

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL EN INGENIERÍA DE CONSERVACIÓN DE
SUELOS Y AGUA



EFFECTO DEL COMPOST Y EM (*Microorganismos Eficientes*) EN LA CALIDAD DEL
SUELO DEL *Theobroma cacao* L. (cacao) EN EL CASERÍO LA FLORIDA,
CASTILLO GRANDE, LEONCIO PRADO.

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA

PRESENTADO POR:

Bach. VILLAR SANTAMARIA NOLVERTA ELISA

Tingo María – Perú.

2023



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María- Perú
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS N°095-2023-FRNR-UNAS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 19 de setiembre de 2023, a horas 7:00 p.m. de la Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Aguas de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:

“EFECTO DEL COMPOST Y EM (*Microorganismos Eficientes*) EN LA CALIDAD DEL SUELO DEL *Theobroma cacao* L. (Cacao) EN EL CASERÍO LA FLORIDA, CASTILLO GRANDE, LEONCIO PRADO”

Presentado por la Bachiller: **VILLAR SANTAMARIA, NOLVERTA ELISA**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“MUY BUENA”**.

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA** que será aprobado por el Consejo de Facultad, Tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título Correspondiente.

Tingo María, 07 de noviembre de 2023

Dr. JOSE DOLORES LÉVANO CRISÓSTOMO
PRESIDENTE

Ing. M. Sc. SANDRO RUIZ CASTRE
MIEMBRO

Ing. M. Sc. OSCAR CABEZAS HUAYLLAS
MIEMBRO

Dr. NELINO FLORIDA ROFNER
ASESOR





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE INVESTIGACIÓN - DGI
REPOSITORIO INSTITUCIONAL - UNAS

Correo: repositorio@unas.edu.pe



“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 322 - 2023 - CS-RIDUNAS

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

CERTIFICA QUE:

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

Programa de Estudio:

Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de investigación	
-------	---	--------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
EFFECTO DEL COMPOST Y EM (Microorganismos Eficientes) EN LA CALIDAD DEL SUELO DEL Theobroma cacao L. (cacao) EN EL CASERÍO LA FLORIDA, CASTILLO GRANDE, LEONCIO PRADO.	VILLAR SANTAMARIA NOLVERTA ELISA	20 % Veinte

Tingo María, 29 de noviembre de 2023



Dr. Tomas Menacho Mallqui
DIRECTOR

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL EN INGENIERÍA DE CONSERVACIÓN DE
SUELOS Y AGUA



**EFFECTO DEL COMPOST Y EM (*Microorganismos Eficientes*) EN LA CALIDAD DEL
SUELO DEL *Theobroma cacao* L. (cacao) EN EL CASERÍO LA FLORIDA,
CASTILLO GRANDE, LEONCIO PRADO.**

Autor : Bach. VILLAR SANTAMARIA NOLVERTA ELISA
Asesor : Dr. NELINO FLORIDA ROFNER
Programa de investigación : Ciencias básicas
Línea de investigación : Física y Química de Suelos
Eje temático de investigación: Manejo de abonos orgánicos
Lugar de ejecución : Caserío La Florida – Castillo Grande
Duración : 1 año
Financiamiento : Propio

Tingo María – Perú

2023

VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
OFICINA DE INVESTIGACION



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

REGISTRO DE TESIS PARA LA OBTENCION DEL
TITULO UNIVERSITARIO, INVESTIGACIÓN DOCENTE
Y TESISTA

(Resol. N° 113-2019-CU-R-UNAS)

I. Datos Generales de Pregrado

Universidad	:	Universidad Nacional Agraria de la Selva.
Facultad	:	Facultad de Recursos Naturales Renovables
Título de tesis	:	Efecto del compost y EM (Microorganismos Eficientes) en la calidad del suelo del <i>Theobroma cacao</i> L. (cacao) en el caserío la florida, castillo grande, leoncio prado.
Autor	:	Villar Santamaria, Nolverta Elisa.
Asesor de tesis	:	Dr. Florida Rofner, Nelino
Escuela Profesional	:	Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua
Programa de investigación	:	Ciencias básicas.
Línea(s) de investigación	:	Física y Química de Suelos
Eje Temático	:	Manejo de abonos orgánicos
Lugar de ejecución	:	Caserío La Florida – Castillo Grande
Duración	:	Inicio : Marzo 2022 Término : Febrero 2023
Financiamiento	:	FEDU : S/0.00 Propio : S/ S/. 9 890,00 Otros : S/.0.00

Tingo María, Perú, agosto 2022.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Elisa Villar'.

Villar Santamaria, Nolverta Elisa

Tesista

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Nelino Rofner'.

Dr. Nelino, Florida Rofner

Asesor

DEDICATORIA

Al Dios altísimo que me dio una familia maravillosa, la fortaleza, y el sentido de la vida, para lograr mis objetivos.

A mi madre, Elsa Santamaría Sabino por sus consejos, apoyo incondicional, moral y económica que hicieron posible culminar con éxito mi carrera profesional.

A mi papá, Zacarías Villar Eugenio que en paz descansa, gracias por todos los consejos y gratos momentos, su amor y cariño que nos brindó.

A mi pareja Gabriel Chaupis Chenett, por el apoyo incondicional en los momentos más duros a lo largo de mi carrera profesional.

A mis queridos hermanos, Emer, Rusbel y Tito y amigos, por el apoyo que me han brindado y sus valiosos, consejos, durante esta etapa de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Mi sincero agradecimiento a Dios y a todas las personas que han colaborado en la culminación del presente trabajo, entre ellos:

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva por haberme dado la oportunidad de lograr mi formación profesional.

A mi mamá Elsa Santamaría Sabino, por su incondicional apoyo moral y económico, que hicieron posible culminar mi carrera profesional y mi trabajo de investigación con éxito, mi papá Zacarías Villar Eugenio que siempre fue mi fuerza para seguir adelante y lograr todos mis objetivos.

Al Ing. Nelino Florida Rofner, por su amistad y asesoramiento en el desarrollo del presente trabajo de investigación.

A mi hermano Emer David Villar Santamaría por apoyarme incondicionalmente en la culminación de mi carrera y la tesis.

A mis amigos, colegas y a mi esposo Gabriel Alejandro Chaupis Chenett, por el apoyo en el desarrollo y la culminación de mi trabajo de investigación.

A los docentes de la Facultad de Recursos y de la especialidad de Conservación de Suelos y Agua· quienes me han formado con sus enseñanzas teóricas y prácticas a lo largo de mi carrera universitaria.

ÍNDICE

Título	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivo general.....	2
1.2 Objetivos específicos.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Abonos orgánicos.....	3
2.1.1 Propiedades de los abonos orgánicos.....	3
2.1.2 Efecto de los abonos orgánicos en propiedades físicas del suelo.....	3
2.1.3 Efecto del abono orgánico sobre propiedades químicas del suelo.....	4
2.1.4 Tipos de abonos orgánicos.....	4
2.2. Compost.....	5
2.3. Microorganismos eficientes (ME).....	7
2.4. Aplicación combinada de Compost y E.M.....	8
2.5. Propiedades generales del suelo	10
2.5.1 Propiedades físicas.....	10
2.5.2 Propiedades químicas.....	11
2.6. El Cacao.....	13
2.6.1. Origen del cacao.....	13
2.6.2. Distribución del cacao.....	13
2.6.3. Género Theobroma.....	13
2.6.4. Diversidad y variabilidad genética.....	14
2.6.5. Condiciones edafoclimáticas para el cultivo de cacao CCN51-cacao	15
2.6.6. Producción de cacao.....	16
2.6.7. Exigencia de suelo por el Theobroma cacao L.....	16
2.6.8. Fertilización.....	17
2.7. Estado del arte de investigación.....	18
2.7.1. Antecedentes a nivel internacional.....	18
2.7.2. Antecedentes a nivel nacional	19
2.7.3. Antecedentes a nivel local.....	22
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
3.1 Lugar de ejecución.....	23
3.1.1. Ubicación.....	23
3.1.2. Características agrológicas del área de estudio.....	23

3.2 Materiales y equipos.....	24
3.2.1 Materiales de campo.....	24
3.3.2 Materiales de laboratorio.....	24
3.3.3 Equipos de campo.....	24
3.3.4 Equipos de laboratorio.....	24
3.3 Metodología.....	24
3.3.1 Tipo y nivel de investigación.....	24
3.3.2 Diseño de la investigación.....	24
3.4 Sobre el área de estudio.....	25
3.5 Aplicación de tratamientos y muestreo de campo.....	26
3.6 Determinación de las propiedades físicas y químicas del suelo con plantación de T. cacao, Densidad Aparente (Da), Textura, resistencia a la penetración (Rp), MO, pH, N, K, P, Ca, CIC, Mg y Al.....	27
3.7 Análisis estadístico.....	28
3.8 Población y muestra.....	28
3.8.1 Población.....	28
3.8.2 Muestra.....	28
3.8.3 Unidad de análisis.....	28
3.9 Variables.....	29
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
4.1 Indicadores físicos del suelo.....	30
4.2 Indicadores químicos del suelo.....	32
V. CONCLUSIONES.....	43
VI. PROPUESTAS A FUTURO.....	44
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45
VIII. ANEXOS.....	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Criterios de calidad del compost de la OMS	7
2. Principales indicadores de calidad de la FAO.....	7
3. Formulaciones para fertilización en cacao.....	17
4. Diseño del campo experimental.....	25
5. Descripción de los tratamientos.....	27
6. Indicadores físicos.....	27
7. Indicadores químicos.....	28
8. Estadística descriptiva para el indicador Da, según tratamientos.....	30
9. Estadística descriptiva para el indicador Arena, según tratamientos.....	30
10. Estadística descriptiva para el indicador Limo, según tratamientos.....	31
11. Estadística descriptiva para el indicador Arcilla, según tratamientos.....	31
12. Estadística descriptiva para el indicador Rp, según tratamientos.....	32
13. Estadística descriptiva para el indicador pH, según tratamientos.....	32
14. Estadística descriptiva para el indicador químico MO, según tratamientos.....	33
15. Estadística descriptiva para el indicador químico N, según tratamientos.....	33
16. Estadística descriptiva para el indicador químico P, según tratamientos.....	34
17. Estadística descriptiva para el indicador químico K, según tratamientos.....	34
18. Estadística descriptiva para el indicador químico Ca, según tratamientos.....	35
19. Estadística descriptiva para el indicador químico Mg, según tratamientos.....	35
20. Estadística descriptiva para el indicador químico CIC, según tratamientos.....	35
21. Estadística descriptiva para el indicador químico Al, según tratamientos.....	36
22. Comparaciones múltiples HSD Tukey del indicador MO.....	36
23. Comparaciones múltiples HSD Tukey del indicador N.....	37
24. Comparaciones múltiples HSD Tukey del indicador P.....	37
25. Comparaciones múltiples HSD Tukey del indicador K.....	38
26. Comparaciones múltiples HSD Tukey del indicador Ca.....	38
27. Comparaciones múltiples HSD Tukey del indicador Mg.....	39
28. Comparaciones múltiples HSD Tukey del indicador CIC.....	39
29. Análisis de varianza para el indicador Arena (1era aplicación).....	54
30. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador Arena (1era aplicación).....	54
31. Análisis de varianza para el indicador Limo (1era aplicación).....	55

32. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador limo (1era aplicación).....	55
33. Análisis de varianza para el indicador Arcilla (1era aplicación).....	55
34. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador Arcilla (1era aplicación).....	56
35. Análisis de varianza para el indicador Da (1era aplicación).....	56
36. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador Da (1era aplicación).....	56
37. Análisis de varianza para el indicador Rp (1era aplicación).....	57
38. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador Rp (1era aplicación).....	57
39. Análisis de varianza para el indicador pH (1era aplicación).....	57
40. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador pH (1era aplicación).....	58
41. Análisis de varianza para el indicador M.O (1era aplicación).....	58
42. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador M.O (1era aplicación).....	58
43. Análisis de varianza para el indicador N (1era aplicación).....	59
44. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador N (1era aplicación).....	59
45. Análisis de varianza para el indicador P (1era aplicación).....	59
46. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador P (1era aplicación).....	60
47. Análisis de varianza para el indicador K (1era aplicación).....	60
48. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador K (1era aplicación).....	60
49. Análisis de varianza para el indicador Ca (1era aplicación).....	61
50. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador Ca (1era aplicación).....	61
51. Análisis de varianza para el indicador Mg (1era aplicación).....	61
52. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador Mg (1era aplicación).....	62
53. Análisis de varianza para el indicador CIC (1era aplicación).....	62
54. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador CIC (1era aplicación).....	62
55. Análisis de varianza para el indicador Al (1era aplicación).....	63
56. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador Al (1era aplicación).....	63
57. Análisis de varianza para el indicador Da (2da aplicación).....	63
58. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador Da (2era aplicación).....	64
59. Análisis de varianza para el indicador Arena (2da aplicación).....	64
60. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador Arena (2da aplicación).....	64
61. Análisis de varianza para el indicador Limo (2da aplicación).....	65
62. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador Limo (2da aplicación).....	65
63. Análisis de varianza para el indicador Arcilla (2da aplicación).....	65
64. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador Arcilla (2da aplicación).....	66
65. Análisis de varianza para el indicador Rp (2da aplicación).....	66

66. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador Rp (2da aplicación).....	66
67. Análisis de varianza para el indicador pH (2da aplicación).....	67
68. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador pH (2da aplicación).....	67
69. Análisis de varianza para el indicador M.O (2da aplicación).....	67
70. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador M.O (2da aplicación).....	68
71. Análisis de varianza para el indicador N (2da aplicación).....	68
72. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador N (2da aplicación).....	68
73. Análisis de varianza para el indicador P (2da aplicación).....	69
74. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador P (2da aplicación).....	69
75. Análisis de varianza para el indicador K (2da aplicación).....	69
76. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador K (2da aplicación).....	70
77. Análisis de varianza para el indicador Ca (2da aplicación).....	70
78. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador Ca (2da aplicación).....	70
79. Análisis de varianza para el indicador Mg (2da aplicación).....	71
80. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador Mg (2da aplicación).....	71
81. Análisis de varianza para el indicador CIC (2da aplicación).....	71
82. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador CIC (2da aplicación).....	72
83. Análisis de varianza para el indicador Da (3era aplicación).....	72
84. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador Da (3era aplicación).....	72
85. Análisis de varianza para el indicador Arena (3era aplicación).....	73
86. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador Arena (3era aplicación).....	73
87. Análisis de varianza para el indicador Limo (3era aplicación).....	73
88. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador limo (3era aplicación).....	74
89. Análisis de varianza para el indicador Arcilla (3era aplicación).....	74
90. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador Arcilla (3era aplicación).....	74
91. Análisis de varianza para el indicador Rp (3era aplicación).....	75
92. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador Rp (3era aplicación).....	75
93. Análisis de varianza para el indicador pH (3era aplicación).....	75
94. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador pH (3era aplicación).....	76
95. Análisis de varianza para el indicador M.O (3era aplicación).....	76
96. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador M.O (3era aplicación).....	76
97. Análisis de varianza para el indicador N (3era aplicación).....	77
98. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador N (3era aplicación).....	77
99. Análisis de varianza para el indicador P (3era aplicación).....	77

100.	Análisis de post-hoc Tukey para el indicador P (3era aplicación).....	78
101.	Análisis de varianza para el indicador K (3era aplicación).....	78
102.	Análisis de post-hoc Tukey para el indicador K (3era aplicación).....	78
103.	Análisis de varianza para el indicador Ca (3era aplicación).....	79
104.	Análisis de post-hoc Tukey para el indicador Ca (3era aplicación).....	79
105.	Análisis de varianza para el indicador Mg (3era aplicación).....	79
106.	Análisis de post-hoc Tukey para el indicador Mg (3era aplicación).....	80
107.	Análisis de varianza para el indicador CIC (3era aplicación).....	80
108.	Análisis de post-hoc Tukey para el indicador CIC (3era aplicación).....	80
109.	Análisis de varianza para el indicador Al (3era aplicación).....	81
110.	Análisis de post-hoc Tukey para el indicador Al (3era aplicación).....	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Ubicación del área de estudio	24
2. Diseño de la unidad experimental y selección aleatoria de plantas a evaluar.....	25
3. Identificación del terreno.....	52
4. Identificación de las unidades experimentales.....	52
5. Extracción de muestra general del suelo.....	53
6. Aplicación del comopost.....	53
7. Extracción y secado de las muestras a los 30 días de la 1° aplicación.....	54
8. Resultado del análisis general al inicio de la investigación.....	82
9. Resultado del análisis después de 90 días de la primera aplicación.....	83
10. Resultado del análisis después de 90 días de la segunda aplicación.....	84
11. Resultado del análisis después de 90 días de la tercera aplicación.....	85
12. Resultado del análisis químico aplicado en la investigación.....	86

RESUMEN

El Perú sigue siendo el noveno productor mundial y es el segundo mayor productor de cacao orgánico. La aplicación de fertilizantes naturales es una técnica para conservar la fertilidad del suelo en los cultivos, como: el estiércol de animal y el compost adicionando los microorganismos eficientes (EM). Por ello, la investigación evaluó el efecto del compost y EM en la calidad del suelo del *T. cacao* en el Caserío La Florida, Castillo Grande, Leoncio Prado. Investigación experimental puro, con ajuste estadístico de Diseño de Bloques Completos al Azar (DCA). Los tratamientos fueron: T1(testigo), T2(Compost), T3(ME 10%) y T4(Compost + ME), con 4 repeticiones por tratamiento. Se instalaron 16 unidades experimentales (conformado por 6 plantas de *T. cacao*). Se evaluaron indicadores físicos: textura, resistencia a la penetrabilidad y densidad aparente, indicadores químicos: pH, MO, N, P, K, Ca, Mg, CIC y Al. Los resultados, no muestran diferencias significativas para la textura, densidad aparente y resistencia a la penetrabilidad. Los indicadores químicos evaluados todos presentan diferencias altamente significativas, excepto, pH. Además, el T4 (compost + ME) presentan valores de pH que se encuentran en muy ácido y ácido, niveles bajo y medios en MO, P y N, niveles medios en K, Ca y Mg y *niveles bajos en CIC*. Con los datos obtenidos se concluye, que el T4 (compost + ME) es el mejor tratamiento con valores más altos en las 3 aplicaciones, siendo una alternativa sostenible para los cultivos al mostrar efectos positivos mejorando los indicadores fisicoquímicos con el tiempo.

Palabras claves: abono orgánico, calidad, altamente significativo, sostenible y alternativa.

The Effect of Compost and E.M. (*Efficient Microorganisms*) on the Quality of the Soil with *Theobroma cacao* L. (Cacao) on the La Florida Homestead, Castillo Grande, Leoncio Prado

Abstract

Peru continues to be the ninth [largest] producer worldwide and the second largest producer of organic cacao. The application of natural fertilizers, such as: animal manure and compost with efficient microorganisms (EM) added, is a technique to conserve the fertility of the soil for the crops. Thus, the research evaluated the effect of compost and EM on the quality of the soil with *T. cacao* on the La Florida homestead in Castillo Grande, Leoncio Prado, [Peru]. The research was purely experimental, statistically adjusted to the completely randomized block design (CRBD; DBCA in Spanish). The treatments were: T1 (control), T2 (compost), T3 (EM 10%), and T4 (compost + EM), with four repetitions per treatment. Sixteen experimental units were installed (made up of six *T. cacao* plants). Physical indicators were evaluated: texture, penetration resistance, and apparent density; and chemical indicators: pH, OM (MO in Spanish), N, P, K, Ca, Mg, CEC (CIC in Spanish), and Al. The results did not reveal significant differences for the texture, apparent density, and penetration resistance. The chemical indicators evaluated all presented highly significant differences with the exception of the pH. Moreover, T4 (compost + EM) presented pH values that were found to be between very acidic and acidic; low and average levels of OM, P, and N; average levels of K, Ca, and Mg; and low levels of CEC. With the data obtained it was concluded that T4 (compost + EM) was the best treatment with the highest values for the three applications, [thus], being a good sustainable alternative for the crops as it proved to have positive effects, improving the physicochemical indicators over time.

Keywords: organic fertilizer, quality, highly significant, sustainable, alternative

I. INTRODUCCIÓN

La producción de cacao en granos genera más de 11 millones de jornales al año con un valor de US\$ 266 millones en el área de exportación, principalmente al mercado europeo. Países como: Holanda y Bélgica son los que más importan granos del Perú. En el 2021 La Organización Internacional del Cacao [ICCO], ha estimado un rendimiento récord mundial de 5 024,000 toneladas, un 6,3% más en la campaña 2020-2021. Es la primera vez que se encuentra por encima de los 5 millones de toneladas, gracias a las condiciones climáticas que han mejorado en las principales regiones productoras. El cacao se cultiva en 16 de los 24 departamentos del Perú, en el Perú la región de San Martín se destaca como el principal productor de la región de 48,4 mil toneladas (35,6% de participación). Seguidamente se encuentra Junín con 25,5 mil toneladas (18,8%). Ucayali 17,000 toneladas (12,5%); de igual forma Huánuco y Cusco con 13,000 toneladas y 10,000 toneladas, respectivamente. Cabe resaltar que El Perú sigue siendo el noveno productor mundial de granos de cacao y el segundo productor mundial de cacao orgánico.

El uso y manejo inadecuado del recurso suelo para la producción agrícola, combinado con el abuso de agroquímicos a nivel mundial, ha causado grandes daños al medio ambiente, que se refleja en la disminución biológica y pérdida de las condiciones productivas, poniendo en peligro la seguridad alimentaria de la sociedad. El daño más común en nuestro Perú es por el uso de fertilizantes químicos, las causas más comunes del riesgo de toxicidad son: aplicación directa, sobredosificación, residualidad y contaminación, además como consecuencia que arrastra estos usos, se tiene, el bajo rendimiento del cultivo. Asimismo, las investigaciones arrojan como resultado, que el bajo rendimiento agrícola, son atribuidos a un deterioro en la calidad del suelo, como resultado de un mal manejo del suelo. Además, la capacidad de las plantas para soportar el ataque de insectos, plagas y enfermedades está relacionada a los indicadores de calidad del suelo como: físicos, químicas y especialmente biológicas del suelo, que ayudan a prevenir la propagación de enfermedades en las plantas.

De la problemática expuesta se plantea como incógnita “¿Cuál es el efecto del compost y microorganismos eficientes en los indicadores de calidad del suelo de *T. cacao* en el caserío La Florida, Castillo Grande, Leoncio Prado – 2023?

En este contexto, la investigación se justifica en la necesidad de generar información sobre los efectos del compost y los microorganismos EM en *T. cacao*, los resultados contribuirán a la generación de conocimientos y permitirán a los agricultores tomar decisiones en cuanto a este abono orgánico y sus efectos con su aplicación. La aplicación de diferentes

fuentes fertilizantes naturales en una de las formas sostenibles de conservar la fertilidad del suelo en los diferentes sistemas de producción, como puede ser el estiércol de animal y el compost generado a partir de residuos de tejido vegetal. Una alternativa en el desarrollo, para activar la descomposición del compost tradicional, es mediante la adición de los llamados "microorganismos eficientes" (EM), que normalmente pueden obtenerse de la hojarasca forestal o también pueden adquirirse en el mercado de insumos agrícolas comerciales.

Los alcances de esta investigación aportarán con nuevos conocimientos para la comunidad científica, dicha información se puede trasladar como enseñanza a los estudiantes de las carreras afines a la conservación de suelos, así, fomentar la investigación científica y tener como alternativa para la solución al problema mundial de la calidad del suelo y el bajo rendimiento de los cultivos que afectan a los pequeños, mediano y grandes agricultores. Además, estos resultados pueden ser de gran apoyo para ser propuestos en proyectos productivos como alternativa por las municipalidades distritales e instituciones como la Comisión Nacional para el Desarrollo y Vida sin Drogas (DEVIDA).

En este contexto, la investigación tiene como hipótesis "Si suministramos Compost y EM en los cultivos de cacao CNN-51, se obtiene efectos significativos en la producción de *T. cacao* y la calidad del suelo, en el caserío La Florida Castillo Grande - Leoncio Prado. Los resultados permitieron demostrar la hipótesis planteada, la investigación trabajó con los siguientes objetivos:

1.1 Objetivo general:

Evaluar el efecto del compost y EM en la calidad del suelo del *T. cacao* en el Caserío La Florida, Castillo Grande, Leoncio Prado.

