

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROECOLÓGICA Y
DESARROLLO RURAL



TESIS

Microorganismos eficaces, enriquecido con roca fosfórica en la calidad del compost de
residuos sólidos orgánicos municipales, Chuquibambilla Grau

Presentado por:

Rudy Poccori Juárez

Para optar el Título de Ingeniero Agroecólogo Rural

Abancay, Perú

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROECOLÓGICA Y
DESARROLLO RURAL



TESIS

**“MICROORGANISMOS EFICACES, ENRIQUECIDO CON ROCA FOSFÓRICA EN LA CALIDAD
DEL COMPOST DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS MUNICIPALES, CHUQUIBAMBILLA
GRAU”**

Presentado por **Rudy Poccori Juárez**, para optar el Título de:

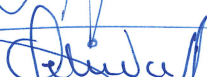
INGENIERO AGROECÓLOGO RURAL

Sustentado y aprobado el 30 de diciembre del 2022, ante el Jurado Evaluador:

Presidente:


Ing. Niki Franklin Flores Pacheco

Primer Miembro:


Mag. Celinda Álvarez Arias

Segundo Miembro:


Mg. Aydee Kari Ferro

Asesor:


Dr. Juan Silver Barreto Carbajal

Agradecimiento

A nuestro señor, por ser mi acompañante y guía, en mi formación profesional, al darme fortaleza en los momentos de dificultad y por ofrecerme una vida de aprendizaje, experiencia y felicidad.

Al docente Mg. Ing. Silver Barreto Carbajal, por su apoyo incansable, a los jurados de esta tesis por sus valiosas orientación y revisión cuidadosa, a la Gerencia de Medio Ambiente y Servicios Municipales de la Municipalidad Provincial de Grau, los que permitieron que el presente trabajo de investigación se desarrolle y concluya de la mejor forma posible.

Rudy Poccori Juárez



Dedicatoria

*A mi madrecita Luisa Juárez Cuellar por haberme dado la vida,
criado y acompañado durante la etapa de mis estudios y tu amor
eterno, también a mis dos hermanos Frank y Fray.*

*Y a ti Nicomedes Cuellar Rodríguez “Mamá Mico” y tío querido
Gregorio Juárez “Papayucha”, mi familia de la niñez, desde el
cielo me iluminan.*

*A ti amada Mariela Gaby Mamani Gómez y mis dos tesoros
Sisary y Wayta, mi linda familia, por ser la fortaleza en cada
momento.*

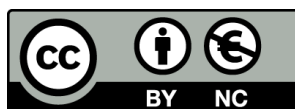
Rudy Poccori Juárez



“Microorganismos eficaces, enriquecido con roca fosfórica en la calidad del compost de residuos sólidos orgánicos municipales, Chuquibambilla Grau”

Línea de investigación: Agua, agricultura, silvicultura y pecuaria sostenible

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons



ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
RESUMEN	2
ABSTRACT	3
CAPÍTULO I	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1 Descripción del problema.....	4
1.2 Enunciado del Problema.....	5
1.2.1 Problema general.....	5
1.2.2 Problemas específicos	5
1.2.3 Justificación de la investigación.....	5
CAPÍTULO II	7
OBJETIVOS E HIPÓTESIS	7
2.1 Objetivos de la investigación	7
2.2.1 Objetivo general	7
2.2.2 Objetivos específicos.....	7
2.2 Hipótesis de la investigación.....	7
2.2.3 Hipótesis general	7
2.2.4 Hipótesis específicas	7
2.3 Operacionalización de variables.....	8
2.3.1 Definición conceptual de variables:	8
2.3.2 Operacionalización de variables.....	8
CAPÍTULO III	10
MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	10
3.1 Antecedentes	10
3.2 Marco teórico	15
3.2.1 Los residuos sólidos	15
3.2.2 El compost.....	16
3.2.3 El compostaje	17
3.2.4 Los Microorganismos Eficaces	24
3.2.5 El fosforo en las plantas	27
3.2.6 La calidad del compost.....	28

