comparación al valor inicial de 6.98 mg/kg<sup>-1</sup> de P.

Los tratamientos gallinaza + 10 y 15% EM incrementaron la concentración inicial de K de 0.21 cmol L<sup>-1</sup> a 0.81 y 0.84 cmol L<sup>-1</sup> respectivamente.

Con respecto a la CICE, se ha determinado una ligera diferencia significativa de los tratamientos combinados gallinaza + 25% EM y gallinaza + 10% EM al registrar valores de 6.56 y 6.24 cmol/L, respectivamente ante los demás tratamientos combinados, pero superiores al testigo y al tratamiento solo con gallinaza.

Las unidades taxonómicas de la macrofauna del suelo en el ensayo fueron escasas por la pobre diversidad vegetal existente en el suelo, sobresaliendo el grupo taxonómico de hormigas en los tratamientos testigo y la mezcla gallinaza + 10% EM.

## **VI. RECOMENDACIONES.**

Aplicar los tratamientos a base de la combinación de gallinaza con microorganismos eficaces, ya que se ha demostrado que incrementan los valores de algunas propiedades físicas y químicas del suelo.

Aplicar los microorganismos eficientes (EM) utilizando otros abonos como vacaza, guano de isla, compost, entre otros.

Probar los tratamientos aplicados con un tipo de cultivo dado para observar su efecto en el crecimiento y en el rendimiento.

## VII. LITERATURA CONSULTADA.

- Cervantes, F. A. 2008. Abonos orgánicos. Consultado on line Disponible en <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR40198.pdf>
- Chávez, A. 2012. Informe de textura de suelo. In curso Edafología Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Ucayali. Pucallpa 11 p.
- Damarys, G. L. 2008. Animales y producción. Citado 10 octubre 2019.
- Díaz, B.; Montero, R.; Lagos, C. 2009. Acción de microorganismos eficientes sobre la actividad de intercambio catiónico en plántulas de acacia (*Acacia melanoxylon*) para la recuperación de un suelo del municipio de Mondoñedo, Cundinamarca, In Revista Colombia Forestal Vol. 12 Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/cofo/v12n1/v12n1a10.pdf>
- Díaz, E. 2008. Edafología. Manual de prácticas. Universidad Nacional de Ucayali. Pucallpa.55 p.
- FUNDASES. 2009. Microorganismos Eficientes (EM). [En línea]. [Citado 10 enero 2017]. Disponible en la World Wide Web: <[http://www.fundases.com/home .php?c=17](http://www.fundases.com/home.php?c=17)
- Gil, A. 2014. Efecto de dos tipos de labranza sobre algunas propiedades físicas y químicas del suelo utilizando cultivo de rabanito y abono foliar bocashi. Tesis para obtener el título de Licenciada en Ciencias ambientales. Universidad Autónoma del Estado de México. 69 p.
- Higa Terou and Parr James F. (2012) Microorganismos en los suelos. Departamento de Agricultura de los EE.UU. Beltsville. Maryland, EE.UU. Consultado en línea. <http://www.iespana.es/em/Manuales/manuales.html>
- Higa, T. 2002. Una Revolución para Salvar la Tierra. Traducción Ma. Del Mar Riera. EM Research Organization. Okinawa. Japón. Versión en español 2002. 352 p
- Jaramillo, D. 2002. Introducción a la Ciencia del Suelo. Universidad Nacional de Medellín. Colombia. 619 p.