1.2 Objetivos específicos:

1. Determinar el efecto del compost y EM en las propiedades físicas de un suelo con plantación de *T. cacao*, Textura, Densidad Aparente (D_a), resistencia a la penetración (R_p)
2. Determinar el efecto del compost y EM en las propiedades químicas de un suelo con plantación de *T. cacao*, pH, MO, N, P, K, Ca, Mg, CIC y Al
3. Encontrar diferencias estadísticas a través del ANOVA y comparación de medias a través de HSD Tukey entre los tratamientos.
4. Determinar si el compost y EM mostrarán los resultados que se esperan.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Abonos orgánicos

El abono orgánico es el resultado de un proceso biológico en que la materia orgánica se descompone en una sustancia relativamente estable, obtenida a partir de la descomposición o fermentación de los desechos animales o vegetales, en su mayoría las enmiendas orgánicas se producen en condiciones anaeróbicas (Balaguer, 1999).

El abono orgánico es parte de un sistema de producción orgánico, por ello, Oirsa (2003); citado por Toalombo (2013), define la agricultura orgánica como un sistema de producción holístico que promueve y mejora la salud de los agroecosistemas, utilizando insumos naturales, maximizando el proceso de reciclaje de nutrientes evitando el uso de productos que son derivados de combustibles fósiles, como los químicos, fertilizantes y pesticidas.

2.1.1 Propiedades de los abonos orgánicos

De acuerdo al Manual de Preparación y Aplicación de Fertilizantes Orgánicos y Plaguicidas, elaborado en septiembre del 2010, financiado por el Fondo para la Protección del Agua-FONAG con el apoyo de USAID, la Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos, afirman que “los fertilizantes orgánicos aumentan la temperatura del suelo y promueven el crecimiento de raíces, considerada como el conducto principal de nutrientes para las plantas; en suelos sin la presencia de nutrientes esenciales, se enfría y tiene malas características de crecimiento. (Alvarado, 2017).

2.1.2 Efecto de los abonos orgánicos en propiedades físicas del suelo

Samaniego (2006), hace mención sobre dichas propiedades y sus efectos en ellos:

- El abono orgánico por su tonalidad oscura, absorben más la radiación solar, por lo que el suelo absorbe más temperatura y los nutrientes pueden absorberse con mayor facilidad.
- Reestablece la estructura del suelo, haciéndolo más fértil, más liviano a los suelos arcillosos y más fuerte a los arenosos.
- Equilibra la permeabilidad del suelo, ya que afecta a los sistemas de drenaje y aireación.
- Reduce la erosión del suelo, tanto por la eólica como por la hídrica.
- Aumenta la capacidad de retención de agua en el suelo, por lo que el suelo llega absorber mayor cantidad de agua cuando llueve o se riega, y retienen durante mucho tiempo el agua en el suelo durante el verano.

- Cuanto más uniforme sea el tamaño de la partícula de los materiales utilizados en el fertilizante, mayor será la calidad del producto final.

2.1.3 Efecto del abono orgánico sobre propiedades químicas del suelo

Balaguer (1999), Afirma que los fertilizantes orgánicos tienen la capacidad de afectar las siguientes propiedades químicas:

- El abono orgánico aumenta la capacidad amortiguadora del suelo, y por lo tanto, reduce las fluctuaciones del pH del suelo.
- Así mismo aumenta la capacidad de intercambio catiónico del suelo, aumentando así la fertilidad.
- En la relación suelo – planta, de 1 a 200 millones de bacterias por gramo de suelo, pueden sobrevivir de las sustancias del suelo y las secreciones de las raíces, al mismo tiempo que proporcionan nutrientes.
- La temperatura propia del suelo acelera la descomposición y conduce a la eliminación de microorganismos dañinos.

2.1.4 Tipos de abonos orgánicos

a) Compost

El compostaje es un proceso de oxidación biológica, en el que participan muchos microorganismos y de gran variedad, que requiere una humedad adecuada y un sustrato orgánico heterogéneo en estado sólido. Este proceso implica pasar por una fase termofílica y producir temporalmente fitotoxinas, que dan como productos finales de la descomposición, minerales, agua y dióxido de carbono, así como una materia orgánica estabilizada, libre de fitotoxinas y lista para usarla en la agricultura sin causar fenómenos nocivos. (Roca, 2020).

b) Compost líquido

El compost es un fertilizante orgánico sólido, accesible a los agricultores por su sencilla elaboración y fácil aplicación; más allá de los beneficios visibles para el suelo en términos de propiedades físicas y químicas. Es una mezcla de residuos vegetales (hoja, tronco, ramas, frutos, etc.) y de restos de animales provenientes de la propia granja del agricultor, que bajo ciertas condiciones se descomponen naturalmente, por la acción de los microorganismos. Dicha descomposición se logra después de segundo al tercer mes. Se usa comúnmente en parcelas de una o media ha, para cultivos pequeños como; hortalizas, huertas y frutales. Así mismo se logra obtener otro producto de la elaboración del compost, el cual es un abono orgánico líquido conocido comúnmente como biol o abono bioorgánico. (Chiriboga, et al., IICA, 2015).

c) Abono orgánico bocashi.

El Bocashi se ha utilizado como fertilizante orgánico por los agricultores japoneses durante un largo tiempo. La palabra Bocashi proviene de japon que lleva el significado de “materia orgánica descompuesta”. Se permite que se descomponga aeróbicamente a partir de restos vegetales y de animales. El manejo de este abono activa e incrementa el número de microorganismos en el suelo, mejora sus propiedades físicas y aporta nutrientes a las plantas. La composta estilo Bocashi es una enmienda orgánica que puede lograrse con ingredientes locales, es por ello que, puede variar según la disponibilidad de ingredientes en la zona. (Ramos, et al., 2014).

MAGAP (2014) alega que el bocashi es una técnica de elaboración de abono orgánico originario de japon que no puede tardar más de 10 o 15 días en estar listo, para aplicar; sin embargo, es conveniente aplicarlo después de 25 días, para darle el plazo suficiente de pasar por el proceso de maduración, es un fermentador suave (sin embargo, es un compost) y se considera beneficioso porque resulta en muy poco tiempo, usando una variedad de ingredientes en cantidades justas para alcanzar un producto balanceado y esto resulta del proceso de descomposición. Diversas prácticas de fertilización orgánica como elemento importante de la agricultura orgánica, nos permiten restaurar, conservar y mejorar la fertilidad natural del suelo, garantizando el rendimiento de los cultivos y buena productividad agrícola

El compost puede ser una alternativa viable frente al uso de fertilizantes químicos para proporcionar los nutrientes que necesitan las plantas. Sin embargo, estos beneficios de un abono deben ser conocidos para evitar la deficiencia o excedente de sus elementos que lo conforman, debido al aporte del fertilizante al suelo; además, son muy eficaces y de fácil accesibilidad para los agricultores, ya que pueden elaborarse a partir de subproductos agrícolas locales, sin la necesidad de transportarlos a lugares lejanos (Ramos D. et al., 2014).

2.2 Compost

a) Definición

El compostaje es un proceso natural de pudrir o descomponer materiales orgánicos, como restos vegetales y residuos de animales por los microorganismos en condiciones óptimas. El compost es valioso ya que mejora la salud general del suelo y su capacidad de resistir impactos, como la sequía, incluido el ajustarse a los cambios climáticos. (Olivera & Adriana, 2019).

El concepto de compostaje se establece como un complejo sistema de tratamiento/equilibrio de los restos orgánicos de base microbiana, realizado en condiciones

ideales (oxígeno aeróbico asegurado y con alguna fase de temperaturas elevadas) donde el producto puede ser utilizado como fertilizante, modificador o sustrato. La diferencia primordial es que el compostaje se considera como un desarrollo ficticio, como una biotecnología, ya que corresponde a la potencial explotación de los microorganismos. Incluso puede llegar a considerarse como una tecnología ambiental, ya que consiente que la materia orgánica y los fitonutrientes regresen al suelo, introduciéndolos nuevamente en el ciclo biológico (Baltodano y Sotomayor, 2002). Sugirió que la misión del compostaje es conseguir un equilibrio entre la materia orgánica perecedera y la no biodegradable.

Este proceso da lugar a una modificación de la materia orgánica, tanto química como mecánicamente. El uso adecuado de las materias primas es necesario para que el producto final sea con excelentes propiedades y se introduzca al suelo. Con compost es posible proporcionar a las plantas una nutrición completa, y también proporcionar al suelo una cantidad constante de humus para contribuir a la estructura, tiene la virtud de disminuir la proporción de la materia primas (concentración de nutrientes), reducir la emisión de olores desagradables, extinguir patógenos y matar semillas de plantas indeseables (Elzakker, 1995).

b) Normas técnicas de calidad

El producto final del proceso de compostaje se denomina compost, y es teóricamente rico en materia orgánica y nutrientes (Ramos et al., 2014), lo que significa que se rigen de los más altos estándares de calidad y normativa de cada país para asegurar su calidad. Si ese no es el caso, significa que el compost que no ha alcanzado la etapa de estabilidad o madurez esto puede generar como consecuencia un efecto fitotóxico por las concentraciones de metales pesados, ácidos orgánicos volátiles, microorganismos patógenos, amonio, y sales; Estos sustratos y organismos en proporciones elevadas pueden tener consecuencias catastróficas en el crecimiento de los cultivos, inhibiendo la germinación y el desarrollo de raíces (García et al., 2014).

La calidad final del compost es crucial, por lo que deben evaluar sus principales características físicas tales como: temperatura, color, humedad y olor, e indicadores químicos como N, P, K, pH, MO, Ca, Na, Mg, CIC y CE (Mendoza, 2012; Román, Martínez & Pantoja, 2013; García et al., 2014; Rivas & Silva, 2020); además, los microelementos como Fe, Cu, Cd, Zn y Pb, son fundamentales, especialmente si se va a tratar suelos con cacao, estos elementos deben cumplir con los límites establecidos para poder ser exportados (Florida, Lévano & Jacobo, 2020). Asimismo, estudios recientes recomiendan examinar la estructura y formación de la materia orgánica (las fracciones húmicas), ya que es la única forma de saber si el compost

ha alcanzado la madurez correspondiente (Muscolo et al., 2018; Meter, Atkinson & Laliberte, 2019; Iglesias, 2020).

Tabla 1. Criterios de la calidad del compost de la OMS

Parámetros	Unidad	Límites De Calidad OMS	
Generales	pH	6 a 9	
	MO	%	25 a 50
	N	%	0.4% - 3.5%
	P ₂ O ₅	%	0.3% - 1.8%
	Humedad	%	30 - 50%
Metales Pesados	Pb	mg/kg	200 - 400
	Cd	mg/kg	15 - 40

Fuente. Soriano (2016)

Tabla 2. Principales indicadores de calidad de la FAO

Parámetro	Rango ideal al comienzo (2-5 días)	Rango ideal para compost en fase termofílica II (2-5 semanas)	Rango ideal de compost maduro (3 - 6 meses)
C: N	25:1 - 35:1	15/20	10:1 - 15:1
Humedad	50% - 60%	45%-55%	30% - 40%
pH	6,5 - 8,0	6,0-8,5	6,5 - 8,5
Densidad	250-400 kg/m ³	<700 kg/m ³	<700 kg/m ³
MO (Base seca)	50%-70%	>20%	>20%
N (Base seca)	2,5-3%	1 -2%	-1%

Fuente. Román, Martínez y Pantoja (2013)

c) Beneficios

Entre los beneficios del compost está, mejorar la condición del suelo, porque con su aplicación se vuelven menos denso, más poroso; con su capacidad para retener más agua y aire, y como fuente de materia orgánica, mejorar la nutrición, el crecimiento y el rendimiento de las plantas, de forma sostenible. Debido a su carácter fisiológico, Por sus condiciones biofísicos el compost libera nutrientes de larga duración que proporciona nutrientes a las plantas durante más tiempo. Esto también es una forma de economizar para el agricultor ya que no tiene que comprar fertilizantes químicos. Incluso es una forma de mitigar la contaminación del medio ambiente a través de la putrefacción controlada de los desechos orgánicos de la hacienda. (Chiriboga H, et al, IICA, 2015).

2.3 Microorganismos Efectivos (ME)

Los microorganismos efectivos o EM (en inglés, Effective Microorganisms) es una mezcla de microorganismos benéficos sin manejo genético, presentes en hábitats naturales, son fisiológicamente congruentes entre sí (Luna & Mesa, 2016). Así mismo los EM son microorganismos benéficos pertenecientes a cuatro grupos principales tales como: bacterias fotosintéticas, bacterias del ácido láctico, actinomicetos, levaduras y hongos filamentosos fermentables (García, 2017; Sánchez, Ospina & Montoya, 2017; Tanya & Leiva 2019). En los primeros años de su descubrimiento, estos microorganismos benéficos fuer desarrollado en un estado líquido por el Dr. Teruo Higa en 1982, maestro de horticultura en la Universidad de Ryukyus en Okinawa, Japón (Tanya & Leiva 2019).

Microorganismos efectivos de bosque (MEB), MEB es un método de cultivo de una mezcla de microorganismos beneficiosos que se encuentran en el ecosistema y se puede aplicar directamente al suelo, a la plantación para proliferar la diversidad microbiana, o como preparación para fertilizantes fermentados al estilo bocashi. Los MEB comprende especies microbianas seleccionadas, que consisten principalmente en *Lactobacillus*, levadura y, en menor medida, bacterias fotosintéticas, actinomicetos y otros organismos. Todos estos elementos son congruentes unos con otros y pueden cohabitar en un medio líquido. Algunos sustratos secundarios producidas por los microorganismos de bosque (MEB) son; inositol, ubiquinona, saponinas, polisacáridos de peso molecular bajo, polifenoles y quelatos. Estos sustratos pueden impedir el crecimiento de patógenos, pero toleran y proliferan el crecimiento de las especies beneficiosas. Estos microorganismos de bosque o beneficiosos, segregan sustancias benéficas como vitaminas, minerales quelantes, ácidos orgánicos, y básicamente antioxidantes al entrar en contacto con la materia orgánica. Además, a través de sus acciones, modifican el macro y micro sistema del suelo y mejoran el equilibrio natural, por lo que el suelo se convierte en un supresor de enfermedades (Higa y Parra, 1994).

2.4 Aplicación combinada de Compost y E.M

a) Aspectos Generales

En un esfuerzo por mejorar la calidad del compost se están implementando nuevas tecnologías, como el uso e inoculación de EM en el desarrollo del compostaje (Sánchez et al., 2017), el EM está conformado por varios grupos de microorganismos autóctonos o locales, hongos y bacterias (Álvarez et al., 2019; Peralta et al., 2019) con capacidad para obtener un compost de mejor o excelente calidad y eficiencia de fertilizantes (Kopec et al., 2018).

Según Fundases, (2006) el Compost con EM tiene una ventaja sobre el compost convencional que es el uso de microorganismos eficientes que activan la putrefacción de la

materia orgánica e inhiben los olores que surgen durante el proceso de tratamiento. Además, el EM se reproduce en esta materia orgánica, por lo que al fertilizar el suelo estamos inoculando microorganismos benéficos. La aplicación de EM disminuye el tiempo del proceso de compostaje y aumenta la mineralización del material compostado, así como el contenido de micro y macronutrientes (Álvarez et al., 2019).

La inoculación del EM es una opción factible, congruente con el medio ambiente, apta para su aplicación en el desarrollo del compostaje. Estos restos orgánicos se biodegradan y los modifican en compuestos más duraderos y disponibles, consumiendo oxígeno y liberando calor, agua y CO₂ (Sánchez, Ospina & Montoya, 2017). Los EM pueden aislarse de varios sustratos y usarse en varias técnicas agrícolas, ambientales e industriales. Tienen un gran potencial en términos de biodegradación, biolimpieza, biocompostaje, nitrógeno fijado, mejora de los nutrientes del suelo, producción de fitohormonas, contribución al metabolismo de la materia orgánica y como parte del compost eventualmente consolidado y enriquecido (Kumar & Gopal, 2015; Álvarez et al., 2019).

b) Beneficios

Los EM no solo se limita a su uso en el proceso de compostaje, sino también al aplicarlo al suelo también puede mejorar muchas funciones: fijación de nitrógeno atmosférico, putrefacción de restos orgánicos, prevención de patógenos en el suelo, reciclaje y aumento de nutrientes disponible para los cultivos, descomposición de toxinas, incluidos todo tipo de compuestos químicos, elaboración de moléculas orgánicas de fácil absorción para los cultivos, elaboración de complejos de metales pesados para una absorción reducida por las plantas (Luna & Mesa, 2016)

En conjunto, los EM realizan funciones específicas que afectan el desarrollo de compostaje y por ende la calidad del producto final en concreto (Carcía, 2017; Naranjo, 2013; Fan et al., 2018; Alvarez et al., 2019; Florida & Reategui, 2019), algunas de estas funciones son:

- Putrefacción de la materia orgánica
- Formación de sustancias húmicas
- Eliminación de olores desagradables de las primeras etapas del compostaje
- Acortamiento del tiempo de compostaje.
- Alcanza la termogénesis o etapa termófila en la pila del compost.
- Elimina patógenos como los coliformes fecales y microorganismos resistentes al calor.

- Mejora el contenido de micro y macronutrientes.

2.5 Propiedades generales del suelo

2.5.1 Propiedades físicas

La determinación constante de las características físicas incluye solo unos pocos, específicamente el contenido de humedad o agua, la distribución del tamaño de partícula y la densidad aparente, estas características generalmente se encuentran plasmados en un análisis de suelo. Esto proporciona un extracto en el que están presentes aniones y cationes solubles y se pueden medir (Bazán, 2017).

a) Textura

La textura es una característica física del suelo que cuando se trata de determinar en el campo se puede hacerlo mediante el tacto. En laboratorio, el análisis de la distribución del tamaño de partículas permite obtener datos numéricamente de la proporción de arena, limo y arcilla (Bazán, 2017).

Las partículas del suelo se denominan arcilla, limo y arena, y se subdivide independientemente una de la otra en fina, media y gruesa. Sus dimensiones están en rangos con límites entre 20 μm ., piedras más grandes de 20 mm y grava de 20 a 2 mm., arena entre 2 y 0.63 mm y el limo entre 0.63 y 0.002 mm. Este grupo considera que los agregados son estables por acción de materia orgánica (Zavaleta, 1992).

b) Densidad aparente

En el suelo se pueden considerar dos aspectos a la hora de referirse a su densidad. Uno de ellos trata de la densidad aparente (D_a), que se define como la masa por unidad de volumen de suelo seco. Este volumen contiene tanto poros como sólidos. Cabe señalar que todos los factores que afectan el espacio poroso afectan la densidad aparente. Para suelos de textura fina como los arcillosos, los francos arcillosos suelen tener valores de D_a más bajos que los suelos de textura arenosa (Bazán, 2017). D_a tiene los siguientes usos:

- Convierte porcentajes de humedad gravimétrica del suelo a humedad volumétrica del suelo
- Calcula la porosidad total del suelo si se conoce la densidad de partículas
- Evaluar el grado de compactación del suelo.
- Estimar la masa de la capa superior del suelo.

c) Densidad real

En el suelo, la densidad del suelo se puede leer como la masa de sólidos del suelo por unidad de volumen, por ello, esta relación se denomina densidad de partículas (Dr). En el sistema de medición, Dr se puede expresar en mega gramos por metro cúbico (Mg/m³). La densidad media de partículas es de 2,65 Mg/m³. Esta característica depende en gran medida de la composición química y estructura cristalina de las partículas minerales (Bazán, 2017).

2.5.2 Propiedades químicas

La parte química de suelo es estudiada por la ciencia, dicha ciencia observa el comportamiento de las características químicas y sus componentes orgánicos e inorgánicos del suelo, así como los fenómenos a los que da lugar la combinación de estos componentes. (Bazán, 2017). Algunas de estas características son:

a) Materia orgánica del suelo

La fertilidad de los suelos de la región selva se encuentran en la cantidad de materia orgánica; la tonalidad oscura es similar a decir que, se trata de un suelo muy rico en materia orgánica. Cuando se habla de materia orgánica se refiere al aporte de calcio, fósforo, nitrógeno, magnesio y otros nutrientes, que han incidido en la recuperación de suelos, su estructura, su capacidad para retener la humedad y en global, todas las propiedades del suelo. (Castañeda, 1997).

La materia orgánica del suelo envuelve alrededor del 5% del N total y, por lo que se considera como, una provisión de N, pero el Nitrógeno en la materia orgánica es parte de los compuestos orgánicos y no está disponible para que las plantas puedan absorberlas inmediatamente, debido a la lenta descomposición. La materia orgánica también contiene otros elementos que son indispensables para las plantas como: P, Ca, Mg, S y oligoelementos. A medida que la materia orgánica va descomponiéndose, los nutrientes en cuestión quedan disponibles para la planta en desarrollo (INPOFOS, 1997).

La putrefacción de los restos orgánicos se denomina “proceso de mineralización” y la formación de sustancias húmicas, el “proceso de humificación”. La preponderancia de uno u otro proceso está sujeto a varios factores como: la aireación, precipitación, temperatura, minerales amorfos, pH, relación C/N de la materia orgánica, textura, contenido de lignina y la presencia ya sea de bacterias u hongos (Bazán, 2017).

b) PH del suelo

El pH del suelo es quizás la medida más simple que se puede hacer para determinar las propiedades del suelo. La estimación determinación de este indicador (pH)

revela mucho más acerca de las propiedades del suelo que simplemente determinar si el suelo es ácido o básico. Por ejemplo, que el pH está muy relacionado con los nutrientes disponibles o la toxicidad que se puedan producir por otros elementos. Sorensen en 1909 fue el autor del término pH que fue acuñado y se definió como el logaritmo negativo en base 10 de la concentración de iones de hidrógeno. Un mayor desarrollo del conocimiento y la cuantificación de este parámetro nos permitió aprender más y simplificar su medición. En la década de 1930, fue cuando se desarrolló el electrodo de vidrio, este dispositivo permitió una determinación de pH en muy poco tiempo (Bazán, 2017)

Si el pH cambia esto nos indica un cambio en la concentración de iones H y OH. Un pH inferior a 7 nos indica una concentración ácida, por el contrario, si el pH es superior a 7 entonces es alcalina (Cepeda, 1991 y Zavaleta, 1992).

c) Capacidad de intercambio catiónico

Este indicador, es una propiedad muy valiosa, por su aptitud del suelo para retener cationes cargados positivamente y porque el suelo (coloides complejos) lleva una carga negativa. Existe una relación directa entre las propiedades de la textura y la variabilidad, aumentando más tarde para suelos que presentan una textura fina y disminuyendo para aquellos suelos que presentan una textura gruesa, esto porque las arenas y las margas arenosas son escasos en arcillas coloidales y en su mayoría, como siempre, carecen de humus (Fassbender, 1987).

d) Conductividad Eléctrica

El concepto de salinidad hace referencia a la presencia de solutos inorgánicos disueltos en el agua, principalmente Na, Mg²⁺, Ca²⁺, Cl⁻, K, SO₄⁻², CO₃²⁻ y HCO₃⁻, que se encuentran presentes en concentraciones más altas. La conductividad eléctrica (CE) de estas sales solubles en el suelo se evalúa en un extracto acuoso (extracto de saturación) mediante un método conductimétrico. Este extracto también se utiliza para la determinación de aniones y cationes solubles (Bazán, 2017)

e) Nutrientes

Los nutrientes de las plantas son aquellos componentes químicos que son más o menos importantes para su desarrollo, y que generalmente son absorbidas por las raíces del suelo y por las hojas las que se encuentran en el aire. Por lo tanto, el correcto desarrollo de los cultivos depende del contenido de nutrientes del suelo. Sin embargo, el contenido de nutrientes suministrados al suelo depende no solo de la condición química, sino también de factores como

la estructura física, el clima local, la presencia de cultivos pasados y presentes y la actividad microbiana, etc. Por ello, es posible saber la cantidad de fertilizante a agregar por medio de una evaluación (Zavala, 2007).

Al igual que con otros cultivos, se deben dar recomendaciones de fertilizantes para el cacao deben ser después del análisis del suelo. Las formulaciones compuestas se pueden utilizar para fertilizantes químicos (INTA, 2010).

2.6 El Cacao

2.6.1 Origen del Cacao

Este cultivo (el cacao) es una especie endémica de América del Sur, mucho se ha hablado de su génesis, se dice que su origen radica en la región entre los afluentes del Amazonas (Chessman, 1944; León, 1968). En esta zona se han encontrado varios tipos de frutas. Frutos criollos de semejanza llamados “criollos de montaña” melones de tamaños considerables, así como el “nacional” de Ecuador, angoletas semejantes al clon “parinaris” y otros tipos de melones (Soria, 1987).

2.6.2 Distribución del cacao

El Ministerio de Agricultura y Riego, MINAGRI (2016) menciona que los árboles de cacao se cultivan en el trópico. Se cultiva tradicionalmente desde ya hace muchos años entre los 15° norte y 15° sur del Ecuador. Sin embargo, se puede ver que es una latitud subtropical entre los 23°26' al norte del Ecuador y los 23°26' al sur. De manera similar, Romero (2016) señaló que el cacao es una planta tropical pura, cultivada principalmente en latitudes de 10° desde el Ecuador, pero es común en los trópicos húmedos (Paredes et al., 2003).