3.3	Marco conceptual	38
CAPÍTULO IV.....		40
METODOLOGÍA.....		40
4.1	Tipo y nivel de investigación	40
4.1.1	Tipo de investigación	40
4.1.2	Nivel de investigación	40
4.2	Diseño de la investigación.....	40
4.3	Descripción ética de la investigación	43
4.4	Población y muestra	43
4.4.1	Población	44
4.4.2	Muestra	44
4.5	Procedimiento.....	44
4.5.1	Características del campo experimental	44
4.5.2	Fase de instalación y preparación de materiales e insumos	45
4.5.3	Labores de manejo y mantenimiento.....	47
4.5.4	Evaluaciones en campo	47
4.5.5	Cosecha y toma de muestras	49
4.5.6	Pruebas en laboratorio	49
4.5.7	Procesamiento y análisis de datos	50
4.6	Técnica e instrumentos	50
4.6.1	Técnicas estadísticas.....	50
4.6.2	Instrumentos	50
4.7	Análisis estadístico	51
4.7.1	Hipótesis estadísticas.....	51
4.7.2	Prueba de normalidad.....	53
4.7.3	Homogeneidad de varianza	56
CAPÍTULO V		58
RESULTADOS Y DISCUSIONES		58
5.1	Análisis de resultados	58
5.1.1	Calidad de los parámetros físicos.....	58
5.1.2	Calidad de los parámetros químicos.....	64
5.1.3	Calidad de los parámetros biológicos.....	78
5.2	Contrastación de hipótesis.....	84
5.2.1	Prueba de hipótesis para la calidad de los parámetros físicos del compost	84
5.2.2	Prueba de hipótesis para la calidad de los parámetros químicos del compost	94
5.2.3	Prueba de hipótesis para la calidad de los parámetros biológicos del compost	119
5.3	Discusiones.....	129



5.3.1	Discusión sobre la calidad de los parámetros físicos del compost.....	129
5.3.2	Discusión sobre la calidad de los parámetros químicos del compost.....	130
5.3.3	Discusión sobre la calidad de los parámetros biológicos	132
CAPÍTULO VI.....		133
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		133
6.1	Conclusiones	133
6.2	Recomendaciones.....	135
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		136
ANEXOS		142



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 — Variables operacionalizadas	9
Tabla 2 — Composición de los residuos sólidos domiciliarios	16
Tabla 3 — Relación carbono nitrógeno de restos vegetales.....	22
Tabla 4 — Estadística de indicadores fisicoquímicos en materia seca	29
Tabla 5 — Calidad del compost según la NTC 5167/2011	30
Tabla 6 — Calidad del compost según la NOCh 2880.....	31
Tabla 7 — Calidad del compost según OMS.....	32
Tabla 8 — Resultados del Análisis Químico y Biológico del Compost	33
Tabla 9 — Resultados del Análisis Químico y Biológico del Compost	34
Tabla 10 — Compost en las propiedades físico-químicas y biológicas del suelo.....	35
Tabla 11 — Rangos de calidad compost según normatividad internacional.....	37
Tabla 12 — Datos en el diseño DBCA.	42
Tabla 13 — Asignación de los tratamientos de manera aleatoria	43
Tabla 14 — Análisis de Varianza (ANOVA).....	51
Tabla 15 — Prueba de normalidad calidad de los parámetros físicos.....	53
Tabla 16 — Prueba de normalidad calidad de los parámetros físicos.....	54
Tabla 17 — Prueba de normalidad calidad de los parámetros microbiológicos	55
Tabla 18 — Prueba de Homogeneidad de Varianza.....	56
Tabla 19 — Estadísticos descriptivos humedad del compost.....	58
Tabla 20 — Estadísticos descriptivos materia seca del compost	59
Tabla 21 — Estadísticos descriptivos densidad aparente del compost	60
Tabla 22 — Estadísticos descriptivos densidad aparente del compost	61
Tabla 23 — Estadísticos descriptivos porosidad del compost	62
Tabla 24 — Estadísticos descriptivos materia orgánica del compost	63
Tabla 25 — Estadísticos descriptivos potencial de hidrogeniones del compost	64
Tabla 26 — Estadísticos descriptivos de conductividad eléctrica del compost	65
Tabla 27 — Estadísticos descriptivos de nitrógeno del compost	67
Tabla 28 — Estadísticos descriptivos de Fosforo del compost	68
Tabla 29 — Estadísticos descriptivos de potasio (K ₂ O) del compost	69
Tabla 30 — Estadísticos descriptivos de óxido de calcio (CaO) del compost.....	70