- Jiménez, L.; Mezquida, E.; Capa, M.; Rubio, A. 2007. Cambio en las propiedades del suelo por transformación de áreas boscosas en pastizales en Zamora-Chinchipec. Ecuador. In Actas de la III Reunión sobre sistemas agroforestales. Sociedad Española de Ciencias Forestales Madrid. Vol 22:65-70.
- Moriya, K. 2007. Suplemento rural: la gallinaza [En línea]. Paraguay. [Citado 10 octubre 2017]. Disponible en la World Wide Web: <http://www.abc.com.py/suplementos/rural/articulos.php?pid>
- Mosquera, B. 2010. Abonos orgánicos protegen el suelo y garantizan alimentación sana. Estados Unidos de América. Pp. 1-25.
- Mosquera, F. 2017. Variabilidad espacial de propiedades físicas y químicas en un suelo agrícola en el Valle del Mantaro. Tesis para optar el Grado de Magister Scientiae en Suelos. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima 84 p.
- Naranjo, E. 2013. Aplicación de microorganismos para acelerar la transformación de desechos orgánicos en compost. Tesis para la obtención del título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Técnica de Ambato. Ecuador 78 p.
- Pérez, A.; Céspedes, C.; Núñez, P. 2008. Caracterización física química u biológica de enmiendas orgánicas aplicadas en la producción de cultivos en la República Dominicana. J. Soil. Sc. Plant Nutr 8 (4):10-29
- Porta, C.; López A.; Roquero, C. 1994. Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, Cap 2 y 3.
- Porvenir, R. 2008. Suelo, abono y materiales orgánicos (en línea). Bolivia. Consultado 09 de marzo del 2018. Disponible en: <http://www.porvenir.solarquest.com/news/article.asp?id=1521&ssectionid=0>
- Quimbicho, P.; Tenorio, P.; Borja, I.; Cárdenas, P.; Crespo, R.; Célleri. 2012. Efectos sobre las propiedades físicas y químicas de los suelos por el cambio de la cobertura vegetal y uso del suelo: Páramo de Quimsacocha al sur del Ecuador. Artículo Suelos Ecuatoriales 42(2): 138-153.

- Sandy, J. 2015. Caracterización de suelos, y estado nutricional de plantaciones de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq), en los distritos de Campo Verde, Irazola y Curimaná, provincias de Coronel Portillo y Padre Abad, región Ucayali Tesis Ingeniero Agrónomo Universidad Nacional de Ucayali. Pucallpa. 123 p.
- Schwenteisus, R.; Gómez, C.; Blas, B. 2007. México Orgánico. Experiencias, Reflexiones, Propuestas. Universidad Autónoma de Chapingo.
- Tanya, M.; Leiva-Mora, M. 2019. Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador In Revista Ctro. Agr. Vol. 46 No. 2.
- Sandi, J. 1998. Evaluación y Cuantificación de la Macrofauna del suelo en diferentes tipos de pasturas en época lluviosa en Pucallpa. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Ucayali. Pucallpa. 66 p.

## **VIII. ANEXO.**

**Cuadro 14A. ANOVA pH inicial.**

<b>Variables</b>	<b>Grados libertad</b>	<b>Suma cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F calculado</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Tratamientos	5	0.37	0.07	0.49	0.78
Error	12	1.84	0.15		
Total	17	2.21			

CV = 7.7%

 $R^2 = 0.16$ **Cuadro 15A. ANOVA pH final.**

<b>Variables</b>	<b>Grados libertad</b>	<b>Suma cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F calculado</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Tratamientos	5	1.066	0.21	0.89	0.51
Error	12	2.883	0.24		
Total	17	3.950			

CV = 9.45%

 $R^2 = 0.27$ **Cuadro 16A. ANOVA nitrógeno medio.**

<b>Variables</b>	<b>Grados libertad</b>	<b>Suma cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F calculado</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Tratamientos	5	0.002	0.0004	4.22	0.019
Error	12	0.0012	0.0001		
Total	17	0.0033			

CV = 8.18%

 $R^2 = 0.63$

**Cuadro 17A. ANOVA nitrógeno final.**

<b>Variabes</b>	<b>Grados libertad</b>	<b>Suma cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F calculado</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Tratamientos	5	0.0004	0.000009	1.53	0.20
Error	12	0.0007	0.000006		
Total	17	0.0012			

CV = 6.89%

 $R^2 = 0.38$ **Cuadro 18A. ANOVA fósforo medio.**

<b>Variabes</b>	<b>Grados libertad</b>	<b>Suma cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F calculado</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Tratamientos	5	2181.2	436.2	1.43	0.28
Error	12	3655.6	304.6		
Total	17	5836.9			

CV = 63.5%

 $R^2 = 0.37$ **Cuadro 19A. ANOVA fósforo final.**

<b>Variabes</b>	<b>Grados libertad</b>	<b>Suma cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F calculado</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Tratamientos	5	143.5	28.7	0.77	0.59
Error	12	449.6	37.4		
Total	17	593.2			

CV = 18.7%

 $R^2 = 0.24$

**Cuadro 20A. ANOVA potasio medio.**

<b>Variabes</b>	<b>Grados libertad</b>	<b>Suma cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F calculado</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Tratamientos	5	0.016	0.003	0.32	0.89
Error	12	0.122	0.010		
Total	17	0.138			