2.6.3 Género *Theobroma*

El *Theobroma cacao* L. es la especie más cultivada y por ende más comercial, la palabra “Theobroma”, proviene de Theos (Dios) y bróma (alimento), el significa “alimento de los dioses” considerado así desde la época de nuestros ancestros (Vázquez, 1999). Hay 22 especies en este género, todas las cuales crecen bajo el dosel de la selva tropical. Se distribuyen originalmente desde el sur de México, hasta los ríos del Amazonas, donde se les considera el centro de origen y diversidad. La especie de este género es un árbol ramificado con hojas comunes y frutos carnosos indehiscentes denominados mazorcas.

Vázquez (1999), menciona que el cacao es una planta arbórea de estatura relativamente pequeña, perennifolia, de 4 a 7 metros de alto cuando el cultivo se desarrolla hasta la etapa adulta. El cacao campestre puede llegar hasta los 20 m o más. Este género también es angiosperma, hermafrodita y dicotiledónea. Su dimensión depende principalmente de cómo

se desarrolla en la presencia de los factores edafoclimáticas. Manifiesta una copa muy extendida, baja y muy densa, poseen hojas grandes y muy simples, estas hojas tienen una dimensión de 20 a 30 cm de largo y de 4 a 15 cm de ancho, tienen una coloración verde oscuro en el haz, pero más claras en el envés que cuelgan de un peciolo, sus retoños suelen tener una coloración que puede ser rojizo-violeta o verde claro, esto depende mucho de cada variedad (INTA, 2010).

Sus mazorcas son grandes, carnosos, ovalados, en algunos casos pueden ser amarillos o morados, de 15 a 30 cm de largo, de 7 a 10 cm de espesor, con puntas; de 200 a 1000 g de peso c/u (Dosert et al., 2012). La capa externa está formada por un tejido esponjoso, carnosa y suave. Cada espiga generalmente contiene de 30 a 50 semillas dispuestas axialmente e incrustadas en una masa de pulpa (mucílago) que se desarrolla a partir de las capas externas de la testa. El tamaño de un grano de cacao, es de color chocolate, morado o blanco, de 2 a 3 cm de largo y tiene un sabor amargo. No tienen albúmina y están recubiertas de una pulpa mucilaginosa blanca que poseen un sabor agridulce, muchas veces satisfactorio al paladar (Romero 2016). El volumen interno de la semilla está compuesto por los dos cotiledones del embrión; a menudo se le denomina "granos" de cacao. Son ricas en almidones, proteínas y grasas (Vázquez, 1999).

2.6.4 Diversidad y variabilidad genética

Castro y Bartley, (1983), mencionan que, cuando se habla de diversidad genética se refiere a la variación de los rangos genéticos dentro de una especie entre diferentes poblaciones. Esta diversidad está relacionada con la capacidad de supervivencia de la especie al medio ambiente y sus cambios, así mismo también con la capacidad, por lo tanto, es esencial en los programas de domesticación y mejora genética. Su manejo aumenta la resistencia a los patógenos, la resistencia a las condiciones ambientales adversas, así como mejora algunas habilidades de las especies domesticadas. La variación expresada por individuos en poblaciones silvestres o cultivadas que constituyen un genoma vegetal conservado como una colección de material genético cuya identificación y caracterización no son predecibles para el mejoramiento genético.

El árbol de T. cacao se divide en dos grandes grupos vegetativos o genéticos: El Criollo y el Forastero demostrado por Dosert et al. (2012).

a) Criollo

Este grupo se desarrolló en el norte de Sudamérica y Centroamérica. Este grupo resalta por ser árboles delgados con unos frutos que poseen una punta pronunciada, agua y

alargada, de color verde-rojiza (Dosert et al., 2012). Este grupo además (los criollos) tienen un rendimiento bajo y son vulnerables a las enfermedades (Romero 2016). Son buenos ingredientes, más dulces y aromáticos que los ingredientes foráneos, a partir de ahí se elaboran chocolates de la más alta calidad. Los estudios filogenéticos muestran su origen en el Alto Amazonas. El cultivo comercial tiene lugar en regiones de origen, como Venezuela, México y Colombia. (Dosert et al., 2012) Representa la producción mundial de cacao con 5-10%.

b) Forastero

Son árboles fuertes y altos con hojas pequeñas, con origen en el río Amazónico, estos se dividen en dos grupos (INTA, 2010) Especies de la parte alta del río amazónico, son frutos de diferentes formas y varios tamaños, con semillas de color morado oscuro. Los frutos del bajo Amazonas, tienen forma de melón y amarillo cuando están maduros, con una piel gruesa, granos aplanados y pequeños que son de color púrpura claro y púrpura oscuro. Corresponden a *Theobroma cacao* L. subsp. *sphaelocarpum* (Chev.) Cuatrec. Son resistentes a plagas y enfermedades, sobreviven a diferentes climas (INTA, 2010). Ésta especie también es considerada como una de las que dominan la producción mundial con alrededor del 80% (Romero, 2016; Dosert et al., 2012).

2.6.5 Condiciones edafoclimáticas para el cultivo de *T. cacao*-CCN51

MINAG (2004). Señala que el buen desarrollo y rendimiento del cacao están muy relacionados con las condiciones ambientales del lugar donde se desarrolla el cultivo. Es por esto que los factores climáticos afectan el rendimiento de un cultivo; por lo tanto, las condiciones de temperatura y humedad tienen que ser las adecuadas para el cultivo, ya que esta es una planta perenne y sus periodos vegetativos, como la floración, germinación y cosecha, se deben a la regulación climática.

La temperatura llega a ser un factor esencial debido a su estrecha relación con la floración y fructificación, en general con el desarrollo de las plantas de cacao. La consecuencia a bajas temperaturas se muestra en la rapidez del crecimiento vegetativo, desarrollo del producto y de la floración, también, controla el comportamiento de las raíces y brotes de la planta, por ello la temperatura necesaria para el cultivo de cacao varía entre el valor mínimo 23°C, máximo de 32 °C y óptima alrededor de los 25° C (MINAGRI, 2016). La temperatura también ayuda a controlar el crecimiento de las raíces y frutos; así como también la absorción de agua, por el contrario, cuando la temperatura se encuentra por los 15° C la actividad de las raíces se reduce, es por ello que algunos estudios recomiendan que el cultivo

no se efectúe en lugares que alcancen esta temperatura (Romero, 2016). Cuando la temperatura bordea los 10° C, es cuando el cultivo empieza a entrar en crisis (Dosert et al., 2012).

En términos de altitud, el cacao crece y se desarrolla mejor en áreas tropicales, cultivándose hasta una altitud de 800 m.s.n.m.; sin embargo, en elevaciones cercanas al Ecuador, el cultivo a menudo crece en altitudes de 1000 a 1400 m.s.n.m. (Romero, 2016; MINAG, 2004).

Romero (2016) indicó que el cultivo de cacao es una planta con un requerimiento hídricos muy alto. Necesita de 1600 a 2500 mm de lluvia al año. Puede soportar periodos de sequía de tres meses como máximo (INTA, 2010). Esta planta de cacao necesita de un ambiente húmedo, que oscila entre el 70% y el 80% por año y puede ayudar a satisfacer algunas de sus necesidades de agua, reduciendo así el estrés de las plantas y la evapotranspiración. Este coeficiente no debe ser inferior al 60% durante estos periodos (INTA, 2010).

2.6.6 Producción de cacao

La Organización Internacional del Cacao [ICCO], (2021) ha estimado una producción mundial de 5 024,000 toneladas, un 6,3% más durante la campaña 2020/2021 siendo este un récord mundial, sumado a ello es la primera vez que se supera los 5 millones de toneladas, gracias a las mejores condiciones climáticas en las principales regiones productoras, apoyando económicamente a más de 90 mil familias y a más de 450 mil personas del área de producción, principalmente este apoyo es en la región Selva del Perú. Cabe señalar que el Perú está posicionado como el segundo productor mundial de cacao orgánico.

Organización Internacional del Cacao (ICCO, 2021), informó que el 75% de las exportaciones del Perú son granos de cacao aromáticos y finos, un rasgo distintivo del cacao originario de África o europeo asiático. Cabe resaltar que, si el cacao supera la nota de cata habitual, por ende, el precio del kilogramo aumentará.

En América Latina, el cacao se cultiva en Brasil, Ecuador, Colombia, Bolivia, Perú, Venezuela, México y algunos países medios de Centroamérica (MINAGRI, 2016; Dosert et al., 2012; INTA, 2010). La mayoría de los productores de cacao son pequeños agricultores. Más del 90% de cacao en todo el mundo provienen de esta manera. En cuanto a la participación de Perú, en estos últimos diez años ha sido provechoso con un aumento a un nivel alto, 59 mil toneladas para el año 2015, lo que representa por encima del 2% de las exportaciones mundiales (MINAGRI, 2016).

2.6.7 Exigencia de suelo por el *T. cacao*.

MINAG (2004) indica que la planta de cacao debe desarrollarse en suelos muy ricos en materia orgánica, debe contener una textura franco arcilloso, profundos, bien drenados y de topografía normal, con un pH de 4.0 – 7.0. El factor limitante del suelo para el crecimiento del cacao es la fina capa húmica. Este cultivo depende del agua y nutrientes disponibles en el suelo, la alta densidad, en suelos pobres en nutrientes que no se fertilizan agotarán a las plantas. Se requiere más sombra en un suelo pobre y más luz en un suelo fértil; por lo tanto, se estima que hacen falta cinco horas de sol para el crecimiento deseado en este cultivo (INTA, 2010).

Según requerimientos de las propiedades físicas, el cultivo de cacao puede vivir bien en suelos profundos: de 60 cm a 150 cm. En suelos de textura franco, franco arenoso y franco arcilloso. (MINAGRI, 2016). Así mismo, Romero (2016) considera que el terreno más adecuado para el correcto desarrollo del cacao es un suelo aluvial, textura franco, profundidad mínima de 1.0 m y con tendencia al enraizamiento. Los suelos con textura arenosa no son recomendables en zonas con periodos secos, estos deben ser de una tonalidad oscura en el horizonte húmico y ligeramente rojizos en los horizontes inferiores (sin acumulación de hierro y ricos en materia orgánica). Las áreas donde abundan el cultivo de plátano es un indicador de que el suelo es apto para que se desarrolle con total normalidad la planta de cacao (INTA, 2010).

Finalmente, el cacao crece idealmente en una pendiente del 15% pero puede tener un rendimiento aceptable hasta el 30%, donde el terreno no sea demasiado empinado, o con las medidas apropiadas de conservación de suelo y agua tiene mucho potencial, buen rendimiento con pH de 6,0 a 6,5 (Romero, 2016; MINAGRI, 2016; INTA, 2010).

2.6.8 Fertilización

Para el cacao, así como con otros cultivos, se recomienda fertilizar culminando un análisis físico químico del suelo. Para fertilizantes químicos, se pueden utilizar formulaciones compuestas; para ello el INTA (2010) recomienda lo siguiente:

Tabla 3. Formulaciones para fertilización en cacao.

Edad/años	N	P2O5	K2O	MgO	S
0-1	23	9	14	6	7
01-feb	40	11	29	9	14
02-mar	57	17	43	14	21
03-abr	71	23	57	18	27
Mayor de 4	86	29	71	23	24

Fuente: "Manual para el cultivo de cacao" Citado por Romero (2016).

Por su parte, Paredes et al. (2003) recomendaron el desarrollo de diferentes abonos orgánicos para el cultivo de cacao. Fertilizantes orgánicos sólidos como compost y bocashi; y fertilizantes biológicos líquidos (algunos de tipo foliar); compuesta principalmente por desechos orgánicos del campo, estiércol, melaza y algunos minerales. Este fertilizante se debe aplicar dos veces al año: una vez al inicio y otra al final de las lluvias, a razón de 4 kg por planta.

2.7 Estado del arte de investigación

2.7.1 Antecedentes a nivel internacional

Rumbea (2020), en su tesis “Aplicación de microorganismos eficiente en una plantación de cacao (*Theobroma cacao L.*)” Naranjal Guayas, Ecuador, concluyó que, la aplicación de microorganismos eficientes en concentraciones altas, reaccionan de manera positiva a su aplicación, así mismo también tiene un aporte positivo en su producción. La cantidad de mazorcas tuvo un crecimiento mediante la aplicación de estos microorganismos eficientes, obteniendo valores superiores con las dosis más altas de EM. A mayor concentración de microorganismos eficientes en la aplicación mayor rendimiento se obtuvo para el cultivo de cacao, obteniendo un valor de 2418,73 kg/ha para la dosis 6 l/ha, por el contrario, se obtuvo 2218,73 kg/ha con dosis 4 l/ha. Se obtuvo valores rentables como: \$0,97 para el T3 (Microorganismo eficiente a razón de 6 l/ha), \$0,92 para el T2 (Microorganismo eficiente a razón de 4 l/ha) y \$0,85 para el T1 (Microorganismo eficiente a razón de 2 l/ha).

Martínez y Marrugo (2021), “Efecto de la adición de enmiendas en la inmovilización de metales pesados en suelos mineros del sur de Bolívar, Colombia” concluyeron que, la aplicación de enmiendas, principalmente de biochar y vermicompost, mostró efectos positivos en la inmovilización de metales en dichos suelos, lo que sugiere que existe una probabilidad muy baja de que los contaminantes pueden moverse dentro de las zonas ambientales e interactuar con organismos que son tóxicos en estos ambientes. La aplicación de cal solo tuvo un efecto positivo en la fijación de Cd y As. La enmienda que mostró mayor reducción en la biodisponibilidad fue el biochar para Cd, Pb y Hg, y la disponibilidad de estos metales disminuyó entre 50% y un 84% en el suelo estudiado.

Gamboa J. (2022). En sus tesis “Respuestas a la Fertilización Orgánica y Microorganismos Eficientes en Cultivares de Cacao (*Theobroma Cacao L.*), en Condiciones de Viveros” En El Canton – Naranjal, concluyó que, al comparar los tratamientos factoriales (valores medios para la aplicación de ácido húmico y el tratamiento control (sin aplicación)),

se observaron efectos positivos en términos de % de germinación, altura de la planta (crecimiento inicial) a los 20 días, ancho de copa y longitud de raíces. La variedad CCN-51 en comparación con el caso sin tratamiento con ácido húmico, superó a la variedad Nacional en % de germinación, hojas por planta, ancho de copa y longitud de raíces a los 45 y 55 días.

Carbajal R. (2018). En su publicación “Efecto de fuentes de sustratos orgánicos tratadas con microorganismos eficientes en plantas de cacao (*Theobroma cacao* L.) bajo condiciones de vivero en Chanchamayo” La Merced – Perú, concluyó que, los mejores tratamientos fueron Tratamiento 5 (50 % de Estiércol ganado + 50 % tierra agrícola) y el Tratamiento 2 (50 % de Pulpa de café + 50 % tierra agrícola); con valores de altura de planta de 45.88cm y 47.13cm respectivamente, mayor número de hojas con promedios de 4.41 y 4.59 hojas respectivamente, un grosor pronunciado en el tallo con promedios de 0.0105 m para ambos casos, peso fresco foliar con promedios de 53.43 y 51.13 g. respectivamente, valores mayores en el peso seco foliar presentando promedios de 0.73, 0.77 y 0.79 g. respectivamente, mayor peso radicular fresco con un promedio de 7.47 g. y mayor peso radicular seco con un promedio de 2.54 y 2.67 g. respectivamente.

2.7.2. Antecedentes a nivel nacional

Damián et al. (2018), “Plan de enmiendas, yeso agrícola, compost mejorado y enriquecido con EM y humus de lombriz, para mejorar el suelo”- Lambayeque, concluyó que, la estrategia de aplicación como: yeso agrícola, compost mejorado y combinado con EM, enmiendas y el humus de lombriz, logró mejorar el suelo, permitiendo obtener un mayor rendimiento por ha (9590,40 kg), aunque con una rentabilidad baja (0,24).

Vargas (2018) “Aplicación de Microorganismos Eficientes EM en la producción de plantones de *T. cacao*, en condiciones de vivero” Ayacucho – Perú, concluyó que, el manejo de EM autóctonos a diferentes proporciones (%) en los cultivos de cacao que se encuentran en condición de vivero, no produjo diferencias significativas en las variables de, grosor, altura y el número de hojas, quienes fueron las variables diferentes en cuestión de estadística en el T1 (EM autóctonos), el cual resultó ser el más adecuado, ya que tuvo la mayor cantidad de hojas. La altura de las plantas de cacao en condición de vivero al someter a diferentes dosis los EM autóctonos o comercial mostró resultados similares al tratamiento control, es decir que la aplicación de los EM no afecta en la producción de las plantas de cacao.

Vázquez y Loli (2018) “Compost y vermicompost como enmiendas en la recuperación de un suelo degradado por el manejo de *Gypsophila paniculata*” Lima – Perú, concluyeron que, el vermicompost contiene un mejor índice de calidad, debido a su menor

salinidad, niveles bajos de pH, baja concentración de sodio, menor salinidad y una mayor retención de humedad, lo que la convierte en una de las sustancias más adecuadas para su uso en la agricultura. Para la cosecha 1 y cosecha 2, la composta arrojó los mejores resultados en valores de altura de tallo y peso seco en la planta indicadora (*Gypsophila paniculata*), en la cosecha 3, la vermicomposta mostró valores más adecuados. La aplicación de suplementos orgánicos en forma de composta y vermicomposta incrementó en contenido de MO en el suelo, el promedio más alto obtenido fue con el tratamiento COM 2,00. Las enmiendas reducen el rango de pH de los suelos debido a su capacidad amortiguadora. La disponibilidad de fósforo en el suelo aumenta con la incorporación de materia orgánica. El compostaje aumenta la E.C. suelo, los datos necesitan ser analizados en investigaciones futuras. Las modificaciones en forma de compost y lombricomposta aportan mayor porosidad al suelo, como se puede observar en la reducción de la densidad aparente.

Chávez (2018), en su tesis “Efecto de EM en la disponibilidad de fósforo y rendimiento del cacao a 560 msnm” Kimbiri – Cusco, concluyó que, Los EM tienen el efecto de disolver la roca fosfórica, esto se reflejó en un mayor aporte de fósforo al suelo, alcanzando mayores concentraciones en el T4 (52.17ppmP), seguido de T2 y T3, que fueron estadísticamente superior al Testigo (T1). Cuantitativamente, la plantación de cacao absorbió más fósforo, utilizando 45 l/ha-1 de EM. Asimismo, existe una relación directa entre los niveles de MO en el suelo y el fósforo disponible en el suelo y su absorción por las plantas, lo que conduce a un mayor rendimiento. La aplicación de EM tuvo efectos positivos en la reducción del pH del suelo, el cual disminuyó con el tratamiento T2 (15 l/ha-1). También existe una fuerte correlación entre la disminución del pH y el fósforo disponible en el suelo. Es decir, cuando el pH es menor, la concentración de fósforo disponible tendrá un efecto ascendente. El rendimiento de cacao se vio afectado por la aplicación de EM obteniéndose un mejor rendimiento de granos de cacao con el T4 (45 l/ha-1) con 1135.03 kg. ha-1.

Florida et al. (2019), en su investigación “Efecto de compost y NPK sobre los niveles de microorganismos y cadmio en suelo y almendra de cacao” Ucayali – Perú, llegaron a la conclusión que, no se encontró diferencia entre los tratamientos y las variables evaluadas, con excepción del Cd en almendras. Las medias muestran que T2 (compost) es el mejor tratamiento de todos los grupos microbianos evaluados y al T2 y T4 para cadmio en almendras; además, no se encontró diferencias significativas entre los tratamientos, los grupos microbianos, el Cd²⁺ en el suelo y almendras de cacao. El uso de composta (en T2 y T4) mostró una diferencia significativa para Cd²⁺ en almendras, pero ninguna diferencia para variables microbiológicas.

Tarazona (2019), “Efecto del compost con microorganismos eficientes sobre el vigor y el rendimiento del *Theobroma cacao* bajo condiciones del distrito de Curimaná – Perú”, concluyó que, para el número de frutos por planta, los tratamientos aplicados compost 4 kg y 2 kg + EM arrojaron los mejores resultados en relación al número de frutos por planta (53 y 52 brotes por planta respectivamente), seguidos por los tratamientos con composta 4 kg y 2 kg sin aplicación del EM (49 y 34 brotes por planta respectivamente) y por último el testigo, el cual arrojó el menor valor de frutos por planta (26 brotes). En referencia al rendimiento del cacao, mostró que la aplicación de compost + EM en sus diferentes combinaciones, arrojaron mejores resultados en el número de frutos por planta, peso de 100 granos secos, peso seco de granos por planta y rendimiento por ha, logrando así rendimientos de 1.899 a 1.926 kg/ha, valores superiores al tratamiento sin compost ni EM el cual logró un rendimiento de 1.564 kg/ha.

Munive et al (2020), “Absorción de plomo y cadmio por girasol de un suelo contaminado, remediado con enmiendas orgánicas en forma de compost y vermicompost” Mantaro – Perú, llegaron a la conclusión que, La producción de la biomasa de girasol se vio significativamente afectada por los metales pesados, los suplementos orgánicos (compost y vermicompost de Stevia) permitieron que el girasol creciera más fuerte, en ambos sitios las raíces mostraron valores más altos de extracción de Pb y Cd, el girasol extrajo una mayor cantidad de Pb y Cd en el suelo; los factores de bioconcentración (FBC) señalaron la estabilización del girasol o el comportamiento de exclusión para ambos metales, pues los valores de los factores de translocación (FT), son ligeramente sensibles a la unidad, lo que indicó la capacidad de Fito extraer en un suelo con bajo contenido de metales pesados.

Vázquez et al. (2020) “La incorporación de enmiendas orgánicas en forma de compost y vermicompost reduce los efectos negativos del monocultivo en suelos” Lima – Perú, llegaron a la conclusión que, tuvo un efecto positivo en las propiedades físicas y químicas en los monocultivos de *Gypsophila* la incorporación de éstas enmiendas orgánicas, además incrementó la conductividad eléctrica (C.E.), la disponibilidad de fósforo en el suelo y el contenido de materia orgánica (MO), la densidad aparente disminuyó y presentó un efecto tampón del pH. Estos resultados tuvieron un efecto beneficioso sobre las plantas de *Gypsophila*, ya que la absorción de K, P, S y Mg en las hojas mejoró en todas las cosechas (3 cosechas) y los valores de peso fresco de los tallos de tratamientos con enmiendas orgánicas fueron mayores al tratamiento Testigo para las tres cosechas evaluadas presentando una diferencia estadística significativa.

Florida et al. (2020) “Efecto del Compost de plumas sobre indicadores químicos del suelo en plantación de cacao CCN-51 (*Theobroma cacao* L.)” Ucayali – Perú, llegaron a la conclusión que, el compost de plumas (CP) aumentó significativamente los niveles de Materia Orgánica, Fósforo, Nitrógeno y Potasio, que determinan la calidad del suelo y disminuyen los niveles de Al, que es importante en suelos ácidos. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar, con cuatro tratamiento y cuatro repeticiones para cada tratamiento: CP4 (compost de plumas a razón de 6 000 kg. ha⁻¹), CP3 (compost de plumas a razón de 4 000 kg. ha⁻¹), CP2 (compost de plumas a razón de 2 000 kg. ha⁻¹) y CP1 (testigo absoluto). Los resultados arrojaron dependiendo de la cantidad de aplicación de compost, se disminuye el aluminio intercambiable y los ácidos cambiante y aumentó la materia orgánica, nitrógeno, fosforo, y potasio.

2.7.3. Antecedentes a nivel local

Merino (2013), “Efecto de la Aplicación de Abonos Procesados con Microorganismos Eficientes en la Producción de Plantones de Cacao (*T. cacao*) CLON CCN-51” Tingo María – Huánuco, manifestó que, no hubo diferencias estadísticas significativas en el aumento biométrico del cultivo de cacao aplicando tres tipos de abonos orgánicos (Compost, bocashi o gaicachi) solo o combinados con los denominados "microorganismos eficientes" bajo condiciones de vivero. En general todos los tipos preparación de los abonos orgánicos están por encima del tratamiento control estadísticamente y en las variables de altura, número de hojas y grosor de tallo y peso seco de las plantas de cacao después de 112 días de la siembra

Ramirez et al. (2019), “Indicadores químicos y microbiológicos del suelo bajo aplicación de microorganismos eficientes en plantación de cacao (*Theobroma cacao* L.)” Las Palmas-Leoncio Prado, concluyó que la aplicación de EM tuvo un efecto significativo sobre los índices químicos del suelo, mostrando grandes diferencias significativas para la materia orgánica y el nitrógeno. Los parámetros microbiológicos evaluados, no mostraron diferencias estadísticamente significativas, estos valores son equivalentes a una población de 104 para actinomicetos y bacterias y 103 para hongos, donde, las bacterias disminuyen cuando se aumenta la dosis de EM, los actinomicetos y hongos tienden a aumentar con T2 (EM al 5%) y T3 (EM al 10%) seguido de una disminución con el T4 (con EM al 15%). La utilización de EM en el suelo muestra un gran potencial para mejorar los ICS, ya que en la evaluación de 6 meses con aplicaciones mensuales (periodo corto) en esta investigación se observó la diferencia de Materia Orgánica y Nitrógeno, y un aumento sostenido en el intercambio de bases (Ca²⁺, K⁺ y Mg²⁺), indicadores esenciales en la calidad del suelo.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de ejecución

3.1.1 Ubicación

La investigación se realizó en el terreno perteneciente a la Sr. Elsa Santamaria Sabino viuda de Villar, el cual se encuentra en el caserío La Florida (Figura 1), políticamente el caserío La Florida pertenece al distrito Castillo Grande - provincia Leoncio Prado - departamento Huánuco.