Tabla 31 — Estadísticos descriptivos de óxido de magnesio (MgO) del compost	71
Tabla 32 — Estadísticos descriptivos de sodio (Na) del compost	72
Tabla 33 — Estadísticos descriptivos de la relación Carbono/nitrógeno (C/N) del compost ..	73
Tabla 34 — Estadísticos descriptivos de Hierro (Fe) del compost	74
Tabla 35 — Estadísticos descriptivos de cobre (Cu) del compost	75
Tabla 36 — Estadísticos descriptivos de Zinc (Zn) del compost.....	76
Tabla 37 — Estadísticos descriptivos de Manganese (Mn) del compost.....	77
Tabla 38 — Estadísticos descriptivos de Boro (B) del compost	78
Tabla 39 — Estadísticos descriptivos coliformes totales (MNP/g) del compost	79
Tabla 40 — Estadísticos descriptivos coliformes fecales (MNP/g) del compost.....	80
Tabla 41 — Estadísticos descriptivos E coli (MNP/g) del compost	81
Tabla 42 — Estadísticos descriptivos Mohos levaduras (UFC/g) del compost	82
Tabla 43 — Estadísticos descriptivos Actinomicetos (UFC/g) del compost	83
Tabla 44 — Análisis de varianza humedad del compost	85
Tabla 45 — Prueba de Tukey al 95%, para la humedad del compost.....	86
Tabla 46 — Análisis de varianza materia seca del compost	87
Tabla 47 — Prueba de Tukey al 95%, para la materia seca del compost.....	88
Tabla 48 — Análisis de varianza densidad aparente (gr/cc) del compost.....	88
Tabla 49 — Prueba de Tukey al 95%, densidad aparente del compost.....	89
Tabla 50 — Análisis de varianza densidad real (gr/cc), del compost	90
Tabla 51 — Prueba de Tukey al 95%, densidad real del compost	91
Tabla 52 — Análisis de varianza porosidad (%) del compost	91
Tabla 53 — Prueba de Tukey al 95% porosidad del compost.....	92
Tabla 54 — Análisis de varianza materia orgánica (%) del compost	93
Tabla 55 — Prueba de Tukey al 95% materia orgánica del compost.....	94
Tabla 56 — Análisis de varianza del pH del compost	96
Tabla 57 — Prueba de Tukey al 95% pH del compost	97
Tabla 58 — Análisis de varianza conductividad eléctrica (dS/m) del compost.....	97
Tabla 59 — Prueba de Tukey al 95% conductividad eléctrica (dS/m) del compost.....	98
Tabla 60 — Análisis de varianza nitrógeno (%) del compost.....	99
Tabla 61 — Prueba de Tukey al 95% nitrógeno (%) del compost.....	100
Tabla 62 — Análisis de varianza Fosforo (%) del compost.....	101
Tabla 63 — Prueba de Tukey al 95% fosforo (%) del compost.....	102
Tabla 64 — Análisis de varianza Potasio (%) del compost	102
Tabla 65 — Prueba de Tukey al 95% potasio (%) del compost.....	103

Tabla 66 — Análisis de varianza Oxido de calcio (%) del compost	104
Tabla 67 — Prueba de Tukey al 95% oxido de calcio (%) del compost	105
Tabla 68 — Análisis de varianza oxido de magnesio (%) del compost	106
Tabla 69 — Prueba de Tukey al 95% oxido de magnesio del compost	107
Tabla 70 — Análisis de varianza sodio (%) del compost	107
Tabla 71 — Prueba de Tukey al 95% sodio (%) del compost	108
Tabla 72 — Análisis de varianza relación Carbono Nitrógeno del compost	109
Tabla 73 — Prueba de Tukey al 95% relación carbono nitrógeno del compost	110
Tabla 74 — Análisis de varianza Fierro (ppm) del compost	111
Tabla 75 — Prueba de Tukey al 95% fierro (ppm) del compost	112
Tabla 76 — Análisis de varianza para cobre (ppm) del compost	112
Tabla 77 — Prueba de Tukey al 95% cobre (ppm) del compost	113
Tabla 78 — Análisis de varianza para Zinc (ppm) del compost	114
Tabla 79 — Prueba de Tukey al 95% zinc (ppm) del compost	115
Tabla 80 — Análisis de varianza para manganeso (ppm) del compost	116
Tabla 81 — Prueba de Tukey al 95% manganeso (ppm) del compost	117
Tabla 82 — Análisis de varianza para boro (ppm) del compost	118
Tabla 83 — Prueba de Tukey al 95% boro (ppm) del compost	119
Tabla 84 — Análisis de varianza de coliformes totales (MNP/g) del compost	121
Tabla 85 — Prueba de Tukey al 95% coliformes totales (MNP/g) del compost	122
Tabla 86 — Análisis de varianza de coliformes fecales (MNP/g) del compost	122
Tabla 87 — Prueba de Tukey al 95% coliformes fecales (MNP/g) del compost	123
Tabla 88 — Análisis de varianza de E coli (MNP/g) del compost	124
Tabla 89 — Prueba de Tukey al 95% E coli (MNP/g) del compost	125
Tabla 90 — Análisis de varianza de Mohos levaduras (UFC/g) del compost	126
Tabla 91 — Prueba de Tukey al 95% mohos levaduras (UFC/g) del compost	127
Tabla 92 — Análisis de varianza de Actinomicetos (UFC/g) del compost	127
Tabla 93 — Prueba de Tukey al 95% Actinomicetos (UFC/g) del compost	128