CV = 12.5%

 $R^2 = 0.11$ **Cuadro 21A. ANOVA potasio final.**

<b>Variabes</b>	<b>Grados libertad</b>	<b>Suma cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F calculado</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Tratamientos	5	0.046	0.009	0.34	0.87
Error	12	0.329	0.027		
Total	17	0.376			

CV = 21.2%

 $R^2 = 0.12$ **Cuadro 22A. ANOVA aluminio medio.**

<b>Variabes</b>	<b>Grados libertad</b>	<b>Suma cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F calculado</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Tratamientos	5	4.57	0.91	39.24	<0.001
Error	12	0.25	0.02		
Total	17	4.85			

CV = 13.7%

 $R^2 = 0.94$

**Cuadro 23A. ANOVA aluminio final.**

<b>Variables</b>	<b>Grados libertad</b>	<b>Suma cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F calculado</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Tratamientos	5	2.44	0.48	0.80	0.57
Error	12	7.34	0.61		
Total	17	9.78			

CV = 63.4%

 $R^2 = 0.24$ **Cuadro 24A. ANOVA CIC medio**

<b>Variables</b>	<b>Grados libertad</b>	<b>Suma cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F calculado</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Tratamientos	5	6.70	1.34	35.59	<0.001
Error	12	0.45	0.03		
Total	17	7.15			

CV = 3.02%

 $R^2 = 0.93$ **Cuadro 25A. ANOVA CIC final.**

<b>Variables</b>	<b>Grados libertad</b>	<b>Suma cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F calculado</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Tratamientos	5	1.41	0.28	0.72	0.61
Error	12	4.78	0.39		
Total	17	6.12			

CV = 10.2%

 $R^2 = 0.23$

**Cuadro 26A. ANOVA saturación aluminio medio.**

<b>Variabes</b>	<b>Grados libertad</b>	<b>Suma cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F calculado</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Tratamientos	5	940.09	188.01	0.76	0.59
Error	12	2970.9	247.57		
Total	17	3911.0			

CV = 73.9%

 $R^2 = 0.24$ **Cuadro 27A. ANOVA saturación aluminio final.**

<b>Variabes</b>	<b>Grados libertad</b>	<b>Suma cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F calculado</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Tratamientos	5	1695.4	339.0	34.1	<0.0001
Error	12	119.01	9.91		
Total	17	1814.4			

CV = 17.3%

 $R^2 = 0.93$ **Cuadro 28A. ANOVA macrofauna total.**

<b>Variabes</b>	<b>Grados libertad</b>	<b>Suma cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F calculado</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Tratamientos	5	1695.4	339.0	34.1	<0.0001
Error	12	119.01	9.91		
Total	17	1814.4			

CV = 17.3%

 $R^2 = 0.93$

**Cuadro 29A. ANOVA macrofauna lombrices.**

<b>Variabes</b>	<b>Grados libertad</b>	<b>Suma cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F calculado</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Tratamientos	5	1695.4	339.0	34.1	<0.0001
Error	12	119.01	9.91		
Total	17	1814.4			

CV = 17.3%

 $R^2 = 0.93$ **Cuadro 30A. ANOVA macrofauna huevos de lombrices.**

<b>Variabes</b>	<b>Grados libertad</b>	<b>Suma cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F calculado</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Tratamientos	5	1695.4	339.0	34.1	<0.0001
Error	12	119.01	9.91		
Total	17	1814.4			

CV = 17.3%

 $R^2 = 0.93$ **Cuadro 31A. ANOVA macrofauna termitas.**

<b>Variabes</b>	<b>Grados libertad</b>	<b>Suma cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F calculado</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Tratamientos	5	1695.4	339.0	34.1	<0.0001
Error	12	119.01	9.91		
Total	17	1814.4			

CV = 17.3%

 $R^2 = 0.93$

**Cuadro 32A. ANOVA macrofauna hormigas.**

<b>Variables</b>	<b>Grados libertad</b>	<b>Suma cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F calculado</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Tratamientos	5	1695.4	339.0	34.1	<0.0001
Error	12	119.01	9.91		
Total	17	1814.4			

CV = 17.3%

 $R^2 = 0.93$

 <b>PERÚ</b>		<b>Ministerio de Agricultura y Riego</b>		<b>Instituto Nacional de Innovación Agraria</b>		<b>Estación Experimental Agraria Pucallpa</b>	
<b>ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y ABONOS</b>							
Solicitante:	Gelen Nataly Arbildo Gonzales			Fecha muestreo:	14/12/2018		
Procedencia:	UNU			Fecha Recepción:	17/12/2018		
Dirección Legal:	UNU			Fecha Resultado:	20/12/2018		
Solicitud Ingreso:	SU00046EEAP-2018			Tipo Muestra:	Suelo		
Ensayo Solicitado:	Caracterización			Cultivo Anterior:	N/D		
Código : 367	MS-01			Cultivo a Instalar:	N/D		
Muestreado por:	El Solicitante			Edad del cultivo:	N/D		