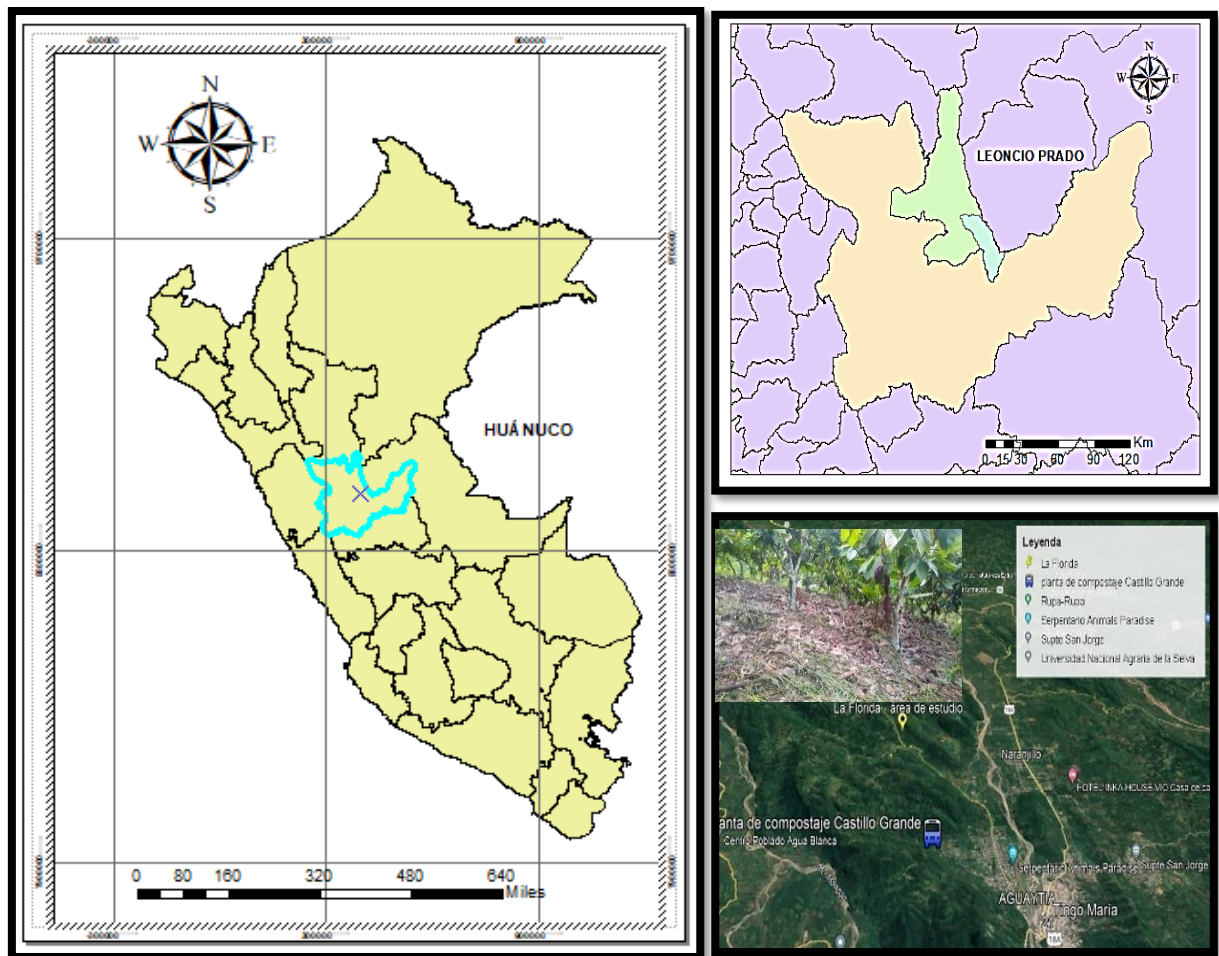


Figura 1. Ubicación del área de estudio

3.1.2 Características climatológicas del área de estudio

a) Clima

En el distrito de Castillo Grande el clima es húmedo y a la vez cálido, con una precipitación anual acumulada de 2 848 mm, y el periodo de mayor precipitación mensual se presenta de noviembre a marzo, con una precipitación máxima mensual acumulada de 355 mm. La temperatura máxima anual del aire varía alrededor de 30°C y tiene una amplitud térmica de 3°C, con valores mínimos en el mes de enero y máximos en octubre. La temperatura mínima

del aire varía alrededor de los 19°C y tiene una amplitud térmica de 4°C, con valores mínimos en julio y valores máximos en diciembre. (SENAMHI, 2021)

3.2 Materiales y Equipos

3.2.1 Materiales de Campo

Mapa de ubicación, bolsas herméticas, marcador, machete, pala, cinta métrica, carretilla, botas.

3.2.2 Materiales de Laboratorio

Cilindro muestreador, tamiz, probeta de 1000 ml, probeta de 100 ml, reactivos, barreno muestreador.

3.2.3 Equipos de Campo

GPS, Cámara fotográfica.

3.2.4 Equipos de laboratorio

Balanza gramera, hidrómetro, estufa.

3.3 Metodología

3.3.1 Tipo y nivel de investigación

Es de tipo aplicada, ya que se recurrió a conocimientos establecidos en las ciencias biológicas y del suelo para solucionar el problema de la calidad del suelo y rendimiento de *T. cacao*. Corresponde a un nivel de investigación experimental porque evaluará las variables independientes (Compost municipal y EM) y las variables dependientes (indicadores físicos y químicos y rendimiento de *T. cacao*).

3.3.2 Diseño de la investigación

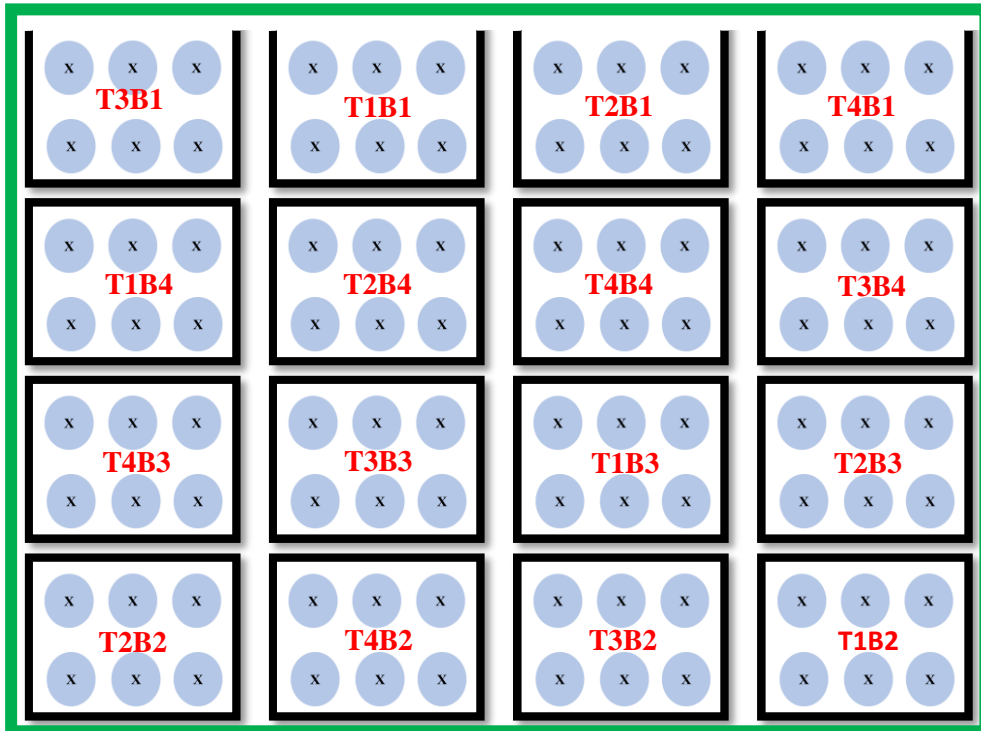
Corresponde a una investigación experimental puro, con ajuste estadístico diseño de bloques completamente al azar (DBCA), donde los tratamientos (Tabla 2) lo constituyen el Manejo orgánico en *T. cacao*. Teniendo 4 tratamientos: T1(testigo), T2(Compost municipal), T3(ME 10%) y T4(Compost municipal + ME), con 4 repeticiones por cada tratamiento. Para el inicio de la investigación se extrajo una muestra general del terreno, ubicando los puntos aleatoriamente.

La unidad experimental constaba de 6 árboles de cacao, con un área de 37.5 m^2 y hacen un total de 16 unidades experimentales; el área experimental total fue de 600 m^2 . Se aplicaron los tratamientos a cada unidad experimental y se evaluaron las propiedades del suelo.

Tabla 4: Diseño del campo experimental

Bloques	Tratamientos			
B1	T3	T1	T2	T4
B4	T1	T2	T4	T3
B3	T4	T3	T1	T2
B2	T2	T4	T3	T1

Fuente: Mismo autor



x = Planta seleccionada para evaluación

Fuente. Elaborado por el autor

Figura 2. Diseño de la unidad experimental y selección de plantas a evaluar

3.4 Sobre el área de estudio

a) Aplicación de químicos existentes

La plantación de cacao donde se realizó la investigación tiene aproximadamente 20 años de edad, actualmente realiza un manejo convencional, que consta de la aplicación de abonos químicos formulados (N (20 %), P (20%), K (20%)), a razón de 300 kg ha^{-1} , la cual era proporcionada por DEVIDA, estos eran aplicados en forma de boleó en la superficie del cultivo, el rendimiento anual promedio era de $400 - 450 \text{ kg ha}^{-1}$. La plantación actualmente presenta enfermedades como: la escoba de bruja, la moniliasis, pudrición parda de la mazorca, mal de machete y plagas como: mosquilla del cacao.

b) Diseño del cultivo del *T. cacao*

El distanciamiento de la plantación es de $2.5\text{m} \times 2.5\text{m}$ entre plantas de cacao, no se observa un alineamiento entre plantas, el área experimental total fue de 600 m^2 . La variedad

de la plantación es CCN51, el injerto de la plantación se realizó hace 10 años, la poda se realiza cada año en los meses de junio.

3.5 Aplicación de Tratamientos y Muestreo de Campo:

a) Muestreo de Campo

Se hizo un reconocimiento del terreno y se extrajo una muestra general, siguiendo las recomendaciones por la guía para el muestreo de suelos (MINAM, 2016). Se extrajo 25 muestras aleatorias de cada unidad experimental (37.5 m²) y se formó una muestra compuesta, por el método del cuarteo separamos 1kg de muestra, se tamizó y se llevó al laboratorio de Agronomía de la UNAS para los análisis físicos y químicos. Los indicadores físicos y químicos se han evaluado de 0,0 a 0,20 m de profundidad.

b) Aplicación de tratamientos

Los tratamientos lo constituyen el Manejo orgánico en *T. cacao*. Teniendo 4 tratamientos: T1(testigo sin ninguna aplicación), T2(Compost municipal), T3(EM) y T4(Compost municipal + EM), con 4 repeticiones por cada tratamiento (Tabla 5).

Se instalaron unidades experimentales en campo (tabla 4 y figura 2) y para determinar cada unidad experimental (conformado por 6 plantas de *T. cacao*), obteniendo como resultado 16 unidades experimentales, para ello se usaron un cordel grueso color blanco y para la diferenciación de unidades experimentales se colocó tableros de madera con los tratamientos.

Para el T2, se aplicó Compost municipal (MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE LEONCIO PRADO) a razón de 4000 kg. ha⁻¹, según las recomendaciones de Florida et al, (2020), concluyó que, el compost a base de plumas, a razón de 4.000 - 6.000 kg. ha⁻¹ mostró efectos positivos muy similares al compost tradicional en indicadores químicos que definen la calidad del suelo, en plantaciones de *T. cacao*, quién tomó como referencias a (Florida et al, 2018), Alvarado (2016) y Puentes et al. (2014). Se hizo una pequeña zanja (0 - 10cm) e introducimos el compost alrededor de las plantas de *T. cacao* a la altura de la copa del cultivo siguiendo la recomendación.

Para el T3, se aplicó 2 litros/mochila de 20 L, equivalente a una concentración del 10% de EM en la suspensión aplicada, la dosis tendrá como referencia a (Ramírez et al, 2019), en su investigación se concluyó que, los hongos y actinomicetos muestran un incremento con T2 (5% de EM) y T3 (10% de EM) y luego disminuyen en T4 (con 15% de EM). La aplicación de EM se realizó alrededor de las plantas de *T. cacao* a la altura de la copa, roseando en la superficie del suelo hasta quedar completamente mojado.

Para el T4, se aplicó Compost a razón de 4000 kg. ha⁻¹+ EM al 10%, para la aplicación del compost se hizo una pequeña zanja (0 - 10cm) e introducimos el compost alrededor de las plantas de *T. cacao* a la altura de la copa del cultivo, seguidamente se aplicó el EM al 10% roseando alrededor de todo el árbol de *T. cacao* hasta la altura de la copa.

La aplicación de tratamientos fue fraccionada de modo que, la 1° aplicación se realizó después de la extracción de la muestra general, la segunda aplicación se realizó a los 90 días de la primera aplicación y la tercera aplicación se realizó a los 90 días de la segunda aplicación.

Tabla 5. Descripción de los tratamientos

Tratamiento	Descripción	Aplicación parcial en 3 etapas		
		1° Aplicación	2° Aplicación	3° Aplicación
T1	Testigo-sin aplicación	0	0	0
T2	Compost municipal a razón de 4000 kg. ha ⁻¹	1333 kg. ha ⁻¹	1333 kg. ha ⁻¹	1333 kg. ha ⁻¹
T3	EM al 10 % de concentración	2 L/20 L	2 L/20 L	2 L/20 L
T4	EM al 10 % + Compost a razón de 4000 kg. ha ⁻¹	1333 kg. ha ⁻¹ + 2 L/20 L	1333 kg. ha ⁻¹ + 2 L/20 L	1333 kg. ha ⁻¹ + 2 L/20 L

Fuente. Elaborado por el autor

3.6 Determinación de las propiedades físicas y químicas del suelo con plantación de *T. cacao*, Densidad Aparente (Da), Textura, resistencia a la penetración (Rp), MO, pH, N, K, P, Ca, CIC, Mg y Al.

A los 90 días de la primera aplicación de los tratamientos, se realizó una toma de muestra de cada unidad experimental para conocer el progreso de las propiedades del suelo, para ello se realizó la extracción de muestras de forma aleatoria, tomando 6 sub muestras dentro de la unidad experimental para luego juntarlo y obtener una muestra grupal, ésta por unidad experimental y luego fueron trasladadas al laboratorio de la UNAS, este proceso se repitió cada a los 180 días y a los 270 días de la primera aplicación.

En la Tabla 6 y 7, se describen los indicadores a evaluarse y el método de su determinación según los tratamientos considerados.

Tabla 6. Indicadores físicos

Indicadores físicos	Método de su determinación
Resistencia a la penetración	Método directo (penetrómetro de cono)
Textura de suelo	Método del hidrómetro de Bouyoucos
Densidad aparente	Método del cilindro

Fuente. Elaborado por el autor

Tabla 7. Indicadores químicos

Propiedades del suelo	
Indicadores químicos	Método de su determinación
Materia Orgánica	Método de Walkley y Black
pH	Método electrométrico
Nitrógeno	Método de Materia orgánica
Fósforo disponible	Método de Olsen modificado
Potasio disponible	Método del acetato de amonio
Calcio disponible	Método del acetato de amonio
Magnesio disponible	Método del acetato de amonio
Conductividad eléctrica	Método electrométrico
Capacidad de intercambio catiónico	Método del acetato de amonio

Fuente. Elaborado por el autor

3.7 Análisis estadístico

El diseño utilizado es un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) donde los tratamientos lo constituyeron: T1(testigo), T2(Compost municipal), T3(ME 10%) y T4(Compost municipal + ME), con 4 repeticiones por cada tratamiento, y un tamaño de muestra $n= 16$ (4 muestras por tratamiento). Los datos se sometieron a la prueba de HSD Tukey con un nivel de significancia del 5% para la comparación de medias para los indicadores físicos y químicos del suelo. Para el procesamiento de los datos se utilizó el software libre IBM SPSS Statistics 25, los datos se presentan en tablas, analizadas estadísticamente.

3.8 Población y muestra

3.8.1 Población

Está conformado por 96 plantas de cacao CCN51, el área experimental fue de 600 m².

3.8.2 Muestra

Compuesta por 6 plantas de cacao, de las cuales se extrajeron las muestras de forma aleatoria por cada unidad experimental.

3.8.3 Unidad de análisis

El experimento constituye 16 unidades experimentales, en los cuales cada unidad experimental tuvo 6 plantas de cacao y se extrajeron las muestras de forma aleatoria por cada unidad experimental.

3.9 Variables

a) Independientes:

- Compost
- EM

b) Dependientes:

- Indicadores físicos y químicos del suelo (Densidad Aparente (Da), Textura, Densidad Real (Dr), resistencia a la penetración (Rp), MO, pH, K, N, P, Mg, Ca, CIC y Al).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Indicadores físicos del suelo

a) Densidad aparente

En la **Tabla 8** se muestran la estadística descriptiva con la media, desviación estándar, el análisis post-hoc de Tukey para el indicador Da. Los resultados muestran que, los tratamientos son iguales, no muestran diferencias significativas en los tratamientos para el indicador evaluado en la primera y tercera aplicación, para la segunda aplicación se muestra una diferencia altamente significativa. Además, para la primera aplicación se observa la media más alta en el T2 y T4 ($1,20 \text{ g/cm}^3$), T4 ($1,19 \text{ g/cm}^3$) en la segunda aplicación y T1 ($1,06 \text{ g/cm}^3$) en la tercera aplicación.

Tabla 8. Estadística descriptiva para el indicador Da, según tratamientos.

Da (g/cm^3)	Tratamientos				Estadísticos	
	T1	T2	T3	T4	SEM	Sig.
1era aplicación	1,09±0,10a	1,20±0,09a	1,14±0,14a	1,20±0,16a	0,017	0,663
2da aplicación	1,11±0,02a	1,17±0,02b	1,13±0,00a	1,19±0,00b	0,000	0,000**
3era aplicación	1,06±0,11a	1,05±0,03a	1,02±0,06a	1,04±0,08a	0,006	0,868

Da densidad aparente, T1 tratamiento control, T2 compost, T3 EM, T4 EM + compost, SEM cuadrado medio del error, Sig. significancia estadística, * significativo, ** altamente significativo, las letras a, b, c y d, representan diferencias estadísticamente significativas entre los promedios evaluado mediante la prueba de Tukey ($P < 0.05$).

b) Fracción Arena

La **Tabla 9** muestra la estadística descriptiva con la media, desviación estándar, el análisis post-hoc de Tukey para la fracción Arena. Los resultados muestran que, los tratamientos son iguales, no muestran diferencias significativas en los tratamientos para el indicador evaluado en las 3 aplicaciones. Además, para la primera aplicación se observa la media más alta en el T3 (22,50 %), T4 (12,96 %) en la segunda aplicación y T4 (15,46 %) en la tercera aplicación.

Tabla 9. Estadística descriptiva para el indicador Arena, según tratamientos.

Indicador Arena (%)	Tratamientos				Estadísticos	
	T1	T2	T3	T4	SEM	Sig.
1era aplicación	21,50±2,58a	18,25±2,06a	22,50±2,31a	19,00±4,12a	8,313	0,175
2da aplicación	12,46±6,19a	9,96±3,46a	10,46±3,41a	12,96±4,32a	20,167	0,735
3era aplicación	11,46±3,00a	9,96±1,15a	13,46±3,78a	15,46±3,78a	9,750	0,124

T1 tratamiento control, T2 compost, T3 EM, T4 EM + compost, SEM cuadrado medio del error, Sig. significancia estadística, * significativo, ** altamente significativo, las letras a, b, c y d, representan diferencias estadísticamente significativas entre los promedios evaluado mediante la prueba de Tukey ($P < 0.05$).

c) Fracción Limo

En la **Tabla 10** se muestra la estadística descriptiva con la media, desviación estándar, el análisis post-hoc de Tukey para la fracción Limo. Los resultados muestran que, los tratamientos son iguales, no muestran diferencias significativas en los tratamientos para el indicador evaluado en las 3 aplicaciones. Además, para la primera aplicación se observa la media más alta en el T2 (45,75 %), T2 (52,38 %) en la segunda aplicación y T2 (39,26 %) en la tercera aplicación.

Tabla 10. Estadística descriptiva para el indicador Limo, según tratamientos.

Indicador Limo (%)	Tratamientos				Estadísticos	
	T1	T2	T3	T4	SEM	Sig.
1era aplicación	43,00±1,00a	45,75±0,96a	42,50±1,63a	44,00±3,00a	3,396	0,116
2da aplicación	49,35±3,72a	52,28±4,16a	51,73±4,41a	49,28±1,63a	13,338	0,737
3era aplicación	37,26±3,78a	39,26±1,00a	34,26±5,00a	30,76±2,58a	11,750	4,674

T1 tratamiento control, T2 compost, T3 EM, T4 EM + compost, SEM cuadrado medio del error, Sig. significancia estadística, * significativo, ** altamente significativo, las letras a, b, c y d, representan diferencias estadísticamente significativas entre los promedios evaluado mediante la prueba de Tukey ($P < 0.05$).

d) Fracción Arcilla

En la **Tabla 11** muestra la estadística descriptiva con la media, desviación estándar, el análisis post-hoc de Tukey para la fracción Arcilla. Los resultados muestran que, los tratamientos son iguales, no muestran diferencias significativas en los tratamientos para el indicador evaluado en las 3 aplicaciones. Además, para la primera aplicación se observa la media más alta en el T4 (37,00 %), T1 (38,18 %) en la segunda aplicación y T4 (53,78 %) en la tercera aplicación.

Tabla 11. Estadística descriptiva para el indicador Arcilla, según tratamientos.

Indicador Arcilla (%)	Tratamientos				Estadísticos	
	T1	T2	T3	T4	SEM	Sig.
1era aplicación	35,50±2,52a	36,00±2,58a	35,00±1,63a	37,00±1,63a	4,583	0,606
2da aplicación	38,18±2,95a	37,76±2,82a	37,81±2,87a	37,76±2,82a	8,246	0,996
3era aplicación	51,28±4,32a	50,78±1,91a	52,28±3,46a	53,78±1,91a	9,500	0,737

T1 tratamiento control, T2 compost, T3 EM, T4 EM + compost, SEM cuadrado medio del error, Sig. significancia estadística, * significativo, ** altamente significativo, las letras a, b, c y d, representan diferencias estadísticamente significativas entre los promedios evaluado mediante la prueba de Tukey ($P < 0.05$).

e) Resistencia a la penetración

En la **Tabla 12** se muestra la estadística descriptiva con la media, desviación estándar, el análisis post-hoc de Tukey para el indicador Rp. Los resultados muestran que, los tratamientos son iguales, no muestran diferencias significativas en los tratamientos para el indicador evaluado en las 3 aplicaciones. Además, para la primera aplicación se observa la media más alta en el T1 (1,71 g/cm³), T1 (1,82 g/cm³) en la segunda aplicación y T1 (1,95 g/cm³) en la tercera aplicación.

Tabla 12. Estadística descriptiva para el indicador Rp, según tratamientos.

Indicador Rp (g/cm ³)	Tratamientos				Estadísticos	
	T1	T2	T3	T4	SEM	Sig.
1era aplicación	1,71±0,15a	1,56±0,13a	1,61±1,10a	1,61±0,20a	0,047	0,746
2da aplicación	1,82±0,08a	1,56±0,15a	1,61±0,38a	1,71±0,12a	0,049	0,413
3era aplicación	1,95±0,05a	1,64±0,13a	1,65±0,40a	1,82±0,14a	0,051	0,215

Rp resistencia a la penetración, T1 tratamiento control, T2 compost, T3 EM, T4 EM + compost, SEM cuadrado medio del error, Sig. significancia estadística, * significativo, ** altamente significativo, las letras a, b, c y d, representan diferencias estadísticamente significativas entre los promedios evaluado mediante la prueba de Tukey (P < 0.05).