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 — Temperatura y fases del compostaje	20
Figura 2 — Bacterias fotosintéticas.....	25
Figura 3 — Bacterias ácido lácticas	26
Figura 4 — Levaduras	26
Figura 5 — región critica de rechazo	53
Figura 6 — Barras de medias de humedad.....	58
Figura 7 — Barras de medias de materia seca.....	59
Figura 8 — Barras de medias de densidad aparente.....	60
Figura 9 — Barras de medias de densidad real	61
Figura 10 — Barras de medias de porosidad.....	62
Figura 11 — Barras de medias de materia orgánica.....	63
Figura 12 — Barras de medias de pH.....	65
Figura 13 — Barras de medias de pH.....	66
Figura 14 — Barras de medias de nitrógeno (%)	67
Figura 15 — Barras de medias de fosforo (P_2O_5)	68
Figura 16 — Barras de medias de potasio (K_2O)	69
Figura 17 — Barras de medias de óxido de calcio (CaO)	70
Figura 18 — Barras de medias de óxido de magnesio (MgO)	71
Figura 19 — Barras de medias de sodio (Na)	72
Figura 20 — Barras de medias de relación carbono nitrógeno (C/N)	73
Figura 21 — Barras de medias de hierro (Fe)	74
Figura 22 — Barras de medias de cobre (Cu)	75
Figura 23 — Barras de medias de Zinc (Zn).....	76
Figura 24 — Barras de medias de Manganeseo (Mn).....	77
Figura 25 — Barras de medias de Boro (B)	78
Figura 26 — Barras de medias de Coliformes totales (MNP/g).....	79
Figura 27 — Barras de medias de Coliformes fecales (MNP/g).....	80
Figura 28 — Barras de medias de E Coli (MNP/g).....	81
Figura 29 — Barras de medias de Mohos levaduras (UFC/g)	82
Figura 30 — Barras de medias de Actinomicetos (UFC/g).....	83



INTRODUCCIÓN

A nivel mundial existen múltiples problemas ambientales, uno común es el manejo de residuos sólidos orgánicos municipales; en nuestro país, el Perú, cada día se genera más volúmenes de residuos; principalmente los residuos sólidos orgánicos, en los 196 provincias y 1874 distritos con prácticas inapropiadas. Todas las entidades y la sociedad por norma deberían tratar y disponer adecuadamente los residuos sólidos, a fin de prevenir riesgos ambientales y protección de la salud. Esta situación ocurre a nivel regional, provincial y distrital, como es el caso del distrito de Chuquibambilla-Grau, donde el 48.39% representa residuos sólidos orgánicos (PIGARS-2015).

En esta realidad se han generado diferentes alternativas, como es el caso del compostaje, presentada como una alternativa técnica y metodológica para el manejo de residuos sólidos orgánicos, que orientan a la reutilización de los residuos sólidos, dándole un valor agregado. Sin embargo, el proceso de compostaje actualmente presenta olores desagradables, presencia de mocos, además no se considera que características físicas, químicas y microbiológicas tiene el compost, muchas veces utilizados en la agricultura de consumo directo.