ANÁLISIS TEXTURAL						
Profundidad Suelo (m.)	Profundidad (cm.)	Arena	Arcilla	Limo	Clase Textural	Densidad Aparente (gr/cm <sup>3</sup> )
0.20	0-20	36.24%	28.32%	35.44%	Franco Arcilloso	1.35

ANÁLISIS DE FERTILIDAD									
	pH	M.O (%)	N (%)	Fósforo (p.p.m.)	Aluminio (Cmol <sup>(+)</sup> /Lt.)	Potasio (Cmol <sup>(+)</sup> /Lt.)	Calcio (Cmol <sup>(+)</sup> /Lt.)	Magnesio (Cmol <sup>(+)</sup> /Lt.)	Bases Totales (Cmol <sup>(+)</sup> /Lt.)
VALORES	4.87	2.39	0.11	6.85	1.30	0.21	1.20	0.54	1.95

OTRAS DETERMINACIONES QUIMICAS			
Valor Calculado	Conductividad Eléctrica milimhos/cm a 25°C	CICE (meq/100 g)	% de Saturación de Al
	0.05		
Interpretación	No salino. Efecto de salinidad casi nulo	3.25	40.00%

RELACIONES ENTRE CATIONES				
	Ca / Mg	Mg / K	Ca / K	(Ca + Mg) / K
VALORES	2.21	2.59	5.71	8.30

L. Yanqui

**METODOLOGIA:** Métodos analíticos para suelos y tejido vegetal usados en el trópico húmedo: Autores, Q.F. Olinda Ayre V. y Q.F. Rafael Román Lima - Perú 1992

pH : Suelo/agua : 1:2.5                      Ca, Mg : Extrac. KCL  
 CC : Nelson & Sommers                      K, P : Extrac. NaHCO<sub>3</sub>-EDTA-SUPERFLOC  
 P : Olsen Modificado                         K, Ca, Mg : Absorción Atómica  
 D. Apr. : Soil texture triangle hydraulic properties calculator

**LAYO**



**Instituto Nacional de Innovación Agraria**  
**Estación Experimental Agraria Pucallpa**

*Dr. Beatriz Sales Davila*  
**Responsable**  
**Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Abonos**

www.inia.gob.pe

Carretera Federico Basadre km 4  
 Pucallpa, Ucayali, Perú  
 T: (061) 571-913  
 E: pucallpa@inia.gob.pe

**Figura 15A. Análisis de muestra de suelo inicial.**

	<b>PERÚ</b>	<b>Ministerio de Agricultura</b>	<b>Instituto Nacional de Innovación Agraria</b>	<b>Estación Experimental Agraria Pucallpa</b>					
<b>Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Abonos</b>									
Solicitante: Gelen Nataly Arbildo Gonzales			Tipo de Análisis: Químico						
Tipo de Muestra: Suelo			Colector: El Solicitante						
Dirección: C.F.B. Km 6.200			Procedencia: UNU						
Fecha de Muestreo: 19/02/2019			Fecha de Ingreso: 22/02/2019						
Fecha de Emisión de Resultados: 28/02/2019									
<b>RESULTADO DE ANALISIS MEDIO</b>									
N°	Código	pH (H2O)	N (%)	P (ppm)	K (Cmol/kg)	Al (Cmol/kg)	CICE (Cmol/kg)	MO (%)	Dap
1	T1R1	5.45	0.1	18.77	0.71	1.4	5.46	2.21	1.38
2	T1R2	4.56	0.1	14.11	0.79	1.7	5.12	2.13	1.31
3	T1R3	4.98	0.11	29.48	0.85	1.7	5.34	2.43	1.38
4	T2R1	5.3	0.11	66.78	0.77	1.9	6.12	2.32	1.35
5	T2R2	5.29	0.13	63.13	0.83	1.8	6.24	2.43	1.38
6	T2R3	4.38	0.1	6.55	0.65	2.3	5.76	2.28	1.38
7	T3R1	4.68	0.12	13.61	0.65	0.9	6.81	2.55	1.31
8	T3R2	5.6	0.13	15.75	0.78	0.8	6.75	2.51	1.31
9	T3R3	4.83	0.12	22.18	0.98	0.9	6.89	2.66	1.38
10	T4R1	5.01	0.14	23.94	0.83	0.7	6.87	2.59	1.47
11	T4R2	4.79	0.13	8.19	0.81	0.9	6.45	2.44	1.38
12	T4R3	5.15	0.13	11.47	0.88	0.8	6.57	2.49	1.47
13	T5R1	4.95	0.13	29.86	0.78	0.9	6.66	2.54	1.35
14	T5R2	4.76	0.14	13.36	0.84	0.7	6.62	2.41	1.39
15	T5R3	5.5	0.11	49.52	0.84	0.6	6.17	2.51	1.35
16	T6R1	5.27	0.13	28.1	0.94	0.6	7.13	2.54	1.39
17	T6R2	5.36	0.14	52.67	0.68	0.7	7.23	2.69	1.47
18	T6R3	5.55	0.13	27.22	0.86	0.7	7.31	2.57	1.39