4.2. Indicadores químicos del suelo

a) pH

Se evaluó los principales indicadores químicos de calidad del suelo. En la **Tabla 13** se muestra la estadística descriptiva con la media, desviación estándar, el análisis post-hoc de Tukey para el indicador pH. Los resultados muestran que, los tratamientos son iguales, no muestra diferencias significativas en las 3 aplicaciones.

Tabla 13. Estadística descriptiva para el indicador químico pH, según tratamientos.

Indicador pH	Tratamientos				Estadísticos	
	T1	T2	T3	T4	SEM	Sig.
Primera aplicación	5,18±0,22a	5,30±0,27a	5,38±0,19a	5,30±0,24a	0,068	0,752
Segunda aplicación	5,84±0,24a	5,62±0,17a	5,62±0,09a	5,63±0,12a	0,028	0,243
Tercera aplicación	5,84±0,21a	5,86±0,31a	5,83±0,26a	5,95±0,28a	0,074	0,917

pH potencial hidrógeno, T1 tratamiento control, T2 compost, T3 EM, T4 EM + compost, SEM cuadrado medio del error, Sig. significancia estadística, * significativo, ** altamente significativo, las letras a, b, c y d representan diferencias estadísticamente significativas entre los promedios evaluado mediante la prueba de Tukey (P < 0.05).

b) Materia Orgánica

En la **tabla 14**, se muestra la estadística descriptiva con la media, desviación estándar, el análisis post-hoc de Tukey para el indicador MO. Los resultados muestran que, los tratamientos no son iguales, muestra diferencias altamente significativas en las 3 aplicaciones.

Tabla 14. Estadística descriptiva para el indicador químico MO, según tratamientos.

Indicador MO (%)	Tratamientos				Estadísticos	
	T1	T2	T3	T4	SEM	Sig.
Primera aplicación	1,40±0,08a	2,10±0,22b	2,48±0,26b	2,20±0,16b	0,034	0,000**
Segunda aplicación	1,06±0,22a	1,24±0,43b	1,43±0,29c	1,69±0,08d	0,002	0,000**
Tercera aplicación	1,72±0,11a	1,86±0,06a	2,50±0,12b	2,74±0,04c	0,009	0,000**

MO materia orgánica, T1 tratamiento control, T2 compost, T3 EM, T4 EM + compost, SEM cuadrado medio del error, Sig. significancia estadística, * significativo, ** altamente significativo, las letras a, b, c y d, representan diferencias estadísticamente significativas entre los promedios evaluado mediante la prueba de Tukey ($P < 0.05$).

c) Nitrógeno

En la **Tabla 15** se muestra la estadística descriptiva con la media, desviación estándar, el análisis post-hoc de Tukey para el indicador N. Los resultados muestran que los tratamientos no son iguales, muestra diferencias altamente significativas en las 3 aplicaciones.

Tabla 15. Estadística descriptiva para el indicador químico N, según tratamientos.

Indicador N (%)	Tratamientos				Estadísticos	
	T1	T2	T3	T4	SEM	Sig.
Primera aplicación	0,07±0,00a	0,10±0,01b	0,13±0,01c	0,10±0,02b	0,000	0,000**.
Segunda aplicación	0,50±0,00a	0,06±0,00b	0,07±0,00c	0,08±0,00d	0,000	0,000**
Tercera aplicación	0,08±0,00a	0,09±0,00a	0,12±0,00b	0,13±0,00c	0,000	0,000**

N nitrógeno, T1 tratamiento control, T2 compost, T3 EM, T4 EM + compost, SEM cuadrado medio del error, Sig. significancia estadística, * significativo, ** altamente significativo, las letras a, b, c y d, representan diferencias estadísticamente significativas entre los promedios evaluado mediante la prueba de Tukey ($P < 0.05$).

d) Fósforo

El indicador químico muestra que los tratamientos no son iguales (**Tabla 16**), muestra diferencias altamente significativas para el P en las 3 aplicaciones. Además, se muestra la estadística descriptiva con la media, desviación estándar, el análisis post-hoc de Tukey

Tabla 16. Estadística descriptiva para el indicador químico P, según tratamientos.

Indicador P (ppm)	Tratamientos				Estadísticos	
	T1	T2	T3	T4	SEM	Sig.
Primera aplicación	11,35±1,19a	11,98±1,06a	16,20±0,52b	19,95±0,13c	0,706	0,000**
Segunda aplicación	19,00±0,48a	26,41±0,34b	27,55±1,02b	30,84±1,48c	0,897	0,000**
Tercera aplicación	19,36±3,78a	25,70±1,85b	27,92±0,77bc	32,02±2,06c	5,661	0,000**

P fósforo, T1 tratamiento control, T2 compost, T3 EM, T4 EM + compost, SEM cuadrado medio del error, Sig. significancia estadística, * significativo, ** altamente significativo, las letras a, b, c y d, representan diferencias estadísticamente significativas entre los promedios evaluado mediante la prueba de Tukey (P < 0.05).

e) Potasio

En la **tabla 17** se muestra la estadística descriptiva con la media, desviación estándar, el análisis post-hoc de Tukey para el indicador químico del suelo K. Los resultados muestran que, los tratamientos no son iguales, muestra diferencias altamente significativas en las 3 aplicaciones.

Tabla 17. Estadística descriptiva para el indicador químico K, según tratamientos.

Indicador K (ppm)	Tratamientos				Estadísticos	
	T1	T2	T3	T4	SEM	Sig.
Primera aplicación	56,43±1,16a	62,93±1,29b	58,18±0,87a	61,98±1,45b	1,464	0,000**
Segunda aplicación	97,63±0,77a	102,69±1,42b	112,69±3,43c	114,20±1,06c	3,892	0,000**
Tercera aplicación	101,95±1,61a	110,57±1,98b	115,45±1,36c	122,57±0,96d	2,340	0,000**

K potasio, T1 tratamiento control, T2 compost, T3 EM, T4 EM + compost, SEM cuadrado medio del error, Sig. significancia estadística, * significativo, ** altamente significativo, las letras a, b, c y d, representan diferencias estadísticamente significativas entre los promedios evaluado mediante la prueba de Tukey (P < 0.05).

f) Calcio

En la **tabla 18** se muestra la estadística descriptiva con la media, desviación estándar, el análisis post-hoc de Tukey para el indicador químico del suelo Ca. Los resultados muestran que, los tratamientos no son iguales, muestra diferencias altamente significativas en las 3 aplicaciones.

Tabla 18. Estadística descriptiva para el indicador químico Ca, según tratamientos.

Indicador Ca (Cmol ⁽⁺⁾ /kg ⁻¹)	Tratamientos				Estadísticos	
	T1	T2	T3	T4	SEM	Sig.
Primera aplicación	2,43±0,50a	3,50±0,00c	2,73±0,50b	3,65±0,10d	0,004	0,000**
Segunda aplicación	3,60±1,21a	4,26±0,09b	4,77±0,13c	4,97±0,11d	0,010	0,000**
Tercera aplicación	4,32±0,42a	5,27±0,09b	5,51±0,28b	6,26±0,36c	0,010	0,000**

Ca calcio, T1 tratamiento control, T2 compost, T3 EM, T4 EM + compost, SEM cuadrado medio del error, Sig. significancia estadística, * significativo, ** altamente significativo, las letras a, b, c y d, representan diferencias estadísticamente significativas entre los promedios evaluado mediante la prueba de Tukey (P < 0.05).

g) Magnesio

En la **tabla 19** se muestra la estadística descriptiva con la media, desviación estándar, el análisis post-hoc de Tukey para el indicador químico del suelo Mg. Los resultados muestran que, los tratamientos no son iguales, muestra diferencias altamente significativas en las 3 aplicaciones.

Tabla 19. Estadística descriptiva para el indicador químico Mg, según tratamientos.

Indicador Mg (Cmol ⁽⁺⁾ /kg ⁻¹)	Tratamientos				Estadísticos	
	T1	T2	T3	T4	SEM	Sig.
Primera aplicación	0,30±0,01a	0,50±0,02c	0,43±0,21b	0,48±0,01c	0,000	0,000**
Segunda aplicación	0,44±0,02a	0,52±0,01b	0,59±0,01c	0,61±0,00c	0,000	0,000**
Tercera aplicación	0,50±0,28a	0,74±0,05b	0,85±0,02c	0,89±0,03c	0,002	0,000**

Mg magnesio, T1 tratamiento control, T2 compost, T3 EM, T4 EM + compost, SEM cuadrado medio del error, Sig. significancia estadística, * significativo, ** altamente significativo, las letras a, b, c y d, representan diferencias estadísticamente significativas entre los promedios evaluado mediante la prueba de Tukey (P < 0.05).

h) Capacidad de Intercambio Catiónico

En la **tabla 20** se muestra la estadística descriptiva con la media, desviación estándar, el análisis post-hoc de Tukey para el indicador químico del suelo CIC. Los resultados muestran que, los tratamientos no son iguales, muestra diferencias altamente significativas en las 3 aplicaciones.

Tabla 20. Estadística descriptiva para el indicador químico CIC, según tratamientos.

Indicador CIC (Cmol ⁽⁺⁾ /kg ⁻¹)	Tratamientos				Estadísticos	
	T1	T2	T3	T4	SEM	Sig.
Primera aplicación	3,48±0,10a	4,55±0,13b	3,60±0,08a	4,90±0,48b	0,066	0,000**
Segunda aplicación	4,44±0,14a	5,23±0,11b	5,89±0,16c	6,16±0,02d	0,015	0,000**
Tercera aplicación	5,16±0,44a	6,40±0,18b	6,81±0,33b	7,84±0,35c	0,118	0,000**

CIC capacidad de intercambio catiónico, T1 tratamiento control, T2 compost, T3 EM, T4 EM + compost, SEM cuadrado medio del error, Sig. significancia estadística, * significativo, ** altamente significativo, las letras a, b, c y d, representan diferencias estadísticamente significativas entre los promedios evaluado mediante la prueba de Tukey (P < 0.05).

i) Aluminio

En la **tabla 21** se muestra la estadística descriptiva con la media, desviación estándar, el análisis post-hoc de Tukey para el indicador químico del suelo Al. Los resultados muestran que, los tratamientos son iguales, no muestran diferencias significativas en las 3 aplicaciones.

Tabla 21. Estadística descriptiva para el indicador químico Al, según tratamientos.

Indicador Al (Cmol ⁽⁺⁾ /kg ⁻¹)	Tratamientos				Estadísticos	
	T1	T2	T3	T4	SEM	Sig.
Primera aplicación	0,39±0,02a	0,20±0,08a	0,16±0,01a	0,42±0,42a	0,046	0,276
Segunda aplicación	0,00±0,00a	0,00±0,00a	0,00±0,00a	0,00±0,00a	0,000	0,000
Tercera aplicación	0,00±0,00a	2,00±1,34b	0,29±0,59a	0,00±0,00a	0,542	0,006

Al aluminio, T1 tratamiento control, T2 compost, T3 EM, T4 EM + compost, SEM cuadrado medio del error, Sig. significancia estadística, * significativo, ** altamente significativo, las letras a, b, c y d, representan diferencias estadísticamente significativas entre los promedios evaluado mediante la prueba de Tukey (P < 0.05).

Las comparaciones múltiples (**Tabla 22**), muestran que el indicador MO, en la primera aplicación el T3 y T4 son diferentes al T1 y T2, en la segunda aplicación todos los tratamientos son diferentes al T1 y en la tercera aplicación el T3 y T4 son diferentes al T1 y T2

Tabla 22. Comparaciones múltiples HSD Tukey del indicador MO.

Comparaciones múltiples				
Tratamientos	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	
Primera aplicación				
T1	T2	-0.7000*	0.13030	0.001
	T3	-1.0750*	0.13030	0.000
	T4	-0.8000*	0.13030	0.000
Segunda aplicación				
T1	T2	-.1800*	0.03151	0.000
	T3	-.3675*	0.03151	0.000
	T4	-.6300*	0.03151	0.000
Tercera aplicación				
T1	T2	-0.1475	0.06768	0.184
	T3	-.7800*	0.06768	0.000
	T4	-1.0225*	0.06768	0.000

T1 tratamiento control, T2 compost, T3 EM, T4 EM + compost, Sig. Significancia, * significativo.

Las comparaciones múltiples (**Tabla 23**), muestran que en el indicador N, el T3 y T4 son diferentes al T1 y T2 en las 3 aplicaciones.

Tabla 23. Comparaciones múltiples HSD Tukey del indicador N.

Comparaciones múltiples				
Tratamientos		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.
Primera aplicación				
T1	T2	-0.0325*	0.00654	0.002
	T3	-0.0575*	0.00654	0.000
	T4	-0.0375*	0.00654	0.000
Segunda aplicación				
T1	T2	-.0125*	0.00270	0.003
	T3	-.0200*	0.00270	0.000
	T4	-.0350*	0.00270	0.000
Tercera aplicación				
T1	T2	-0.0075	0.00382	0.254
	T3	-.0400*	0.00382	0.000
	T4	-.0525*	0.00382	0.000

T1 tratamiento control, T2 compost, T3 EM, T4 EM + compost, Sig. Significancia, * significativo.

Las comparaciones múltiples (**Tabla 24**), muestran que en el indicador P, en la primera aplicación el T3 y T4 son diferentes al T1 y T2, en la segunda aplicación todos los tratamientos son diferentes al T1 y en la tercera aplicación el T4 es diferente a todos los tratamientos.

Tabla 24. Comparaciones múltiples HSD Tukey del indicador P.

Comparaciones múltiples				
Tratamientos		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.
Primera aplicación				
T1	T2	-0.6250	0.59398	0.723
	T3	-4.8500*	0.59398	0.000
	T4	-8.6000*	0.59398	0.000
Segunda aplicación				
T1	T2	-7.4025*	0.66965	0.000
	T3	-8.5450*	0.66965	0.000
	T4	-11.8325*	0.66965	0.000
Tercera aplicación				
T1	T2	-6.3325*	1.68246	0.012
	T3	-8.5525*	1.68246	0.001
	T4	-12.6550*	1.68246	0.000

T1 tratamiento control, T2 compost, T3 EM, T4 EM + compost, Sig. Significancia, * significativo.

Las comparaciones múltiples (**Tabla 25**), muestran que en el indicador K, en la primera aplicación el T2 y T4 son diferentes al T1 y T3, en la segunda aplicación el T3 y T4 son diferentes al T1 y T2 y en la tercera aplicación todos los tratamientos son diferentes al T1.

Tabla 25. Comparaciones múltiples HSD Tukey del indicador K.

Comparaciones múltiples				
Tratamientos		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.
Primera aplicación				
	T2	-6.5000*	0.85562	0.000
T1	T3	-1.7500	0.85562	0.226
	T4	-5.5500*	0.85562	0.000
Segunda aplicación				
	T2	-5.0625*	1.39499	0.016
T1	T3	-15.0825*	1.39499	0.000
	T4	-16.5650*	1.39499	0.000
Tercera aplicación				
	T2	-8.6175*	1.08167	0.000
T1	T3	-13.4925*	1.08167	0.000
	T4	-20.6175*	1.08167	0.000

T1 tratamiento control, T2 compost, T3 EM, T4 EM + compost, Sig. Significancia, * significativo.

Las comparaciones múltiples (**Tabla 26**), muestran que en el indicador Ca, en la primera y segunda aplicación todos los tratamientos son diferentes al T1, en la tercera aplicación el T4 es diferente al T1, T2 y T3.

Tabla 26. Comparaciones múltiples HSD Tukey del indicador Ca.

Comparaciones múltiples				
Tratamientos		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.
Primera aplicación				
	T2	-1.0750*	0.04330	0.000
T1	T3	-0.3000*	0.04330	0.000
	T4	-1.2250*	0.04330	0.000
Segunda aplicación				
	T2	-.6600*	0.07187	0.000
T1	T3	-1.1775*	0.07187	0.000
	T4	-1.3725*	0.07187	0.000
Tercera aplicación				
	T2	-.9500*	0.22515	0.006
T1	T3	-1.1900*	0.22515	0.001
	T4	-1.9375*	0.22515	0.000

T1 tratamiento control, T2 compost, T3 EM, T4 EM + compost, Sig. Significancia, * significativo.

Las comparaciones múltiples (**Tabla 27**), muestran que en el indicador Mg, todos los tratamientos son diferentes al T1 en las 3 aplicaciones.

Tabla 27. Comparaciones múltiples HSD Tukey del indicador Mg.

Comparaciones múltiples				
Tratamientos		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.
Primera aplicación				
T1	T2	-0.1975*	0.01168	0.000
	T3	-0.1250*	0.01168	0.000
	T4	-0.1750*	0.01168	0.000
Segunda aplicación				
T1	T2	-.0850*	0.01279	0.000
	T3	-.1525*	0.01279	0.000
	T4	-.1750*	0.01279	0.000
Tercera aplicación				
T1	T2	-.2375*	0.02758	0.000
	T3	-.3450*	0.02758	0.000
	T4	-.3825*	0.02758	0.000

T1 tratamiento control, T2 compost, T3 EM, T4 EM + compost, Sig. Significancia, * significativo.

Las comparaciones múltiples (**Tabla 28**), muestran que en el indicador CIC, todos los tratamientos son diferentes al T3 en la primera aplicación, para la segunda aplicación todos los tratamientos son diferentes al T1, para la tercera aplicación el T3 Y T4 son diferentes al T1 y al T2.

Tabla 28. Comparaciones múltiples HSD Tukey del indicador CIC.

Comparaciones múltiples				
Tratamientos		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.
Primera aplicación				
T1	T2	-1.0750*	0.18229	0.000
	T3	-0.1250	0.18229	0.901
	T4	-1.4250*	0.18229	0.000
Segunda aplicación				
T1	T2	-.7875*	0.08767	0.000
	T3	-1.4450*	0.08767	0.000
	T4	-1.7225*	0.08767	0.000
Tercera aplicación				
T1	T2	-1.2400*	0.24302	0.001
	T3	-1.6550*	0.24302	0.000
	T4	-2.6825*	0.24302	0.000

T1 tratamiento control, T2 compost, T3 EM, T4 EM + compost, Sig. Significancia, * significativo.

Los indicadores físicos evaluados (Tabla 8, 9, 10,11 y 12) fueron la textura, la Rp y Da, encontrándose según la FAO (2009) texturas franco arcillo limoso para el T1, T2, T3 y T4. Además, las fracciones de arena, arcilla y limo no muestran diferencias significativas en todos los todos los tratamientos al igual que la Da y Rp, este último presenta valores (Tabla 12)

en la primera aplicación T1 (1,71 g/cm³), T1 (1,82 g/cm³) en la segunda aplicación y T1 (1,95 g/cm³), valores que están dentro del rango normal para el crecimiento y desarrollo de raíces del cultivo de *T. cacao* que es ratificado por Atwell (1993), quien menciona que, con RP superiores a 2 (g/cm³) se reduce significativamente el crecimiento de las raíces de la mayoría de las especies cultivadas, apoyado también por Zerpa (2006) quién ha empleado una escala para interpretar la condición del suelo para el desarrollo de la rizosfera según el RP de la capa edáfica, 1,4 < RP < 2 Moderadas a severas restricciones.

Asimismo, la Da presenta valores que fluctúan de (1,20 g/cm³) T2 y T4 en la primera aplicación, T4 (1,19 g/cm³) en la segunda aplicación y T1 (1,06 g/cm³) en la tercera aplicación, para (Schargel y Delgado, 1990) estos valores corresponden a suelos de textura fina (1.00 – 1.30), también en la Tabla 8, se puede observar que en la tercera aplicación los valores de Da bajan a comparación de la primera aplicación, según USDA (1999) presentan densidades ideales en todos los tratamientos en las 3 aplicaciones.

Según USDA (1999) el incremento de la Da, la Rp tiende a aumentar y la porosidad del suelo disminuye, estos cambios limitan el crecimiento de las raíces a valores críticos. En el estudio realizado la (Tabla 8) muestra que las densidades aparentes más altas lo presentan el T2 y T4 de la primera aplicación los cuales presentan resistencias a la penetración del suelo más altas lo cual corrobora con lo mencionado. Por otro lado, Navarro y Navarro, (2003) menciona que los valores bajos de densidad aparente se asocian con una condición general más apropiada para los cultivos. En nuestro estudio presentan valores más bajos el T3 y T4 de la tercera aplicación, lo cual me indica que tendrán condición adecuada para nuestro cultivo de cacao.

El resultado de evaluados revela que existe diferencias altamente estadísticas significativas en la mayoría de los indicadores químicos, excepto, en el pH (Tabla 13). Este comportamiento es ratificado en el análisis de comparaciones múltiples HSD de Tukey, donde (Tabla 22, 23) el T3 y T4 de las 3 aplicaciones son diferentes al T1 y T2 de la MO, N, además, el P (Tabla 24) en la primera aplicación el T3 y T4 son diferentes al T1 y T2, en la segunda aplicación todos los tratamientos son diferentes al T1 y en la tercera aplicación el T4 es diferente a todos los tratamientos. Así mismo, el P (Tabla 25) en la primera aplicación el T2 y T4 son diferentes al T1 y T3, en la segunda aplicación el T3 y T4 son diferentes al T1 y T2 y en la tercera aplicación todos los tratamientos son diferentes al T1, seguidamente en la Tabla 26 se observa que, el Ca en la primera y segunda aplicación todos los tratamientos son diferentes al T1, en la tercera aplicación el T4 es diferente al T1, T2 y T3. Sin embargo, los valores del Mg (Tabla 27) muestran que, todos los tratamientos son diferentes al T1 en las 3 aplicaciones. Por

último, en la tabla 28 se muestra que, para el CIC todos los tratamientos son diferentes al T3 en la primera aplicación, para la segunda aplicación todos los tratamientos son diferentes al T1, para la tercera aplicación el T3 Y T4 son diferentes al T1 y al T2.

El pH, no presento diferencias significativas y fluctúa entre 5,18 (T1) y 5,38 (T3), en la primera aplicación, 5,62 (T2 y T3) y 5,84 (T1), en la segunda aplicación y 5,84 (T1) y 5,95 (T4), en la tercera aplicación, para Porta et al., (1987) estos valores se encuentran de muy ácido ($< 5,5$) y ácido (5,5,-6,5). Paredes, (2004) menciona que el potencial de hidrogeno del medio de crecimiento controla la actividad de los microorganismos y la disponibilidad de nutrientes. El rango óptimo para el cultivo de cacao es 5,5-6,5. En la investigación se observa (Tabla 13) que lo valores de pH crecieron en cada aplicación y resalta más el T4 con 5,30 (primera aplicación) 5,63 (segunda aplicación) y 5,95 (tercera aplicación).

El P se encuentran más disponibles a pH entre 6 y 7.5 (Romero, 1996) y eso explica por qué el P presenta niveles bajos y medios para nuestra investigación. También, El uso de abonos orgánicos ya sea en sistemas orgánicas o convencionales inducen a cambios en el comportamiento del nitrógeno, mantiene el predominio de la CIC, disminuye la acidez del suelo, y mejora la actividad microbiana (Theodoro et al., 2003). En nuestra investigación los valores de las propiedades físicas aumentaron paulatinamente según los tratamientos y las aplicaciones. Cabe resaltar que el T4 (compost + ME) obtuvieron los valores más altos en los indicadores químicos evaluados.

La M.O, presentó diferencia altamente significativa y fluctúa entre 1,40 (T1) – 2,48 (T3) para la primera aplicación, 1,06 (T1) – 1,69 (T4) para la segunda aplicación y 1,72 (T1) – 2,74 (T4) para la tercera aplicación, según SAGARPA (2012) el indicador presenta niveles medios ($1,50 \leq MO < 3,50$) para todos los tratamientos en las 3 aplicaciones. La MO se considera la base de la fertilidad y tiene un efecto directo sobre los parámetros físicos y químicos, especialmente sobre la formación de agregados estables y la disponibilidad de importantes macronutrientes como N, P y S (Cunha et al., 2018, Demuner et al., 2013). Ramírez & Salazar (2006) observaron que la resistencia mecánica del suelo disminuye con el aumento del contenido de materia orgánica, probablemente porque la materia orgánica contribuye con el aumento de los espacios porosos del suelo. En la investigación los valores obtenidos de la M.O no tienen relación directa con Rp, ya que la MO aumentó igualmente que Rp.