Existen experiencias de análisis fisicoquímico de compost proveniente de residuos sólidos orgánicos municipales, reportan porcentajes mínimos de nitrógeno, potasio y fósforo. Este último elemento, es el menos disponible en el medio natural. Además, considerando que la interacción de la roca fosfórica con microorganismos eficientes incrementa su capacidad de movilización y reduce el tiempo de compostaje, por tanto, hace que el fósforo presente en el compost sea mayor y de mejor asimilación por las plantas, se motiva a la fertilización fosfórica. Toda persona busca compost de calidad en un tiempo pertinente, por ello, se incorpora los microorganismos eficaces y roca fosfórica en el presente proyecto.

Por lo expuesto, el presente trabajo se presenta como una continuación de experiencias anteriores, y apertura a la validación e investigación del uso de Microorganismos Eficientes (EM Compost) enriquecido con adición de roca fosfórica, tratados en residuos orgánicos municipales del distrito de Chuquibambilla - Grau, que busca determinar la calidad del compost respaldado con normas técnicas de calidad, a través de ello, contribuir en el manejo de residuos orgánicos, consecuentemente contribuir en la mejora de la actividad agrícola y otros fines afines.



RESUMEN

La investigación titulada, Microorganismos eficaces, enriquecido con roca fosfórica en la calidad del compost de residuos sólidos orgánicos municipales, Chuquibambilla Grau, corresponde a la investigación en la línea Agricultura, Silvicultura y Pecuaria Sostenible; el estudio se realizó en el sector Chinchillpay, Chuquibambilla, Grau; con coordenadas UTM 8438919 N y 746301 E, a 3596 msnm, con precipitación de 720 mm/anuales, temperatura media máxima de 24.8 °C y media mínima de 4.8 °C. La investigación es experimental, utiliza un diseño de bloques completamente aleatorizado (DBCA) con aplicación de tres tratamientos y un tratamiento control. “el objetivo de evaluar el efecto de los microorganismos eficientes enriquecido con roca fosfórica en la calidad de los parámetros físicos, químicos y biológicos del compost de residuos sólidos orgánicos municipales en Chuquibambilla – Grau. Se realizó las pruebas de normalidad y homogeneidad de varianza de los datos, concluyendo que los datos provienen de una población normal, se realizó la prueba de hipótesis mediante el ANOVA (Sig.<0.05), y la comparación múltiple de medias con Tukey con una probabilidad del 95%. Los resultados de la investigación muestran una relación positiva significativa (Sig.<0.05) entre los tratamientos: T1 (3 L de EM+10 Kg. de RF), T2 (2 L de EM+10 Kg. de RF), T3 (1 L de EM+10 Kg. de RF) y el tratamiento control T4 (testigo). Los resultados indican que el tratamiento T2 (2 L de EM+10 Kg. de RF) tiene mayor efecto en la calidad de los parámetros físicos, químicos y biológicos del compost, encontrándose en la clase B según la norma técnica chilena (NOCh – 2880) y que tiene estrecha relación con la norma técnica colombiana (NTC 5167/2011). La calidad de los parámetros físicos, químicos y biológicos del compost califican como apto para el uso en la agricultura y el abonamiento de diferentes cultivos.

Palabras clave: *Calidad, compost, residuos orgánicos, roca fosfórica y microorganismos eficaces.*



ABSTRACT

The research entitled, Effective microorganisms, enriched with phosphoric rock in the quality of municipal organic solid waste compost, Chuquibambilla Grau, corresponds to the research in the Sustainable Agriculture, Forestry and Livestock line; the study was carried out in the Chinchillpay, Chuquibambilla, Grau sector; with UTM coordinates 8438919 N and 746301 E, at 3,596 meters above sea level, with precipitation of 720 mm/year, average maximum temperature of 24.8 °C and average minimum of 4.8 °C. The research is experimental, it uses a completely randomized block design (DBCA) with the application of three treatments and a control treatment. "The objective of evaluating the effect of efficient microorganisms enriched with phosphoric rock on the quality of the physical, chemical and biological parameters of the municipal organic solid waste compost in Chuquibambilla - Grau. The tests of normality and homogeneity of variance of the data were carried out, concluding that the data come from a normal population, the hypothesis test was carried out through the ANOVA (Sig.<0.05), and the multiple comparison of means with Tukey with a 95% probability. The results of the research show a significant positive relationship (Sig.<0.05) between the treatments: T1 (3 L of EM+10 Kg of RF), T2 (2 L of EM+10 Kg of RF), T3 (1 L of EM+10 kg of RF) and the control treatment T4 (control). The results indicate that the T2 treatment (2 L of EM+10 kg of RF) has a greater effect on the quality of the physical, chemical and biological parameters of the compost, being in class B according to the Chilean technical standard (NOCh - 2880) and that is closely related to the Colombian technical standard (NTC 5167/2011). The quality of the physical, chemical and biological parameters of the compost qualify it as suitable for use in agriculture and fertilization of different crops.