pH : Método del potenciómetro suelo/agua 1:2,5  
CO : Nelson & Sommers x 1.724  
Al : Extracción KCL  
K : Extracción de Bicarbonato pH 8,5-EDTA-Superfloc  
K : Espectrofotometría Absorción Atómica



*Dr. Beatriz Sales Dávila*  
**Dr. Beatriz Sales Dávila**  
RESPONSABLE  
LABORATORIO DE ANALISIS DE  
SUELOS Y TEJIDOS VEGETALES

Carretera Federico Basadre Km 4.00, Casilla N° 203, Pucallpa- Perú  
Teléfono: (511) 061 57-1913 / Telefax: 061 57-5009, <http://www.inia.gob.pe>, e-mail: [pucallpa@inia.gob.pe](mailto:pucallpa@inia.gob.pe)

**Figura 16A. Análisis de muestra de suelo medio.**

	PERÚ	Ministerio de Agricultura	Instituto Nacional de Innovación Agraria		Estación Experimental Agraria Pucallpa				
			<b>Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Abonos</b>						
Solicitante: Gelen Nataly Arbildo Gonzales			Tipo de Análisis: Químico						
Tipo de Muestra: Suelo			Colector: El Solicitante						
Dirección: C.F.B. Km 6.200			Procedencia: UNU						
Fecha de Muestreo: 19/04/2019			Fecha de Ingreso: 23/04/2019						
Fecha de Emisión de Resultados: 30/04/2019									
<b>RESULTADO DE ANALISIS FINAL</b>									
N°	Código	pH (H2O)	N (%)	P (ppm)	K (Cmol/kg)	Al (Cmol/kg)	CICE (Cmol/kg)	MO (%)	Dap
1	T1R1	5.55	0.12	39.45	0.94	0.7	6.74	2.68	1.38
2	T1R2	4.52	0.1	38.56	0.68	2.1	5.28	2.23	1.31
3	T1R3	5.34	0.12	34.12	0.86	0.8	6.22	2.56	1.38
4	T2R1	5.3	0.11	33.62	0.77	0.9	6.7	2.51	1.35
5	T2R2	5.63	0.11	43.38	0.93	0.7	6.46	2.47	1.38
6	T2R3	4.23	0.1	21.06	0.43	3.2	5.25	2.28	1.38
7	T3R1	5.18	0.12	21.44	0.53	0.7	6.57	2.77	1.31
8	T3R2	5.71	0.13	35.01	0.92	0.8	6.48	2.84	1.31
9	T3R3	5.38	0.12	29.05	0.98	0.9	5.67	2.7	1.38
10	T4R1	5.59	0.12	26.26	0.9	0.9	6.76	2.77	1.47
11	T4R2	4.8	0.11	32.22	0.81	1.8	5.77	2.49	1.38
12	T4R3	4.8	0.11	32.22	0.81	1.8	5.77	2.49	1.47
13	T5R1	4.64	0.1	32.47	0.6	1.8	5.06	2.25	1.35
14	T5R2	4.43	0.11	35.64	0.71	2.4	5.6	2.39	1.39
15	T5R3	5.51	0.12	31.08	0.84	0.6	6.17	2.58	1.35
16	T6R1	5.53	0.11	30.44	0.71	0.6	6.15	2.49	1.39
17	T6R2	5.59	0.12	40.21	0.79	0.8	6.33	2.72	1.47
18	T6R3	5.63	0.11	31.84	0.85	0.7	7.21	2.79	1.39

pH : Método del potenciómetro suelo/agua 1:2,5  
CO : Nelson & Sommers x 1.724  
Al : Extracción KCL  
K : Extracción de Bicarbonato pH 8,5-EDTA-Superfloc  
K : Espectrofotometría Absorción Atómica