El nitrógeno (N), presentan diferencias altamente significativas, y varían entre 0,07 (T1) – 0,13 (T3) en la primera aplicación, 0,05 (T1) – 0,08 (T4) en la segunda aplicación

y 0,08 (T1) – 0,13 (T4) en la tercera aplicación, según SAGARPA (2012) presentan niveles bajos (0.05 – 0.1) para todos los tratamientos en las 3 aplicaciones. El N puede ingresar al suelo a través de la incorporación de materia orgánica (abonos orgánicos, estiércol y los residuos de cosecha) y procesos de fijación bacteriana a partir de la atmosfera (Navarro & Navarro 2003). En nuestra investigación el N y MO obtenida presentan nivel bajos y medios lo que coincide con lo mencionado por el autor.

Para los valores de K, Ca y Mg en la (Tabla 16) sus rangos interpretativos según SAGARPA (2012), el K presenta niveles medios (100-240) para el T4 obteniendo los valores más altos en las 3 aplicaciones, para Ca presentan niveles medios (5,00- 10,00) en el T4 obteniendo los valores más altos en las 3 aplicaciones. Estos niveles observados se deben a que el suelo evaluado en la investigación presenta pH muy ácido – ácido esto indica que estos elementos se encuentran en niveles bajos y medios, sumado a ello las condiciones ambientales influyen sobre estos.

La capacidad de intercambio catiónico (CIC), presenta diferencias altamente significativas y su valor varía entre 3,60 (T3) – 4,90 (T4) para la primera aplicación, 4,44 (T1) – 6,16 (T4) en la segunda aplicación y 5,16 (T1) – 7,84 (T4) para la tercera aplicación, resaltando que, el T4 (compost + ME) obtuvo los valores más altos en las 3 aplicaciones, según SAGARPA (2012). presentan niveles bajos ($5-15 \text{ Cmol}^{(+)}/\text{kg}^{-1}$) para todos los tratamientos en las 3 aplicaciones. En la investigación los valores de la CIC está relacionado directamente con la clase textural, en la investigación como se tuvo un suelo de textura franco los valores para la CIC son de niveles bajos, el cual coincide con SAGARPA (2012) quien menciona la relación de las clases texturales, donde los suelos arenosos presentan los rangos más bajos, de 1 a 5 $\text{Cmol}^{(+)}/\text{kg}^{-1}$, suelos de textura franca de 5 a 15 $\text{Cmol}^{(+)}/\text{kg}^{-1}$, y suelos arcillosos presentan valores mayores a 30 $\text{Cmol}^{(+)}/\text{kg}^{-1}$. Sánchez (1981) menciona que se necesita una CIC de por lo menos 7 $\text{Cmol}^{(+)}/\text{kg}^{-1}$, para retener la mayoría de los cationes contra la lixiviación. En nuestro caso la CIC presenta valores cercanas a 7 $\text{Cmol}^{(+)}/\text{kg}^{-1}$ (Tabla 20) lo cual indica que en el futuro aplicando el T4 el suelo tendrá mayor retención de cationes y serán más resistente a la lixiviación.

V. CONCLUSIONES

- 1) Las aplicaciones tanto del compost y los microorganismos eficientes han mejorado considerablemente las propiedades físicas y químicas del suelo, por ello, también la mejoró la calidad del suelo.
- 2) Se evaluó los indicadores físicos (Da, Arena, Limo, Arcilla y Rp) donde no se encontraron diferencias significativas en las 3 aplicaciones. Físicamente corresponde a suelos de textura Franco Arcilloso Limoso, estos tratamientos tienen un Rp de suave a moderadamente suave, aceptable para el desarrollo del *Theobroma cacao*. Se observó valores altos de Da, correspondientes para un suelo de textura fina.
- 3) Se evaluó los indicadores químicos, se encontró niveles de pH que varían de muy ácido – ácido y niveles medios de MO que se relacionan directamente con el aumento de la MO. Así mismo se encontró diferencias altamente significativas para los indicadores MO, N, P, K, Mg, CIC, Ca, seguidamente se observó diferencias significativas para los indicadores SB y S Al, para el pH y Al no se muestran diferencias significativas.
- 4) A partir de la segunda aplicación (tercer mes), mostraron incremento en los valores de los indicadores químicos, favoreciendo así al cultivo de cacao, resaltando que el T4 (compost + ME) obtuvo los valores más altos en la mayoría de indicadores evaluados.
- 5) En la investigación se concluyó que, el T4 (compost + ME) es el mejor tratamiento para su aplicación.
- 6) Los resultados obtenidos causaron una mejora en la calidad del suelo, pero se esperaba mucho más.
- 7) Se concluye también que, en otras condiciones los resultados hubiesen sido más favorables y presentaría mejores resultados, tales como, un mejor manejo del suelo, mayor tiempo de evaluación y aplicación de los EM directamente al suelo.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

- 1) Realizar más estudios en aplicación de enmiendas orgánicas en cacao y como afecta en su rendimiento, ya que éste presenta mejoras en la calidad de suelo, siendo, además, un sistema sostenible para los agricultores.
- 2) Estudiar los niveles de la materia orgánica, para evaluar los cambios que se producen con el tiempo, ya que ayuda a la descomposición y mineralización de sustratos.
- 3) Continuar con la investigación de enmiendas orgánicas en la calidad del suelo, con indicadores microbiológicos, para así tener un estudio más detallado sobre los cambios que genera en los indicadores físicos y químicos.
- 4) Aplicar el T4 (compost + ME), ya que arrojaron los mejores resultados en cada aplicación según el estadístico descriptivo.
- 5) Extender el tiempo de evaluación como mínimo a 2 años para las propiedades físicas y químicas del suelo y evaluar el rendimiento del cultivo.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado, M. C. (2016). Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica, en el rendimiento de un clon de cacao (*Theobroma cacao* L.) y en la fertilidad del suelo (Tesis de pregrado) Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.
- Alvarado, S. (2017). “Elaboración de biol a partir de gallinaza y estiércol de ganado vacuno”. Obtenido de <https://docplayer.es/85403771-Universidad-nacional-agraria-de-la-selva.html>
- Alvarez, V. M., Largo, A., Iglesias, A. S., & Castillo, J. (2019). Calidad de compost obtenido a partir de estiércol de gallina, con aplicación de microorganismos benéficos, *Scientia Agropecuaria*, 10(3), 353- 361. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.03.05>
- Balaguer, F. (1999). Los abonos orgánicos 1era edición editorial R. Vicente. Madrid, España. 35 p.
- Baltodano, R. & Sotomayor, O. (2002). Evaluación de manejo de desechos orgánicos domésticos en la Universidad Earth, Trabajo de Graduación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo con el grado de Licenciatura, Guácimo, Costa Rica.
- Bazán, T. (2017). Manual de procedimientos de los análisis de suelos y agua con fines de riego. Universidad Nacional Agraria la Molina, Instituto Nacional de Innovación Agraria. Lima Perú. 92 p. Recuperado de http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/504/1/Bazan-Manual_de_procedimientos_de_los.pdf
- Castañeda, P. (1997). Manual técnico cafetalero. Convenio ADEX-USAD. Lima, Perú. 162 p.
- Carbajal R. (2018). Efecto de fuentes de sustratos orgánicos tratadas con microorganismos eficientes en plantas de cacao (*Theobroma cacao* L.) bajo condiciones de vivero en Chanchamayo. Tesis disponible en: <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2081>
- Castro, G. & Bartetley, B. (1983). Caracterizados dos recursos genéticos de cacaueiro. Folha, fruto e semestre de selección de bahía dos series SIC e SIAL. *Theobroma* (B). p. 263-273.
- Cepeda, D. (1991). Química de Suelos. 2 ed. Trillas S.A., México. 167 p.
- Chávez B. N. (2018). Efecto de microorganismos eficientes en la disponibilidad de fósforo y rendimiento del cacao a 560 msnm - Kimbiri – Cusco. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Tesis disponible en: <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3267>
- Chessman, E.E. (1944). Fertilizacion and enbryogenyn (*theobroma cacao* L) *Ann. Of. Bot.* 41(161). p. 107-127.

- Chiriboga H, et al, IICA. (12 de 2015). Manual Abono orgánico sólido (compost) y líquido (biol) bioinsumo para mejorar las propiedades físico-químicas de los suelos. Disponible es: <http://repositorio.iica.int/handle/11324/2648>
- Damián, M, Gonzáles, F, Quiñones, P. & Terán J. (2018). Plan de enmiendas, yeso agrícola, compost mejorado y enriquecido con EM y humus de lombriz, para mejorar el suelo. *Arnaldoa* vol.25(N°01). <http://www.scielo.org.pe/pdf/arnal/v25n1/a09v25n1.pdf>
- Dosert, N, Roque, J, Cano, A, La Torre, M. & Weigend, M. (2012). Hoja Botánica Cacao: *Theobroma cacao* L. Lima, Perú: Giacomotti Comunicación Gráfica S.A.C. 20p. Disponible en: http://www.botconsult.com/downloads/Hoja_Botanica_Cacao_2012.pdf
- Elzakker, B. (1995). Principios y prácticas de la agricultura en el trópico. Fundación Guillombé. San José, Costa Rica. 86 p.
- Fan, Y Van.; Lee, C.T.; Klemes, J.J.; Chua, L.S.; Sarmidi, M.R.; Leow, CW. 2018. Evaluation of Effective Microorganisms on home scale organic waste composting. *Journal of Environmental Management* 216: 41-48.
- Fundases, (2006). Boletín Técnico: Compostaje con la tecnología EM. Disponible en: <http://www.fundases.com/userfiles/file/boltin06.pdf>
- Fassbender, H. (1987). Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. 2 ed. IICA, San José, Costa Rica.
- Florida, R. N., Jacobo, S. S. y González, M. T- (2018). Comportamiento del cadmio y otros indicadores en suelo y almendra de cacao (*Theobroma cacao* L.), bajo aplicación de compost y NPK. *Folia Amazónica*, 27 (2): 193-202. <https://doi.org/10.24841/fa.v27i2.461>
- Florida, R. N. & Reategui, D. F. (2019). Compost a base de plumas de pollos (*Gallus domesticus*), *Livestock Research for Rural Development*, Volume 31, Article #11. <http://www.lrrd.org/lrrd31/1/nelin31011.html>
- Florida, N, Hildauro, H, García P, Jacobo, S, Escobar, F & Torres, J. (2019). Efecto de compost y NPK sobre los niveles de microorganismos y cadmio en suelo y almendra de cacao. *Rev. investig. Altoandin.* vol.21 (N°4). http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2313-29572019000400004&script=sci_abstract
- Florida, R. N., Levano, J. D. & Jacobo S. (2020). Efecto del Compost de plumas sobre indicadores químicos del suelo en plantación de cacao CCN-51 (*Theobroma cacao* L.). *Revista Producción + Limpia*–Vol. 15 No 1.

- Gamboa, V. (2022). Respuestas a la fertilización orgánica y microorganismos eficientes en cultivares de cacao (*Theobroma cacao* L), en condiciones de viveros en el Cantón Naranjal. Disponible en <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/63662>
- García, D., Lima, L., Ruíz, L., & Calderón, P. (2014). Métodos y parámetros para determinar la madurez en el compost a nivel de Fincas, Medio Ambiente y Desarrollo, 2(11), s. p. https://cdn.blueberriesconsulting.com/2015/07/pdf_000202.pdf
- García, B. P. (2017). Tratamiento de los residuos sólidos generados en sanitarios ecológicos mediante el uso de microorganismos eficientes en un proceso de compostaje. Tesis Postgrado. Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2823/Q70-P7-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Higa, T & Parra, J. (1994), Beneficial and Effective Microorganisms for a Sustainable Agriculture and Environment. Japón.
- Iglesias, J. E. (2020). Aspectos fisicoquímicos, bioquímicos y microbiológicos del proceso de compostaje, Evaluación de la calidad, Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Salamanca. <https://digital.csic.es/bitstream/10261/92881/1/3%202%20Unidad%20tematica%204.pdf>
- INPOFOS. (1997). Manual internacional de fertilidad de suelo. patash & phophate institute. Quito, Ecuador, 144 p.
- INTA (Ed.), (2010). Guía Tecnológica del Cultivo de Cacao (*Theobroma cacao* L.). 4 ed. Managua, Nicaragua.
- Kopec, M., Gondek, K., Mierzwa, H. M., & Antonkiewicz, J. (2018). Factors influencing chemical quality of composted poultry waste. *Saudi Journal of Biological Sciences* 25: 1678- 1686. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sjbs.2016.09.012>
- Kumar, B.L., & Gopal, D.V. (2015). Effective role of indigenous microorganisms for sustainable environment. *3 Biotech* 5(6): 867-876. 25: 1678- 1686. <https://doi.org/10.1007/s13205-015-0293-6>
- León, J. (1968) fundamentos botánicos de los cultivos tropicales. IICA. San José, Costa Rica. p. 375-127.
- Luna, M. A., & Mesa, J. R. (2016). Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores. *Revista científica Agroecosistemas*. 4(2): 31-40. <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/index>

- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca – MAGAP 2014. Elaboración, uso y manejo de abonos orgánicos. 9 p. Disponible en: <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/12/Manual-de-elaboraci%C3%B3n-de-abonos-org%C3%A1nicos.pdf>
- Martínez M., D.E., & Marrugo N., J. L. (2021). Efecto de la adición de enmiendas en la inmovilización de metales pesados en suelos mineros del sur de Bolívar, Colombia. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 22(2), e2272. https://doi.org/10.21930/rcta.vol22_num2_art:2272
- Mendoza, M. (2012). Propuesta de compostaje de los residuos vegetales generados en la Universidad de Piura, [Tesis de pregrado, Universidad de Piura], Repositorio PIRHUA. Recuperado el 14 de febrero 2021 de, <https://handle.net/11042/1728>.
- Merino. E. (2013). Efecto De La Aplicación De Abonos Procesados Con Microorganismos Eficientes En La Producción De Plantones De Cacao (Theobroma Cacao L.) Clon CCN-51 [Tesis pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio UNAS. <https://agronomia.unas.edu.pe/sites/default/files/AGR-604.pdf>
- Meter, A., Atkinson, R. J., & Laliberte, B. (2019). Cadmium in Cacao from Latin America and the Caribbean – A Review of Research and Potential Mitigation Solutions, Bioersivity International, Rome, July 2019. ¿Recuperado el 20 de enero 2021 de, https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/102353/Cadmium_review_Meter_2019.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Ministerio de Agricultura-MINAG, (2004). Cultivo tecnológico de cacao. Ministerio de agricultura programa para el desarrollo de la amazonia proamazonia. Perú. 83 p.
- Ministerio de Agricultura y Riego-MINAGRI (2016). Estudio del cacao en el Perú y en el Mundo; Situación Actual y Perspectivas en el Mercado Nacional e Internacional al 2015. MINAGRI-DGPA-DEEIA. 86 p.
- Munive, R, Gamarra, G, Munive, Y, Puertas, F, Valdiviezo, L, & Cabello R. (2020). Absorción de plomo y cadmio por girasol de un suelo contaminado, remediado con enmiendas orgánicas en forma de compost y vermicompost. *Scientia Agropecuaria* vol.11(N|2). <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.02.04>
- Muscolo, A., Papalia, T., Settineri, G., Mallamaci, C. & Kaczanowska, A. (2018). Are Raw Materials or Composting Conditions and Time That Most Influence the Maturity and/or Quality of Composts? Comparison of Obtained Composts on Soil Properties, *Journal of Cleaner Production*, 195, 93-101. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.204>

- Naranjo, P. E (2013). Aplicación de microorganismos para acelerar la transformación de desechos orgánicos en compost. Tesis de pregrado. Universidad Técnica de Ambato. Ecuador.
- <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/5310/1/Tesis52%20%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20173.pdf>
- Olivera, C., & Adriana, M. F. (24 de 05 de 2019). Suelos y cambio climático, una relación de vida, en el Congreso Latinoamericano y Nacional de Compostaje.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – FAO. (2009). Guía para la descripción de suelos 4° edición. <http://www.fao.org/3/a-a0541s>
- Organización Internacional del Cacao (ICCO, 2021). Boletín Trimestral de Estadísticas de producción mundial de cacao. *Observatorio Commodities*. p.4-10.
- Paredes, A. & Montero, P. (2003). Manual de cultivo del cacao. Ministerio de Agricultura Perú - Programa para el desarrollo de la Amazonia PROAMAZONIA. 100 p. Disponible en: <http://www.infocafes.com/descargas/biblioteca/215.pdf>
- Peralta, A. N., Freitas, G. B., Watthier, M., & Silva, S. R. (2019). Compost, bokashi y microorganismos eficientes: Sus beneficios en cultivos sucesivos de brócolis, *Idesia (Arica)*, 37(2), 59-66. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292019000200059>
- Puentes, Y., Menjivar, J. & Aranzazu, F. (2014). Eficiencia en el uso de nitrógeno, fosforo y potasio en clones de cacao (*Theobroma cacao L.*). *Bioagro*, 26(2): 99-106. <http://www.redalyc.org/pdf/857/85731100004.pdf>
- Ramírez, K., Florida, N. & Escobar F. (2019). Indicadores Químicos y Microbiológicos del Suelo Bajo Aplicación De Microorganismos Eficientes En Plantación De Cacao (*Theobroma Cacao L.*). *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, La Paz, vol.6, n°2, pág. 21-28.
- Ramos, A. D., Terry, A. E., Soto, C. F., & Cabrera, R. J. (2014). Bocashi: abono orgánico elaborado a partir de residuos de la producción de plátanos en Bocas del Toro. Panamá *Cultivos Tropicales*. 35(2): 90-97. <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193230070011.pdf>
- Rivas, N., & Silva, A. R. (2020). Calidad física y química de tres compost. elaborados con residuos de jardinería, pergamino de café y bora (*Eichhornia crassipes*). *Ciencia Unemi*. 13(32). 87-100. <http://ojs.unemi.edu.ec/index.php/cienciaunemi/article/view/1007>.
- Roca A. (2020). Factores que influyen en el proceso de compostaje de residuos. *AGRI- NOVA Science- Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo*, 8.
- Román, P. Martínez, M., & Pantoja, A. (2013). Manual de compostaje del agricultor. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

Experiencias en América Latina. Oficina Regional para América Latina y el Caribe Santiago de Chile. <https://bit.ly/3dijhrO>.

- Romero, H. (2016). Evaluación ecomorfológica de cacao (*Theobroma cacao* L.) sometido a distintas fertilizaciones, en la comunidad de nuevo Ojital, municipio de Papantla, Veracruz. [Tesis]. Universidad Veracruzana. 2016: 109. Disponible en: <file:///C:/Users/Usuario/Desktop/paucar/EVALUACIÓN%20ECOMORFOLÓGICA%20DE%20CACARomeroHernandezEsteban.pdf>.
- Rumbea M. C. (2020). Aplicación de microorganismos eficiente en una plantación de cacao (*Theobroma cacao* L.) Naranjal Guayas, Ecuador. [Tesis]. Universidad Agraria del Ecuador. 2020. Disponible en: https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/RUMBEA%20MOLINA%20CARLOS%20MANUEL_compressed.pdf
- Samaniego, R. (2006). Efecto de producción orgánica y convencional de chile de la capsicum annum bajo invernadero sobre el componente de la planta suelo [en línea] (<http://bcocatie.ac.cr>, página virtual, setiembre de 2017)
- Sánchez, L., Parra, D. & Rincón, J. (1981). Rendimiento de una plantación comercial de cacao ante diferentes dosis de fertilización con NPK en el sureste del estado Táchira, Venezuela. *Rev. Bioagro.* 17(2): 119-122. Disponible en: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-3361200500020000860
- Sánchez, Ó.J.; Ospina, D.A.; Montoya, S. 2017. Compost supplementation with nutrients and microorganisms in composting process. *Waste Management* 69: 136-153. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.08.012>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú-SENAMHI.2021. Climas del Perú- Mapa de clasificación climática nacional.pdf. 70p. Disponible en: file:///C:/Users/Windows/Downloads/Climas-del-Per%C3%BA-Mapa-de-clasificaci%C3%B3n-clim%C3%A1tica-nacional_2021.pdf
- Soria, J.V. (1987). Informes sobre los hallazgos de plantas de cacao criollo en latinoamericana y México. I foro internacional. Cacao FUPAD. San José costa rica. p. 1-10.
- Soriano, J. (2016). Tiempo y calidad del compost con aplicación de tres dosis de “microorganismos eficaces”- concepción. Tesis de pregrado. Universidad Nacional del Centro del Perú. Recuperado el 10 de febrero 2021 de, <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3487/Soriano%20Vilcahuman.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Tanya, M. M., & Leiva, M. M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro Agrícola*, 46(2), 93-103.
<http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v46n2/0253-5785-cag-46-02-93.pdf>
- Tarazona V. D. (2019). Efecto del compost con microorganismos eficientes sobre el vigor y el rendimiento del *Theobroma cacao* bajo condiciones del distrito de Curimaná – Perú. Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia. Tesis disponible en:
<https://repositorio.unia.edu.pe/items/a487792e-900a-43ff-b0b2-a2e69fb65641>
- Toalombo, & M.C. (2013). Aplicación de abonos orgánicos líquidos tipo biol al cultivo de mora (*Rubus glaucus* Benth). [Tesis] Universidad Técnica de Ambato 2013: 92. [Citado el 10 de agosto 2018]. Disponible en:
<http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6490/1/Tesis4%20%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20->
- Vargas, R. (2018). Aplicación de Microorganismos Eficientes EM en la producción de plantones de *Theobroma cacao* L. “cacao” en condiciones de vivero. [Tesis pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. Repositorio UNSCH.
http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/handle/UNSCH/2853/TESIS%20B852_Var.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Vázquez J. & Loli O, (2018). Compost y vermicompost como enmiendas en la recuperación de un suelo degradado por el manejo de *Gypsophila paniculata*. *Scientia Agropecuaria* vol.9(Nº01). <http://dx.doi.org/http://doi.org/10.22497/arnaldoa.251.25109>
- Vázquez, Y., Muñoz A. B., Silva. A., Díaz M.G. & Sánchez D. C. (1999). Árboles y arbustos nativos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Proyecto J-084, Instituto de Ecología, Universidad Autónoma de México27
- Vázquez J, Vera M, Iglesias S & Castillo J. (2020). La incorporación de enmiendas orgánicas en forma de compost y vermicompost reduce los efectos negativos del monocultivo en suelos. *Scientia Agropecuaria* vol.11 (Nº1).
<http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.01.12>
- Zavala, S.W. (2007) factores edáficos, nutrición mineral y fertilización de cacao. Diplomado en cultivos tropicales; Universidad Nacional Agraria de la Selva – Tingo María, Perú. 163 p.
- Zavaleta, G. (1992). Edafología. El suelo en relación con la producción. Consejo Nacional de Concentración y Tecnología. Lima, Perú.

VII. ANEXOS



Figura 3. Identificación del terreno



Figura 4. Identificación de las unidades experimentales



Figura 5. Extracción de muestra general del suelo



Figura 6. Aplicación de compost



Figura 7. Extracción y secado de las muestras a los 30 días de la 1ª aplicación

Tabla 29. Análisis de varianza para el indicador Arena (1era aplicación)

Variable dependiente: ARENA					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	48,687 ^a	3	16,229	1,952	0,175
Intersección	6601,563	1	6601,563	794,173	0,000
Tratamiento	48,688	3	16,229	1,952	0,175
Error	99,750	12	8,313		
Total	6750,000	16			
Total, corregido	148,437	15			

a. $R^2 = 0,328$ (R^2 ajustada = 0,160)

Tabla 30. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador Arena (1era aplicación)

HSD Tukey ^{a,b}		
Tratamiento	N	Subconjunto
		a
2,00	4	18,2500
4,00	4	19,0000
1,00	4	21,5000
3,00	4	22,5000
Sig.		0,213

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

b. Alfa = 0,05.

Tabla 31. Análisis de varianza para el indicador Limo (1era aplicación)

Variable dependiente: LIMO					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	24,687 ^a	3	8,229	2,423	0,116
Intersección	30712,563	1	30712,563	9044,190	0,000
Tratamiento	24,687	3	8,229	2,423	0,116
Error	40,750	12	3,396		
Total	30778,000	16			
Total, corregido	65,437	15			

a. $R^2 = 0,377$ (R^2 ajustada = 0,222)

Tabla 32. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador Limo (1era aplicación)

HSD Tukey ^{a,b}		
Tratamiento	N	Subconjunto
		a
3,00	4	42,5000
1,00	4	43,0000
4,00	4	44,0000
2,00	4	45,7500
Sig.		0,112

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

b. Alfa = 0,05.

Tabla 33. Análisis de varianza para el indicador arcilla (1era aplicación)

Variable dependiente: ARCILLA					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	8,750 ^a	3	2,917	,636	0,606
Intersección	20592,250	1	20592,250	4492,855	0,000
Tratamiento	8,750	3	2,917	,636	0,606
Error	55,000	12	4,583		
Total	20656,000	16			
Total, corregido	63,750	15			

a. $R^2 = 0,377$ (R^2 ajustada = 0,222)

Tabla 34. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador arcilla (1era aplicación)

HSD Tukey ^{a,b}		
Tratamiento	N	Subconjunto
		a
3,00	4	35,0000
1,00	4	35,5000
2,00	4	36,0000
4,00	4	37,0000
Sig.		,568

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

b. Alfa = 0,05.