Keywords: *Quality, compost, organic waste, phosphoric rock and efficient microorganisms.*



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

Se vive una crisis ambiental mundial con factores múltiples, una de las más relevantes el inadecuado manejo de residuos sólidos orgánicos municipales. En nuestro país, a pesar de los esfuerzos del Ministerio del Ambiente y los gobiernos locales, no se cuenta con espacios destinados para fines de manejo y los pocos que existen, colapsan muy rápidamente debido al crecimiento demográfico y práctica inapropiadas. No se avizora mejoras integrales en este sector.

En contraste con la problemática de residuos sólidos, la agricultura familiar campesina, ha encontrado limitaciones en la fertilidad del suelo, por falta de abonos orgánicos que sean de calidad, accesibles y de fácil descomposición. Incorporar la técnica de **los microorganismos eficaces adicionado con roca fosfórica permitiría obtener un compost de calidad en un tiempo prudente**. Además, en la agricultura los requerimientos nutricionales del fósforo (P) son cubiertos por abonos industrializados, en el ambiente la disposición del P es limitado, pues solo se dispone como fósforo orgánico en plantas, de los cuales el hombre y los animales disponen.

En Chuquibambilla, Grau, la generación de residuos sólidos orgánicos representa el 48.39% (PIGAR-2015-2018), recojo diario de más de 400 Kg., nos da la idea de la disponibilidad de materia prima para la producción de compost con técnicas de manejo adecuado y obtención de compost de mejor calidad.

El compostaje como sabemos, utiliza residuos sólidos urbanos, industriales, agrícolas, pecuarios y requiere tiempo. Es posible lograr una fácil biodegradabilidad, con el uso de Microorganismos Eficaces (EM compost) que contienen bacterias ácido lácticas y fotosintéticas, que acelerarían el proceso de descomposición de los restos orgánicos municipales, la adición de roca fosfórica contribuye a acelerar la descomposición y mejorar la disponibilidad de fósforo (P), de manera que se pueda lograr el compost de calidad en un tiempo prudente, y pueda constituirse en una técnica de producción de compost de calidad con aceptable concentración del elemento fósforo.



1.2 Enunciado del Problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál será el efecto de los microorganismos eficientes enriquecido con roca fosfórica en la calidad del compost de residuos sólidos orgánicos en Chuquibambilla - Grau?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuál será el efecto de los microorganismos eficientes enriquecido con roca fosfórica en la calidad de los parámetros físicos del compost de residuos sólidos orgánicos municipales en Chuquibambilla - Grau?
- ¿Cuál será el efecto de los microorganismos eficientes enriquecido con roca fosfórica en la calidad de los parámetros químicos del compost de residuos sólidos orgánicos municipales en Chuquibambilla - Grau?
- ¿Cuál será el efecto de los microorganismos eficientes enriquecido con roca fosfórica en la calidad de los parámetros biológicos del compost de residuos sólidos orgánicos municipales en Chuquibambilla - Grau?

1.2.3 Justificación de la investigación

El propósito de la investigación consiste en conocer la calidad del compost obtenido como efecto de los microorganismos eficientes (ME) enriquecidos con Roca Fosfórica (RF). Con ello se contribuye al adecuado manejo de los residuos orgánicos municipales y la disponibilidad de un compost de mejor calidad según sus propiedades y ser utilizada en la agricultura.

El presente trabajo constituye una alternativa de manejo técnico de residuos sólidos orgánicos municipales a través del compostaje, con el uso de microorganismo eficaces (EM compost) enriquecido con roca fosfórica, para obtener compost de calidad, con disponibilidad de macronutrientes, especialmente el fósforo (P), características físicas y colonias de microorganismo benéficos necesarios para obtener compost de aceptable calidad.