*Dr. Beatriz Sales Dávila*  
**Dr. Beatriz Sales Dávila**  
RESPONSABLE  
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE  
SUELOS Y TEJIDOS VEGETALES

Carretera Federico Basadre Km 4.00, Casilla N° 203, Pucallpa-Perú  
Teléfono: (511) 061 57-1913 / Telefax: 061 57-5009, <http://www.inia.gob.pe>, e-mail: [pucallpa@inia.gob.pe](mailto:pucallpa@inia.gob.pe)

Figura 17A. Análisis de muestra de suelo final.



EM Research Organization  
2440 N. Coyote Dr # 125 • Tucson, AZ 85745 • U.S.A  
TEL: +1 (520) 820 - 9282 e-mail: keita\_k@emro.co.jp

## CERTIFICADO DE CALIDAD SOLUCIONES DE MICROORGANISMOS EFICACES (EM™)

EM•Compost ®  
21 de Noviembre, 2017

A quien corresponda:

La oficina Interamerica de EM Research Organization, Inc., localizada en Tucson, Arizona certifica que las soluciones de EM™, materia prima para la fabricación de los productos de EM™ usados en agricultura y programas ambientales, tienen las siguientes características.

Tipos de Microorganismos	Cantidad (CFU/mL)
Bacterias Acidolácticas	> 6.0 x 10 <sup>5</sup>
Bacterias Fototróficas	> 4.0 x 10 <sup>5</sup>
Levadura	> 3.0 x 10 <sup>4</sup>

Estos microorganismos NO han sido genéticamente modificados ó sintetizados en laboratorio.

### Control de Calidad:

Lote: LA1PE123-209-18

F. P.: Nov.-2017

F. V.: Dic.-2020

### Metodología de Análisis

- Bacteria Acidoláctica: ISO 15214-1998(MRS Agar plate count)
- Bacteria Fototrófica: Método Vanelslander (SA Agar plate count)
- Levadura: ISO 7954-1987

- Aerobic Plate Count: FDA-BAM
- Salmonella: PCR-BAX AOAC 2003.09
- Coliform Count: Petrifilm AOAC
- E.coli Count: Petrifilm AOAC
- Mold Count: FDA-BAM

EM Research Organization Inc. certifica que todo producto EM•Compost® elaborado en el futuro, hasta que se notifique de otra manera, contendrá únicamente estos organismos en el momento de hacerse disponible para su uso y será de la misma calidad. A su vez, cada batch de materia prima y producto final es sometido a laboratorios independientes para analisis de bacterias patógenas como Salmonella, coliformes fecales, Shigella, Staphylococcus sp., Streptococcus sp., Escherichia coli y presencia de mohos.

Considérese esta información como la más reciente proporcionada por nuestra organización; por lo tanto, este certificado invalida todos los emitidos anteriormente por la misma.

Este certificado es válido hasta el 31 de Diciembre, 2018.

**Keita Kojima**

Executive Director

EM Research Organization, Inc.

Interamerica Branch Office

**Figura 18A. Certificado de calidad de soluciones de microorganismos eficaces (EM™).**



**Figura 19A. Muestra de suelo Inicial en proceso de secado, sin aplicación de ningún tratamiento.**



**Figura 20A. Muestra inicial para ser llevado al laboratorio de suelos, donde ha sido analizado.**



**Figura 21A. Trazado de terreno.**



**Figura 22A. Estaqueando el terreno para el respectivo trabajo de investigación.**



**Figura 23A. Sacos de gallinaza, para el respectivo trabajo se investigación.**



**Figura 24A. Pesado de gallinaza (20 kg).**



**Figura 25A. Aplicación de la gallinaza al suelo.**



**Figura 26A. Aplicación de EM al suelo sobre la gallinaza.**



**Figura 27A. Control de malezas.**



**Figura 28A. Sacando muestra de suelo a los 30 días después de la primera aplicación.**



**Figura 29A. EM Listo para ser aplicado al suelo.**



**Figura 30A. Preparando muestra de suelo para su análisis final.**



**Figura 31A. Muestreo para la evaluación de macro fauna del suelo por cada tratamiento.**