Tabla 35. Análisis de varianza para el indicador Da (1era aplicación)

Variable dependiente: Da					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	0.034a	3	0.011	0.663	0.590
Intersección	21.669	1	21.669	1252.847	0.000
Tratamiento	0.034	3	0.011	0.663	0.590
Error	0.208	12	0.017		
Total	21.911	16			
Total, corregido	0.242	15			

a. $R^2 = 0,142$ (R^2 ajustada = -0,072)

Tabla 36. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador Da (1era aplicación)

HSD Tukey ^{a,b}		
Tratamiento	N	Subconjunto
		a
1,00	4	1,0950
3,00	4	1,1475
4,00	4	1,2050
2,00	4	1,2075
Sig.		0,633

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

b. Alfa = 0,05.

Tabla 37. Análisis de varianza para el indicador Rp (1era aplicación)

Variable dependiente: Rp					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	0.058a	3	0.019	0.414	0.746
Intersección	41.861	1	41.861	891.052	0.000
Tratamiento	0.058	3	0.019	0.414	0.746
Error	0.564	12	0.047		
Total	42.483	16			
Total, corregido	0.622	15			

a. $R^2 = 0,094$ (R^2 ajustada = -0,133)

Tabla 38. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador Rp (1era aplicación)

HSD Tukey ^{a,b}		
Tratamiento	N	Subconjunto
		a
2,00	4	1,5600
3,00	4	1,5825
4,00	4	1,6100
1,00	4	1,7175
Sig.		0,737

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

b. Alfa = 0,05.

Tabla 39. Análisis de varianza para el indicador pH (1era aplicación)

Variable dependiente: pH					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	0,082 ^a	3	0,027	0,405	0,752
Intersección	447,323	1	447,323	6586,344	0,000
Tratamiento	0,083	3	0,028	0,405	0,752
Error	0,815	12	0,068		
Total	448,220	16			
Total, corregido	0,898	15			

a. $R^2 = 0,092$ (R^2 ajustada = 0,135)

Tabla 40. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador pH (1era aplicación)

HSD Tukey ^{a,b}		
Tratamiento	N	Subconjunto
		a
1,00	4	5,1750
2,00	4	5,3000
4,00	4	5,3000
3,00	4	5,3750
Sig.		0,705

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

b. Alfa = 0,05.

Tabla 41. Análisis de varianza para el indicador MO (1era aplicación)

Variable dependiente: MO					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	2,512 ^a	3	0,837	24,656	0,000
Intersección	66,831	1	66,831	1968,018	0,000
Tratamiento	2,512	3	0,837	24,656	0,000
Error	0,407	12	0,034		
Total	69,750	16			
Total, corregido	2,919	15			

a. $R^2 = 0,860$ (R^2 ajustada = 0,826)

Tabla 42. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador MO (1era aplicación)

HSD Tukey ^{a,b}			
Tratamiento	N	Subconjunto	
		a	b
1,00	4	1,4000	
2,00	4		2,1000
4,00	4		2,2000
3,00	4		2,4750
Sig.		1,000	0,058

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

b. Alfa = 0,05.

Tabla 43. Análisis de varianza para el indicador N (1era aplicación)

Variable dependiente: N					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	0,007 ^a	3	0,002	26,610	0,000
Intersección	0,166	1	0,166	1944,073	0,000
Tratamiento	0,007	3	0,002	26,610	0,000
Error	0,001	12	8,542E-5		
Total	0,174	16			
Total, corregido	0,008	15			

a. $R^2 = 0,869$ (R^2 ajustada = 0,837)

Tabla 44. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador N (1era aplicación)

HSD Tukey ^{a,b}					
Tratamiento	N	Subconjunto			
		a	b	c	
1,00	4	0,0700			
2,00	4	0,1025			
4,00	4	0,1075			
3,00	4	0,1275			
Sig.		1,000	0,869	1,000	

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

b. Alfa = 0,05.

Tabla 45. Análisis de varianza para el indicador P (1era aplicación)

Variable dependiente: P					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	193,387 ^a	3	64,462	91,355	0,000
Intersección	3537,276	1	3537,276	5012,968	0,000
Tratamiento	193,387	3	64,462	91,355	0,000
Error	8,467	12	0,706		
Total	3739,130	16			
Total, corregido	201,854	15			

a. $R^2 = 0,958$ (R^2 ajustada = 0,948)

Tabla 46. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador P (1era aplicación)

HSD Tukey ^{a,b}				
Tratamiento	N	Subconjunto		
		a	b	c
1,00	4	11,350		
2,00	4	11,975		
3,00	4		16,200	
4,00	4			19,950
Sig.		0,723	1,000	1,000

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

b. Alfa = 0,05.

Tabla 47. Análisis de varianza para el indicador K (1era aplicación)

Variable dependiente: K					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	114,020 ^a	3	38,007	25,958	,000
Intersección	57360,250	1	57360,250	39176,03	,000
Tratamiento	114,020	3	38,007	25,958	,000
Error	17,570	12	1,464		
Total	57491,840	16			
Total, corregido	131,590	15			

a. $R^2 = 0,866$ (R^2 ajustada = 0,833)

Tabla 48. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador K (1era aplicación)

HSD Tukey ^{a,b}			
Tratamiento	N	Subconjunto	
		a	b
1,00	4	56,4250	
3,00	4	58,1750	
4,00	4		61,9750
2,00	4		62,9250
Sig.		0,226	0,690

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

b. Alfa = 0,05.

Tabla 49. Análisis de varianza para el indicador Ca (1era aplicación)

Variable dependiente: Ca					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	4,225 ^a	3	1,408	375,556	0,000
Intersección	151,290	1	151,290	40344,00	0,000
Tratamiento	4,225	3	1,408	375,556	0,000
Error	0,045	12	0,004		
Total	155,560	16			
Total, corregido	4,270	15			

a. $R^2 = 0,989$ (R^2 ajustada = 0,987)

Tabla 50. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador Ca (1era aplicación)

HSD Tukey ^{a,b}					
Tratamiento	N	Subconjunto			
		a	b	c	d
1,00	4	2,4250			
3,00	4	2,7250			
2,00	4	3,5000			
4,00	4	3,6500			
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.
b. Alfa = 0,05.

Tabla 51. Análisis de varianza para el indicador Mg (1era aplicación)

Variable dependiente: Mg					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	0,094 ^a	3	0,031	114,221	0,000
Intersección	2,882	1	2,882	10558,19	0,000
Tratamiento	0,094	3	0,031	114,221	0,000
Error	0,003	12	0,000		
Total	2,978	16			
Total, corregido	0,097	15			

a. $R^2 = 0,966$ (R^2 ajustada = 0,958)

Tabla 52. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador Mg (1era aplicación)

Tratamiento	N	HSD Tukey ^{a,b}		
		Subconjunto		
		a	b	c
1,00	4	0,3000		
3,00	4		0,4250	
4,00	4			0,4750
2,00	4			0,4975
Sig.		1,000	1,000	0,268

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

b. Alfa = 0,05.

Tabla 53. Análisis de varianza para el indicador CIC (1era aplicación)

Variable dependiente: CIC					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	5,917 ^a	3	1,972	29,677	0,000
Intersección	273,076	1	273,076	4108,975	0,000
Tratamiento	5,917	3	1,972	29,677	0,000
Error	0,797	12	0,066		
Total	279,790	16			
Total, corregido	6,714	15			

a. $R^2 = 0,881$ (R^2 ajustada = 0,852)

Tabla 54. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador CIC (1era aplicación)

Tratamiento	N	HSD Tukey ^{a,b}	
		Subconjunto	
		a	b
1,00	4	3,4750	
3,00	4	3,6000	
2,00	4		4,5500
4,00	4		4,9000
Sig.		0,901	0,271

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

b. Alfa = 0,05.

Tabla 55. Análisis de varianza para el indicador AI (1era aplicación)

Variable dependiente: AI					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	0,199 ^a	3	0,066	1,454	0,276
Intersección	1,369	1	1,369	29,962	0,000
Tratamiento	0,199	3	0,066	1,454	0,276
Error	0,548	12	0,046		
Total	2,116	16			
Total, corregido	0,748	15			

a. $R^2 = 0,267$ (R^2 ajustada = 0,083)

Tabla 56. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador AI (1era aplicación)

HSD Tukey ^{a,b}		
Tratamiento	N	Subconjunto
		a
3,00	4	0,1625
2,00	4	0,2025
1,00	4	0,3850
4,00	4	0,4200
Sig.		0,364

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.
b. Alfa = 0,05.

Tabla 57. Análisis de varianza para el indicador Da (2da aplicación)

Variable dependiente: Da					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	0.015a	3	0.005	15.922	0.000
Intersección	21.298	1	21.298	66384.07	0.000
Tratamiento	0.015	3	0.005	15.922	0.000
Error	0.004	12	0.000		
Total	21.317	16			
Total, corregido	0.019	15			

a. $R^2 = 0,799$ (R^2 ajustada = 0,749)

Tabla 58. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador Da (2da aplicación)

HSD Tukey ^{a,b}			
Tratamiento	N	Subconjunto	
		a	B
1,00	4	1,1150	
3,00	4	1,1325	
2,00	4		1,1775
4,00	4		1,1900
Sig.		0,533	0,759

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

b. Alfa = 0,05.

Tabla 59. Análisis de varianza para el indicador Arena (2da aplicación)

Variable dependiente: ARENA					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	26.000a	3	8.667	0.430	0.735
Intersección	2101.306	1	2101.306	104.197	0.000
Tratamiento	26.000	3	8.667	0.430	0.735
Error	242.000	12	20.167		
Total	2369.306	16			
Total, corregido	268.000	15			

a. $R^2 = 0,97$ (R^2 ajustada = -0,129)

Tabla 60. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador Arena (2da aplicación)

HSD Tukey ^{a,b}		
Tratamiento	N	Subconjunto
		a
2,00	4	9,9600
3,00	4	10,4600
1,00	4	12,4600
4,00	4	12,9600
Sig.		0,398

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

b. Alfa = 0,05.

Tabla 61. Análisis de varianza para el indicador Limo (2da aplicación)

Variable dependiente: LIMO					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	29.507a	3	9.836	0.737	0.55
Intersección	41064.996	1	41064.996	3078.768	0
Tratamiento	29.507	3	9.836	0.737	0.55
Error	160.057	12	13.338		
Total	41254.56	16			
Total, corregido	189.564	15			

a. $R^2 = 0,156$ (R^2 ajustada = -0,505)

Tabla 62. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador Limo (2da aplicación)

HSD Tukey ^{a,b}		
Tratamiento	N	Subconjunto
		a
4,00	4	49,2800
1,00	4	49,3550
3,00	4	51,7300
2,00	4	52,2800
Sig.		0,302

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.
b. Alfa = 0,05.

Tabla 63. Análisis de varianza para el indicador Arcilla (2da aplicación)

Variable dependiente: ARCILLA					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	0.507a	3	0.169	0.02	0.996
Intersección	22956.795	1	22956.795	2783.837	0
Tratamiento	0.507	3	0.169	0.02	0.996
Error	98.958	12	8.246		
Total	23056.26	16			
Total, corregido	99.464	15			

a. $R^2 = 0,005$ (R^2 ajustada = -0,244)

Tabla 64. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador Arcilla (2da aplicación)

HSD Tukey ^{a,b}		
Tratamiento	N	Subconjunto
		a
2,00	4	37,7600
4,00	4	37,7600
3,00	4	37,8100
1,00	4	38,1850
Sig.		0,849

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

b. Alfa = 0,05.

Tabla 65. Análisis de varianza para el indicador Rp (2da aplicación)

Variable dependiente: Rp					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	0.152a	3	0.051	1.032	0.413
Intersección	45.024	1	45.024	918.547	0
Tratamiento	0.152	3	0.051	1.032	0.413
Error	0.588	12	4.90E-02		
Total	45.764	16			
Total, corregido	0.74	15			

a. $R^2 = 0,205$ (R^2 ajustada = 0,006)

Tabla 66. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador Rp (2da aplicación)

HSD Tukey ^{a,b}		
Tratamiento	N	Subconjunto
		a
2,00	4	1,5650
3,00	4	1,6150
4,00	4	1,7100
1,00	4	1,8200
Sig.		0,400

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

b. Alfa = 0,05.

Tabla 67. Análisis de varianza para el indicador pH (2da aplicación)

Variable dependiente: pH					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	0.136a	3	0.045	1.59	0.243
Intersección	516.767	1	516.767	18178.67	0
Tratamiento	0.136	3	0.045	1.59	0.243
Error	0.341	12	0.028		
Total	517.243	16			
Total, corregido	0.477	15			

a. $R^2 = 0,284$ (R^2 ajustada = -0,106)

Tabla 68. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador pH (2da aplicación)

HSD Tukey ^{a,b}		
Tratamiento	N	Subconjunto
		a
2,00	4	5,6275
3,00	4	5,6275
4,00	4	5,6350
1,00	4	5,8425
Sig.		0,120

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

b. Alfa = 0,05.

Tabla 69. Análisis de varianza para el indicador MO (2da aplicación)

Variable dependiente: MO					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	0.871a	3	0.29	146.219	0
Intersección	29.458	1	29.458	14837.065	0
Tratamiento	0.871	3	0.29	146.219	0
Error	0.024	12	0.002		
Total	30.353	16			
Total, corregido	0.895	15			

a. $R^2 = 0,973$ (R^2 ajustada = -0,967)

Tabla 70. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador MO (2da aplicación)

HSD Tukey ^{a,b}					
Tratamiento	N	Subconjunto			
		1	2	3	4
1,00	4	1,0625			
2,00	4		1,2425		
3,00	4			1,4300	
4,00	4				1,6925
Sig.		1,000	1,00	1,00	1,00

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

b. Alfa = 0,05.

Tabla 71. Análisis de varianza para el indicador N (2da aplicación)

Variable dependiente: N					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	0.003a	3	0.001	58.714	0
Intersección	0.072	1	0.072	4906.714	0
Tratamiento	0.003	3	0.001	58.714	0
Error	0	12	1.46E-05		
Total	0.074	16			
Total, corregido	0.003	15			

a. $R^2 = 0,936$ (R^2 ajustada = -0,920)

Tabla 72. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador N (2da aplicación)

HSD Tukey ^{a,b}					
Tratamiento	N	Subconjunto			
		1	2	3	4
1,00	4	0,0500			
2,00	4		0,0625		
3,00	4			0,7000	
4,00	4				0,0850
Sig.		1,000	1,00	1,00	1,00

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

b. Alfa = 0,05.

Tabla 73. Análisis de varianza para el indicador P (2da aplicación)

Variable dependiente: P					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	299.560a	3	99.853	111.336	0
Intersección	10776.516	1	10776.516	12015.79	0
Tratamiento	299.56	3	99.853	111.336	0
Error	10.762	12	0.897		
Total	11086.838	16			
Total, corregido	310.322	15			

a. $R^2 = 0,965$ (R^2 ajustada = -0,957)

Tabla 74. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador P (2da aplicación)

HSD Tukey ^{a,b}				
Tratamiento	N	Subconjunto		
		1	2	3
1,00	4	19,0075		
2,00	4		26,4100	
3,00	4		27,5525	
4,00	4			30,8400
Sig.		1,000	1,00	1,00

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.
b. Alfa = 0,05.

Tabla 75. Análisis de varianza para el indicador K (2da aplicación)

Variable dependiente: K					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	762.416a	3	254.139	65.297	0
Intersección	182542.563	1	182542.563	46901.74	0
Tratamiento	762.416	3	254.139	65.297	0
Error	46.704	12	3.892		
Total	183351.682	16			
Total, corregido	809.12	15			

a. $R^2 = 0,942$ (R^2 ajustada = -0,928)

Tabla 76. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador K (2da aplicación)

HSD Tukey ^{a,b}					
Tratamiento	N	Subconjunto			
		1	2	3	
1,00	4	97,6350			
2,00	4	102,6975			
3,00	4			112,717	
				5	
4,00	4			114,200	
				0	
Sig.		1,000	1,00	0,309	

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

b. Alfa = 0,05.

Tabla 77. Análisis de varianza para el indicador Ca (2da aplicación)

Variable dependiente: Ca					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	4.519a	3	1.506	145.844	0
Intersección	310.112	1	310.112	30022.95	0
Tratamiento	4.519	3	1.506	145.844	0
Error	0.124	12	0.10		
Total	314.755	16			
Total, corregido	4.643	15			

a. $R^2 = 0,973$ (R^2 ajustada = -0,967)

Tabla 78. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador Ca (2da aplicación)

HSD Tukey ^{a,b}						
Tratamiento	N	Subconjunto				
		1	2	3	4	
1,00	4	3,6000				
2,00	4	4,2600				
3,00	4			4,7775		
4,00	4				4,9725	
Sig.		1,000	1,00	1,00	1,00	

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

b. Alfa = 0,05.

Tabla 79. Análisis de varianza para el indicador Mg (2da aplicación)

Variable dependiente: Mg					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	0.074a	3	0.025	75.688	0
Intersección	4.763	1	4.763	14562.97	0
Tratamiento	0.074	3	0.025	75.688	0
Error	0.004	12	0.000		
Total	4.842	16			
Total, corregido	0.078	15			

a. $R^2 = 0,950$ ($R^2_{ajustada} = -0,937$)

Tabla 80. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador Mg (2da aplicación)

HSD Tukey ^{a,b}					
Tratamiento	N	Subconjunto			
		1	2	3	
1,00	4	0,4425			
2,00	4		0,5275		
3,00	4			0,5950	
4,00	4			0,6175	
Sig.		1,000	1,00	1,04	

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

b. Alfa = 0,05.

Tabla 81. Análisis de varianza para el indicador CIC (2da aplicación)

Variable dependiente: CIC					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	7.059a	3	2.353	153.076	0
Intersección	472.41	1	472.41	30734.19	0
Tratamiento	7.059	3	2.353	153.076	0
Error	0.184	12	0.015		
Total	479.653	16			
Total, corregido	7.243	15			

a. $R^2 = 0,975$ ($R^2_{ajustada} = -0,968$)

Tabla 82. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador CIC (2da aplicación)

HSD Tukey ^{a,b}					
Tratamiento	N	Subconjunto			
		1	2	3	4
1,00	4	4,4450			
2,00	4		5,2325		
3,00	4			5,8900	
4,00	4				6,1675
Sig.		1,000	1,00	1,00	1,00

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.
b. Alfa = 0,05.

Tabla 83. Análisis de varianza para el indicador Da (3era aplicación)

Variable dependiente: Da					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	0.004a	3	0.001	0.239	0.868
Intersección	17.535	1	17.535	2905.376	0.000
Tratamiento	0.004	3	0.001	0.239	0.868
Error	0.072	12	0.006		
Total	17.612	16			
Total, corregido	0.077	15			

a. $R^2 = 0,056$ (R^2 ajustada = -0,180)

Tabla 84. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador Da (3era aplicación)

HSD Tukey ^{a,b}		
Tratamiento	N	Subconjunto
		1
3,00	4	1,0200
4,00	4	1,0475
2,00	4	1,0575
1,00	4	1,0625
Sig.		0,865

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.
b. Alfa = 0,05.

Tabla 85. Análisis de varianza para el indicador Arena (3era aplicación)

Variable dependiente: Arena					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	68.750a	3	22.917	2.35	0.124
Intersección	2534.116	1	2534.116	259.909	0
Tratamiento	68.75	3	22.917	2.35	0.124
Error	117	12	9.750		
Total	2719.866	16			
Total, corregido	185.75	15			

a. $R^2 = 0,370$ (R^2 ajustada = -0,213)

Tabla 86. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador Arena (3era aplicación)

HSD Tukey ^{a,b}		
Tratamiento	N	Subconjunto
		1
2,00	4	9,9600
1,00	4	11,4600
3,00	4	13,4600
4,00	4	15,4600
Sig.		0,112

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

b. Alfa = 0,05.

Tabla 87. Análisis de varianza para el indicador Limo (3era aplicación)

Variable dependiente: Limo					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	164.750a	3	54.917	4.674	0.022
Intersección	20033.572	1	20033.572	1704.985	0
Tratamiento	164.75	3	54.917	4.674	0.022
Error	141	12	11.750		
Total	20339.322	16			
Total, corregido	305.75	15			

a. $R^2 = 0,539$ (R^2 ajustada = 0,424)

Tabla 88. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador Limo (3era aplicación)

HSD Tukey ^{a,b}			
Tratamiento	N	Subconjunto	
		1	2
4,00	4	30,7600	
3,00	4		34,2600
2,00	4		37,2600
2,00	4		39,2600
Sig.		0,082	0,220

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

b. Alfa = 0,05.

Tabla 89. Análisis de varianza para el indicador Arcilla (3era aplicación)

Variable dependiente: Arcilla					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	21.000a	3	7	0.737	0.55
Intersección	43313.934	1	43313.934	4559.362	0
Tratamiento	21	3	7	0.737	0.55
Error	114	12	9.50		
Total	43448.934	16			
Total, corregido	135	15			

a. $R^2 = 0,156$ (R^2 ajustada = -0,056)

Tabla 90. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador Arcilla (3era aplicación)

HSD Tukey ^{a,b}		
Tratamiento	N	Subconjunto
		1
2,00	4	50,7800
1,00	4	51,2800
3,00	4	52,2800
4,00	4	53,7800
Sig.		0,536

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

b. Alfa = 0,05.

Tabla 91. Análisis de varianza para el indicador Rp (3era aplicación)

Variable dependiente: Rp					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	0.262a	3	0.087	1.723	0.215
Intersección	49.985	1	49.985	985.571	0.000
Tratamiento	0.262	3	0.087	1.723	0.215
Error	0.609	12	0.051		
Total	50.856	16			
Total, corregido	0.871	15			

a. $R^2 = 0,301$ (R^2 ajustada = 0,126)

Tabla 92. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador Rp (3era aplicación)

HSD Tukey ^{a,b}		
Tratamiento	N	Subconjunto
		1
2,00	4	1,6400
3,00	4	1,6550
4,00	4	1,8250
1,00	4	1,9500
Sig.		0,261

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

b. Alfa = 0,05.

Tabla 93. Análisis de varianza para el indicador pH (3era aplicación)

Variable dependiente: pH					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	0.037a	3	0.012	0.166	0.917
Intersección	552.133	1	552.133	7502.013	0
Tratamiento	0.037	3	0.012	0.166	0.917
Error	0.883	12	0.074		
Total	553.052	16			
Total, corregido	0.92	15			

a. $R^2 = 0,40$ (R^2 ajustada = -0,200)

Tabla 94. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador pH (3era aplicación)

HSD Tukey ^{a,b}		
Tratamiento	N	Subconjunto
		1
3,00	4	5,8350
1,00	4	5,8425
2,00	4	5,8650
4,00	4	5,9550
Sig.		0,922

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.
b. Alfa = 0,05.

Tabla 95. Análisis de varianza para el indicador MO (3era aplicación)

Variable dependiente: MO					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	2.900a	3	0.967	105.508	0
Intersección	77.969	1	77.969	8509.566	0
Tratamiento	2.9	3	0.967	105.508	0
Error	0.11	12	0.009		
Total	80.979	16			
Total, corregido	3.01	15			

a. $R^2 = 0,963$ (R^2 ajustada = -0,954)

Tabla 96. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador MO (3era aplicación)

HSD Tukey ^{a,b}				
Tratamiento	N	Subconjunto		
		1	2	3
1,00	4	1,7200		
2,00	4	1,8675		
3,00	4		2,5000	
4,00	4			2,7425
Sig.		0,184	1,000	1,000

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.
b. Alfa = 0,05.

Tabla 97. Análisis de varianza para el indicador N (3era aplicación)

Variable dependiente: N					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	0.008a	3	0.003	87.429	0
Intersección	0.194	1	0.194	6637.714	0
Tratamiento	0.008	3	0.003	87.429	0
Error	0	12	2.92E-05		
Total	0.202	16			
Total, corregido	0.008	15			

a. $R^2 = 0,956$ (R^2 ajustada = 0,945)

Tabla 98. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador N (3era aplicación)

HSD Tukey ^{a,b}				
Tratamiento	N	Subconjunto		
		1	2	3
1,00	4	0,0850		
2,00	4	0,0925		
3,00	4		0,1250	
4,00	4			0,1375
Sig.		0,254	1,000	1,000

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

b. Alfa = 0,05.