Por tanto, los resultados de esta investigación permitirán contribuir en la mejora del manejo de residuos orgánicos municipales a través del proceso de compostaje, que están a cargo de la Municipalidad Provincial de Grau. Además



de disponer un compost de aceptable calidad para la actividad agrícola y otros fines.

El uso de Microorganismos Eficaces (ME Compost) enriquecido con roca fosfórica constituirá una nueva alternativa tecnológica del compostaje, no será un proceso complicado, deberán cumplirse las recomendaciones específicas en el manejo de la humedad, aireación y temperatura, con empleo de equipos y materiales de fácil manipulación y accesibles. En cuanto al costo de la investigación, está al alcance del investigador por los volúmenes que se manejarán, requerirá mano de obra y análisis de laboratorio.

En lo social y económico, la tecnología a validar permitirá disponer y valorar los residuos orgánicos como materia prima para el proceso de compostaje, disminuyendo costos en la producción de compost y promoviendo una alternativa técnica a la fertilización fosfórica. Además, los resultados de la investigación se darán a conocer a los pobladores de Chuquibambilla y de otros distritos.

En el tema ambiental, es una alternativa del manejo de residuos sólidos orgánicos con lo cual, al masificarse la tecnología de esta investigación, contribuirá a la disminución de la contaminación ambiental, a su vez, el producto denominado compost es un abono orgánico muy importante para la agricultura orgánica.



CAPÍTULO II

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1 Objetivos de la investigación

2.2.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de los microorganismos eficientes enriquecido con roca fosfórica en los parámetros de la calidad del compost de residuos sólidos orgánicos municipales en Chuquibambilla – Grau.

2.2.2 Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de los microorganismos eficientes enriquecido con roca fosfórica en la calidad de los parámetros físicos del compost de residuos sólidos orgánicos municipales en Chuquibambilla – Grau.
- Evaluar el efecto de los microorganismos eficientes enriquecido con roca fosfórica en la calidad de los parámetros químicos del compost de residuos sólidos orgánicos municipales en Chuquibambilla – Grau.
- Evaluar el efecto de los microorganismos eficientes enriquecido con roca fosfórica en la calidad de los parámetros biológicos del compost de residuos sólidos orgánicos municipales en Chuquibambilla – Grau.

2.2 Hipótesis de la investigación

2.2.3 Hipótesis general

Existen diferencias en el efecto de los microorganismos eficientes enriquecido con roca fosfórica en la calidad del compost de residuos sólidos orgánicos municipales en Chuquibambilla – Grau.

2.2.4 Hipótesis específicas

- Existen diferencias significativas en el efecto de los microorganismos eficientes enriquecido con roca fosfórica en la calidad de los parámetros físicos del compost de residuos sólidos orgánicos en Chuquibambilla – Grau.



- Existen diferencias significativas en el efecto de los microorganismos eficientes enriquecido con roca fosfórica en la calidad de los parámetros químicos del compost de residuos sólidos orgánicos en Chuquibambilla – Grau.
- Existen diferencias significativas en el efecto de los microorganismos eficientes enriquecido con roca fosfórica en la calidad de los parámetros biológicos del compost de residuos sólidos orgánicos en Chuquibambilla – Grau.

2.3 Operacionalización de variables

Se define y operacionaliza las variables de la investigación

2.3.1 Definición conceptual de variables:

Se define conceptualmente las variables, la variable independiente como las variables dependientes.

Variable independiente: Niveles de aplicación de los microorganismos eficientes adicionados con roca fosfórica. Se utilizó microorganismos eficaces con tres dosis de aplicación y adicionada roca fosfórica, una sola cantidad por metro cubico de residuo orgánico municipal, para medir su efecto en las variables dependientes.

Variable dependiente: Calidad de compost.

La calidad del compost, se determinó mediante sus componentes: Parámetros físicos, químicos y biológicos del compost, tomando como referencias las normas técnicas internacionales, como norma técnica chilena, norma técnica colombiana, Organización Mundial de la Salud, Agencia Española de Protección Ambiental y otras investigaciones.