Tabla 99. Análisis de varianza para el indicador P (3era aplicación)

Variable dependiente: P					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	335.128a	3	111.709	19.732	0
Intersección	11027.1	1	11027.1	1947.782	0
Tratamiento	335.128	3	111.709	19.732	0
Error	67.936	12	5.661		
Total	11430.164	16			
Total, corregido	403.064	15			

a. $R^2 = 0,831$ (R^2 ajustada = 0,789)

Tabla 100. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador P (3era aplicación)

HSD Tukey ^{a,b}				
Tratamiento	N	Subconjunto		
		1	2	3
1,00	4	19,3675		
2,00	4		25,7000	
3,00	4		27,9200	27,9200
				0
4,00	4			32,0225
				5
Sig.		1,000	0,569	0,122

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

b. Alfa = 0,05.

Tabla 101. Análisis de varianza para el indicador K (3era aplicación)

Variable dependiente: K

Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	899.921a	3	299.974	128.194	0
Intersección	203002.061	1	203002.061	86752.78	0
Tratamiento	899.921	3	299.974	128.194	0
Error	28.08	12	2.34		
Total	203930.062	16			
Total, corregido	928.001	15			

a. $R^2 = 0,970$ (R^2 ajustada = 0,962)

Tabla 102. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador K (3era aplicación)

HSD Tukey ^{a,b}					
Tratamiento	N	Subconjunto			
		1	2	3	4
1,00	4	101,9575			
2,00	4		110,5750		
3,00	4			115,4500	
4,00	4				122,5750
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

b. Alfa = 0,05.

Tabla 103. Análisis de varianza para el indicador Ca (3era aplicación)

Variable dependiente: Ca					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	7.664a	3	2.555	25.199	0
Intersección	456.998	1	456.998	4507.712	0
Tratamiento	7.664	3	2.555	25.199	0
Error	1.217	12	0.101		
Total	465.878	16			
Total, corregido	8.881	15			

a. $R^2 = 0,863$ (R^2 ajustada = 0,829)

Tabla 104. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador Ca (3era aplicación)

HSD Tukey ^{a,b}				
Tratamiento	N	Subconjunto		
		1	2	3
1,00	4	4,3250		
2,00	4		5,2750	
3,00	4		5,5150	
4,00	4			6,2625
Sig.		1,000	0,716	1,000

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

b. Alfa = 0,05.

Tabla 105. Análisis de varianza para el indicador Mg (3era aplicación)

Variable dependiente: Mg					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	0.356a	3	0.119	77.967	0
Intersección	8.97	1	8.97	5898.099	0
Tratamiento	0.356	3	0.119	77.967	0
Error	0.018	12	0.002		
Total	9.344	16			
Total, corregido	0.374	15			

a. $R^2 = 0,951$ (R^2 ajustada = 0,939)

Tabla 106. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador Mg (3era aplicación)

HSD Tukey ^{a,b}				
Tratamiento	N	Subconjunto		
		1	2	3
1,00	4	0,5075		
2,00	4		0,7450	
3,00	4			0,8525
4,00	4			0,8900
Sig.		1,000	1,000	0,199

Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.
Alfa = 0,05.

Tabla 107. Análisis de varianza para el indicador CIC (3era aplicación)

Variable dependiente: CIC					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	14.781a	3	4.927	41.714	0
Intersección	687.357	1	687.357	5819.411	0
Tratamiento	14.781	3	4.927	41.714	0
Error	1.417	12	0.118		
Total	703.556	16			
Total, corregido	16.199	15			

a. $R^2 = 0,913$ (R^2 ajustada = 0,891)

Tabla 108. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador CIC (3era aplicación)

HSD Tukey ^{a,b}				
Tratamiento	N	Subconjunto		
		1	2	3
1,00	4	5,1600		
2,00	4		6,400	
3,00	4		6,8150	
4,00	4			7,8425
Sig.		1,000	0,362	1,000

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.
b. Alfa = 0,05.

Tabla 109. Análisis de varianza para el indicador AI (3era aplicación)

Variable dependiente: AI					
Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	11.138a	3	3.713	6.854	0.006
Intersección	5.29	1	5.29	9.765	0.009
Tratamiento	11.138	3	3.713	6.854	0.006
Error	6.501	12	0.542		
Total	22.929	16			
Total, corregido	17.639	15			

a. $R^2 = 0,631$ (R^2 ajustada = 0,539)

Tabla 110. Análisis de post-hoc Tukey para el indicador AI (3era aplicación)

HSD Tukey ^{a,b}			
Tratamiento	N	Subconjunto	
		1	2
1,00	4	0,0000	
4,00	4	0,0000	
3,00	4	0,2950	
2,00	4		2,0050
Sig.		0,940	1,000

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

b. Alfa = 0,05.

- **Análisis fisicoquímico de suelo al inicio de la investigación, 90 días después de la primera aplicación, segunda aplicación y tercera aplicación respectivamente, análisis químico del compost municipal aplicado en la investigación.**



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - CELULAR 944407531

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

analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANALISIS DE SUELOS

SOLICITANTE:		VILLAR SANTAMARIA NOLVERTA																				
N°	CODIGO DEL LAB.	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	SECTOR	NOMBRE DE PARCELA O FUNDO	AREA	CULTIVO ANTERIOR	CULTIVO ACTUAL	RENDIMIENTO (Kg/Ha)	PROFUNDIDAD DE MUESTREO (cm)	DENSIDAD DE SIEMBRA	EDAD DEL CULTIVO (AÑOS)	COORDENADAS		ALTITUD (m.s.n.m.)						
														LATITUD	LONGITUD							
1	S0434	HUANUCO	LEONCIO PRADO	CASTILLO GRANDE	LA FLORIDA KM 9	FUNDO ZACARIAS	2	CACAO	CACAO	150-180	20 A 30	2.5 X 2.5	8	387132	8978541.51	676.43						
N°	DATOS		ANALISIS MECANICO				pH	M.O.	N	P	K	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						CICe	%	%	%
	CODIGO DEL LAB.	CODIGO DEL SOLICITANTE	Arena %	Arcilla %	Limo %	Textura							1:1	%	%	disponible ppm	ppm	Ca				
1	S0434	SANTAMARIA SABINO ELSA	45	26	29	Franco	4.50	1.33	0.07	26.06	25.99	3.50	2.139	0.205	0.045	0.010	0.720	0.380	3.50	69	31	21

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE

RECIBO No. 001-0647146

TINGO MARIA, 12 DE ABRIL 2022



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María



Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI

Jefe (e) Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - CELULAR 944407531

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

analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANÁLISIS DE SUELOS

SOLICITANTE:		NOLVERTA VILLAR SANTAMARIA														
N°	CODIGO DEL LAB.	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	MICROCUENCA	PARCELA O FUNDO	AREA	CULTIVO ANTERIOR	CULTIVO ACTUAL	RENDIMIENTO (t/ha/año)	PROFUNDIDAD DE MUESTREO (cm)	DENSIDAD DE SIEMBRA	EDAD DEL CULTIVO (AÑOS)	COORDENADAS		ALTITUD (m.s.n.m.)
														LATITUD	LONGITUD	
1	S0626	HUANUCO	LEONCIO PRADO	CASTILLO GRANDE	CASTILLO GRANDE	FUNDO ZACARIAS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	S0627	HUANUCO	LEONCIO PRADO	CASTILLO GRANDE	CASTILLO GRANDE	FUNDO ZACARIAS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	S0628	HUANUCO	LEONCIO PRADO	CASTILLO GRANDE	CASTILLO GRANDE	FUNDO ZACARIAS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	S0629	HUANUCO	LEONCIO PRADO	CASTILLO GRANDE	CASTILLO GRANDE	FUNDO ZACARIAS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	S0630	HUANUCO	LEONCIO PRADO	CASTILLO GRANDE	CASTILLO GRANDE	FUNDO ZACARIAS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	S0631	HUANUCO	LEONCIO PRADO	CASTILLO GRANDE	CASTILLO GRANDE	FUNDO ZACARIAS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	S0632	HUANUCO	LEONCIO PRADO	CASTILLO GRANDE	CASTILLO GRANDE	FUNDO ZACARIAS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	S0633	HUANUCO	LEONCIO PRADO	CASTILLO GRANDE	CASTILLO GRANDE	FUNDO ZACARIAS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	S0634	HUANUCO	LEONCIO PRADO	CASTILLO GRANDE	CASTILLO GRANDE	FUNDO ZACARIAS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

N°	DATOS		ANÁLISIS MECÁNICO				pH	M.O.	N	P	K	CIC	CAMBIABLES Cmol+/kg						CICe	%	%	%
	CODIGO DEL LAB.	REFERENCIA	Arena	Arcilla	Limo	Textura							Ca	Mg	K	Na	Al	H				
			%	%	%																	
1	S0626	T1 B1	25	33	42	Franco Arcillo Limoso	5.14	1.49	0.07	11.99	57.77	-	2.4990	0.3200	0.1733	0.0730	0.3800	0.1200	3.5653	86	14	11
2	S0627	T1 B2	21	35	44	Franco Arcillo Limoso	5.34	1.32	0.07	10.39	55.83	-	2.4355	0.3042	0.1651	0.0746	0.3700	0.1100	3.4594	86	14	11
3	S0628	T1 B3	19	39	42	Franco Arcillo Limoso	5.39	1.42	0.07	12.65	56.93	-	2.4115	0.2922	0.1774	0.0738	0.3700	0.1200	3.4449	86	14	11
4	S0629	T1 B4	23	35	42	Franco Arcillo Limoso	4.87	1.36	0.07	10.29	55.23	-	2.4490	0.2892	0.1344	0.0726	0.4200	0.0800	3.4451	85	15	12
5	S0630	T2 B1	19	35	46	Franco Arcillo Limoso	5.44	2.07	0.10	10.59	64.42	-	3.5053	0.4950	0.1836	0.0848	0.1200	0.0300	4.4187	97	3	3
6	S0631	T2 B2	21	33	46	Franco Arcillo Limoso	5.46	2.39	0.12	12.85	63.27	-	3.5095	0.4858	0.2159	0.0865	0.1800	0.0300	4.5078	95	5	4
7	S0632	T2 B3	16	39	45	Franco Arcillo Limoso	4.92	2.00	0.10	11.65	61.32	-	3.4700	0.4750	0.1754	0.0823	0.3000	0.1600	4.6626	90	10	6
8	S0633	T2 B4	19	37	44	Franco Arcillo Limoso	5.42	1.90	0.09	12.66	62.67	-	3.5295	0.5175	0.1826	0.0845	0.2100	0.0300	4.5541	95	5	5
9	S0634	T3 B1	25	33	42	Franco Arcillo Limoso	5.45	2.52	0.13	15.83	57.22	-	2.8490	0.4175	0.1421	0.0801	0.1700	0.0300	3.6886	95	5	5

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE

RECIBO N° 001-0651542

TINGO MARIA, 15 DE JUNIO 2022



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María

Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI

Jefe (a) Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - CELULAR 944407531

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

analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANÁLISIS DE SUELOS

SOLICITANTE:		NOLVERTA VILLAR SANTAMARIA														
N°	CODIGO DEL LAB.	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	MICROCUEENCA	PARCELA O FUNDO	AREA	CULTIVO ANTERIOR	CULTIVO ACTUAL	RENDIMIEN TO (Kg/ha)	PROFUNDA DAD DE MUESTREO (cm)	DENSIDAD DE SIEMBRA	EDAD DEL CULTIVO (AÑOS)	COORDENADAS		ALTITUD (m.s.n.m.)
														LATITUD	LONGITUD	
10	S0755	HUANUCO	LEONCIO PRADO	CASTILLO GRANDE	CASTILLO GRANDE	FUNDO ZACARIAS	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11	S0756	HUANUCO	LEONCIO PRADO	CASTILLO GRANDE	CASTILLO GRANDE	FUNDO ZACARIAS	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12	S0757	HUANUCO	LEONCIO PRADO	CASTILLO GRANDE	CASTILLO GRANDE	FUNDO ZACARIAS	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
13	S0758	HUANUCO	LEONCIO PRADO	CASTILLO GRANDE	CASTILLO GRANDE	FUNDO ZACARIAS	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
14	S0759	HUANUCO	LEONCIO PRADO	CASTILLO GRANDE	CASTILLO GRANDE	FUNDO ZACARIAS	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
15	S0760	HUANUCO	LEONCIO PRADO	CASTILLO GRANDE	CASTILLO GRANDE	FUNDO ZACARIAS	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
16	S0761	HUANUCO	LEONCIO PRADO	CASTILLO GRANDE	CASTILLO GRANDE	FUNDO ZACARIAS	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

N°	DATOS		ANÁLISIS MECANICO			pH	M.O.	N	P	K	CIC	CAMBIABLES Cmo(+)/kg						CICe	%	%	%								
	CODIGO DEL LAB.	REFERENCIA	Arena	Arcilla	Limo							Textura	1:1	%	disponible		Ca					Mg	K	Na	Al	H	Bas. Camb.	Ac. Camb.	Sat. Al
			%	%	%										ppm	ppm													
10	S0756	T3 B2	21	35	44	Franco Arcillo Limoso	5.05	2.13	0.11	16.72	57.67	--	2.7060	0.4525	0.1221	0.0803	0.1500	0.0900	3.6009	93	7	4							
11	S0756	T3B3	21	37	42	Franco Arcillo Limoso	5.42	2.65	0.13	15.68	59.02	--	2.7450	0.4017	0.1344	0.0799	0.1600	0.0300	3.5509	95	5	5							
12	S0757	T3 B4	25	35	40	Franco Arcillo Limoso	5.49	2.71	0.14	16.55	58.82	--	2.6800	0.4258	0.1241	0.0802	0.1700	0.0300	3.5101	94	6	5							
13	S0758	T4 B1	23	35	42	Franco Arcillo Limoso	5.46	2.26	0.11	19.84	61.07	--	3.6020	0.4643	0.1554	0.0840	0.2200	0.0200	4.5457	95	5	5							
14	S0759	T4 B2	15	39	46	Franco Arcillo Limoso	5.42	2.13	0.11	20.03	62.62	--	3.6140	0.4929	0.1576	0.0846	0.2100	0.1300	4.6891	93	7	4							
15	S0760	T4 B3	23	37	40	Franco Arcillo Limoso	5.49	2.26	0.11	20.12	63.72	--	3.8270	0.4813	0.1564	0.0844	0.2000	0.0600	4.8091	95	5	4							
16	S0761	T4 B4	17	37	46	Franco Arcillo Limoso	4.84	2.07	0.10	19.93	60.47	--	3.5945	0.4671	0.1624	0.0841	1.0500	0.2500	5.6081	77	23	19							

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE

RECIBO N° 001-0651542

TINGO MARIA, 15 DE JUNIO 2022



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María

Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI

Jefe (e) Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - CELULAR 944407531

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

analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANÁLISIS DE SUELOS

SOLICITANTE: NOLVERTA ELISA VILLAR SANTAMARIA											PROCEDENCIA: TINGO MARIA																					
N°	DATOS		ANÁLISIS MECÁNICO			pH	CE	M.O.	N	P	K	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						CICe	%	%	%										
	CODIGO DEL LAB.	REFERENCIA	Arena	Arcilla	Limo								Textura	1:1	dS/cm	%	%	disponible					Ca	Mg	K	Na	Al	H	Bas. Camb.	Ac. Camb.	Sat. Al	
			%	%	%													ppm														ppm
1	S01897-1	T1 B1	21	34	45	Franco Arcillo Limoso	5.50	0.038	1.04	0.05	18.63	97.22	4.622	3.76	0.482	0.240	0.140	0.000	0.000	--	100	0	0									
2	S01897-2	T1 B2	13	40	47	Franco Arcillo Limoso	5.97	0.037	1.09	0.05	18.68	98.76	4.495	3.62	0.453	0.260	0.162	0.000	0.000	--	100	0	0									
3	S01897-3	T1 B3	9	40	51	Franco Arcillo Limoso	6.06	0.035	1.07	0.05	19.68	97.03	4.385	3.54	0.421	0.250	0.174	0.000	0.000	--	100	0	0									
4	S01897-4	T1 B4	7	40	53	Franco Arcillo Limoso	5.84	0.033	1.05	0.05	19.04	97.53	4.283	3.48	0.423	0.240	0.140	0.000	0.000	--	100	0	0									
5	S01897-5	T2 B1	9	40	51	Franco Arcillo Limoso	5.88	0.041	1.20	0.06	26.81	103.46	5.260	4.27	0.530	0.280	0.180	0.000	0.000	--	100	0	0									
6	S01897-6	T2 B2	15	38	47	Franco Arcillo Limoso	5.55	0.037	1.25	0.06	26.38	101.86	5.074	4.13	0.504	0.270	0.170	0.000	0.000	--	100	0	0									
7	S01897-7	T2 B3	7	40	53	Franco Arcillo Limoso	5.57	0.038	1.22	0.06	25.98	101.19	5.331	4.35	0.542	0.270	0.189	0.000	0.000	--	100	0	0									
8	S01897-8	T2 B4	9	34	57	Franco Arcillo Limoso	5.51	0.039	1.30	0.07	26.47	104.28	5.266	4.29	0.542	0.274	0.180	0.000	0.000	--	100	0	0									
9	S01897-9	T3 B1	15	40	45	Franco Arcillo Limoso	5.57	0.051	1.40	0.07	29.01	112.63	5.972	4.85	0.602	0.310	0.210	0.000	0.000	--	100	0	0									
10	S01897-10	T3 B2	7	40	53	Franco Arcillo Limoso	5.53	0.042	1.41	0.07	26.90	117.58	5.905	4.78	0.598	0.300	0.227	0.000	0.000	--	100	0	0									
11	S01897-11	T3 B3	9	38	53	Franco Arcillo Limoso	5.69	0.048	1.46	0.07	27.51	110.75	6.027	4.89	0.604	0.330	0.203	0.000	0.000	--	100	0	0									
12	S01897-12	T3 B4	11	34	55	Franco Arcillo Limoso	5.72	0.047	1.45	0.07	26.79	109.91	5.656	4.59	0.576	0.300	0.190	0.000	0.000	--	100	0	0									
13	S01897-13	T4 B1	9	40	51	Franco Arcillo Limoso	5.64	0.055	1.77	0.09	30.79	112.82	6.150	4.97	0.621	0.320	0.239	0.000	0.000	--	100	0	0									
14	S01897-14	T4 B2	11	40	49	Franco Arcillo Limoso	5.81	0.056	1.61	0.08	29.38	114.14	6.184	4.99	0.624	0.340	0.230	0.000	0.000	--	100	0	0									
15	S01897-15	T4 B3	19	34	47	Franco Arcillo Limoso	5.57	0.057	1.72	0.09	32.88	114.43	6.143	4.95	0.613	0.340	0.240	0.000	0.000	--	100	0	0									
16	S01897-16	T4 B4	13	38	49	Franco Arcillo Limoso	5.52	0.066	1.67	0.08	30.31	115.41	6.184	4.98	0.624	0.330	0.250	0.000	0.000	--	100	0	0									

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE

RECIBO N°001-0651542

TINGO MARIA, 15 DE DICIEMBRE 2022



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María



Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI
Jefe Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - CELULAR 944407531

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

analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANÁLISIS DE SUELOS

SOLICITANTE: NOLVERTA ELISA VILLAR SANTAMARIA												TINGO MARIA										
N°	DATOS		ANÁLISIS MECÁNICO			pH	M.O.	N	P	K	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						CICe	%	%	%	
			Arena	Arcilla	Limo							Textura	1:1	%	%	disponible						Ca
	CODIGO DEL LAB.	REFERENCIA	%	%	%	ppm	ppm															
1	S1928-1	T1 B1	13	32	55	Franco Arcillo Limoso	5.81	1.71	0.088	22.44	101.21	5.01	4.19	0.51	0.22	0.10	0.00	0.00	--	100	0	0
2	S1928-2	T1 B2	9	38	53	Franco Arcillo Limoso	6.16	1.89	0.094	22.53	104.20	5.65	4.81	0.51	0.25	0.09	0.00	0.00	--	100	0	0
3	S1928-3	T1 B3	15	40	45	Franco Arcillo Limoso	5.73	1.66	0.083	17.70	100.46	5.36	4.49	0.54	0.23	0.10	0.00	0.00	--	100	0	0
4	S1928-4	T1 B4	9	40	51	Franco Arcillo Limoso	5.67	1.62	0.081	14.80	101.98	4.62	3.81	0.47	0.23	0.11	0.00	0.00	--	100	0	0
5	S1928-5	T2 B1	11	40	49	Franco Arcillo Limoso	6.30	1.90	0.095	23.02	109.45	6.57	5.42	0.73	0.28	0.14	0.00	0.00	--	100	0	0
6	S1928-6	T2 B2	11	40	49	Franco Arcillo Limoso	5.80	1.83	0.091	25.92	110.95	6.54	5.23	0.83	0.33	0.15	2.60	0.52	--	100	0	0
7	S1928-7	T2 B3	9	40	51	Franco Arcillo Limoso	5.56	1.80	0.090	27.06	113.20	6.32	5.20	0.70	0.28	0.15	2.50	0.60	--	100	0	0
8	S1928-8	T2 B4	9	38	53	Franco Arcillo Limoso	5.80	1.94	0.097	26.80	108.70	6.17	5.25	0.72	0.12	0.08	2.92	0.78	--	100	0	0
9	S1928-9	T3 B1	11	36	53	Franco Arcillo Limoso	5.51	2.63	0.131	28.91	116.20	6.64	5.54	0.89	0.13	0.09	1.18	0.52	--	100	0	0
10	S1928-10	T3 B2	13	40	47	Franco Arcillo Limoso	6.03	2.57	0.129	28.12	114.70	6.65	5.35	0.83	0.28	0.18	0.00	0.00	--	100	0	0
11	S1928-11	T3 B3	19	28	53	Franco Arcillo Limoso	6.06	2.46	0.123	27.50	113.95	7.32	5.90	0.85	0.38	0.20	0.00	0.00	--	100	0	0
12	S1928-12	T3 B4	11	34	55	Franco Arcillo Limoso	5.74	2.34	0.117	27.15	116.95	6.65	5.27	0.84	0.36	0.19	0.00	0.00	--	100	0	0
13	S1928-13	T4 B1	21	28	51	Franco Arcillo Limoso	5.87	2.74	0.137	30.49	121.45	7.94	6.417	0.924	0.410	0.191	0.000	0.000	--	100	0	0
14	S1928-14	T4 B2	13	34	53	Franco Arcillo Limoso	6.22	2.69	0.134	31.01	123.70	8.25	6.660	0.924	0.462	0.207	0.000	0.000	--	100	0	0
15	S1928-15	T4 B3	15	30	55	Franco Arcillo Limoso	6.14	2.80	0.140	35.05	122.20	7.78	6.170	0.863	0.538	0.209	0.000	0.000	--	100	0	0
16	S1928-16	T4 B4	13	32	55	Franco Arcillo Limoso	5.59	2.74	0.137	31.54	122.95	7.45	5.798	0.859	0.564	0.225	0.000	0.000	--	100	0	0

MUESTREO POR EL SOLICITANTE

RECIBO N° 001-0651542

TINGO MARIA, 30 DE DICIEMBRE 2022



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María

Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YEPANQUI
Jefe Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



ANÁLISIS ESPECIAL



1. DATOS

SOLICITANTE:	NOLVERTA ELISA VILLAR SANTAMARIA	MUESTREADO POR:	EL SOLICITANTE
DEPARTAMENTO:	HUANUCO	FECHA DE RECEPCION:	2/10/2023
PROVINCIA:	LEONCIO PRADO	FECHA DE INICIO DE ENSAYO:	2/10/2023
DISTRITO:	RUPA RUPA	FECHA DE REPORTE:	9/10/2023
MUESTRA:	COMPOST	RECIBO O FACTURA:	18827
REF:	----	OBSERVACION:	-----

2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOLICITADO

DATOS DE LA MUESTRA				RESULTADOS EN BASE HUMEDA					RESULTADOS EN BASE SECA										
Código	Dato	PH (1:2)	CE uS/cm	Humedad Hd (%)	Materia Seca (%)	Materia Organica (%)	Cenizas (%)	N (%)	Materia Organica (%)	Cenizas (%)	P ₂ O ₅ (%)	Ca (%)	Mg (%)	Na (%)	K (%)	Zn ppm	Fe ppm	Cu ppm	Mn ppm
E0179	M1	8.89	2690	5.8607	94.1393	37.9446	56.1947	2.2680	40.3068	59.6932	1.2061	1.0813	0.1632	0.1074	0.4414	82.5027	3235.9234	25.8832	184.053

Los Resultados presentados son válidos unicamente para las muestras ensayadas. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este Informe sin la autorización escrita del LASAE.

Los Resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.


 UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 FACULTAD DE AGRONOMIA


 ING. LUIS GERMAN MANSILLA MINAYA

Jefe del Laboratorio de Analisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