2.3.2 Operacionalización de variables

La operacionalización se realizó tomando en cuenta las variables e indicadores a evaluar, se describe en la siguiente tabla:



Tabla 1 — Variables operacionalizadas

VARIABLES	INDICADORES	ÍNDICES
Variable independiente:		
Niveles de microorganismos eficaces EM-compost, enriquecidos con roca fosfórica.	Nivel Alto	3 L EM + 10 kg RF en 0.3 m3 de RO
	Nivel Medio	2 L EM + 10 kg RF en 0.3 m3 de RO
	Nivel Bajo	1 L EM + 10 kg RF en 0.3 m3 de RO
Variables dependientes:		
Calidad de los parámetros físicos	Humedad	%
	Materia Seca	%
	Densidad Aparente	(gr/cc)
	Densidad real	(gr/cc)
	Porosidad	%
	Materia orgánica	%
Calidad de los parámetros químicos	pH	Escala
	Conductividad eléctrica	(dS/m)
	Nitrógeno	%
	Fosforo	%
	Potasio	%
	Oxido de calcio	%
	Oxido de magnesio	%
	Sodio	%
	Relación C/N	Escala
	Fierro	ppm
	Cobre	ppm
	Zn	ppm
	Manganeso	ppm
	Boro	ppm
Calidad de los parámetros biológicos	Coliformes totales	MNP/g
	Coliformes fecales	NMP/g
	E coli	NMP/g
	Mohos levaduras	UFC/g
	Actinomicetos	UFC/g

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

3.1 Antecedentes

- a) **BAILÓN-ROJAS y FLORIDA-ROFNER (2021)**, en la investigación **“Caracterización y calidad de los compost producidos y comercializados en Rupa Rupa-Huánuco”**, realizo la investigación en Tingo María, Rupa Rupa, Leoncio Prado, región Huánuco-Perú. Evaluó los parámetros fisicoquímicos e identifico la calidad de los compost producidos y comercializados. Los tratamientos fueron: compost Alborada (CAL), compost M&F Orgánicos (CMF), compost de residuos municipal (CML), compost de la cooperativa Divisoria (CCD) y compost comercial formulado (CCF). Evaluó los parámetros físicos obteniendo valores mínimos y máximos de: humedad 27.28 - 34.80%, Materia orgánica 29.35 – 36.62%, asimismo resultados de los indicadores químicos: pH 7.9 – 8.33, N: 1.43% - 2.48%, P₂O₅: 1.2%-1.76%; K: 3.01%-4.47%, Ca: 1.18%-2.67%, Mg: 1.13%-1.49%; Na: 0.56%-1.11%, Fe: 2992ppm-5138ppm; Cu: 38.5ppm-57.75ppm, Zn: 621ppm- 845ppm; Mn: 399ppm-648ppm, asimismo valores promedios de Oxido de magnesio (MgO): 1.4% y determinó la calidad según la norma técnica colombiana (NTC 5167), la norma técnica chilena (NOCh 2880) y los estándares de la Organización Mundial de la Salud (OMS). El resultado logrado no muestra diferencias en los parámetros fisicoquímicos, con excepción en el nivel de N, por lo tanto, de acuerdo a la NTC y la OMS, correspondería a compost de buena calidad, según la norma técnica chilena (NOCh) lo clasifica en compost de calidad media. Concluye que los compost en estudio se encuentran en la clasificación de calidad media.
- b) **PÉREZ (2020)**, en su tesis **“Evaluación de la calidad del compost y efecto de la implementación de microorganismo benéficos (Bio-Heral) en la producción de abono, a partir de los residuos orgánicos generados en la finca “Los Recuerdos” en la vereda Guaracura del municipio de San Luis de Palenque”**, Colombia; su objetivo fue determinar, el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes en la calidad física y química del abono compost a partir de los residuos orgánicos generados en la finca “Los Recuerdos”. Aplico 20%, 15% y 10% de ME en cada 100 ml de agua y un testigo sin ME. Concluye que no hubo diferencia significativa entre los diferentes



tratamientos con respecto a la aplicación de EM, porque los tratamientos logran valores con relativa similitud en sus propiedades físicas y químicas, e incluso presentan valores menores al tratamiento sin EM. Todos los tratamientos presentaron los siguientes resultados mínimos y máximos por tratamiento: pH: 8.1-8.7; M.O, 12.90%-17.40%; relación C/N: 11.51% - 11.60%; N: 0.65%-0.87; P: 257.3ppm-289.9ppm; K: 14.76 meg/100gr- 21.94 meg/100gr, Mg: 6.60 meg/100gr- 13.20 meg/100gr, Ca: 13.20 meg/100gr- 16.40 meg/100gr, S: 195.63ppm-322.56ppm; Fe: 112.50ppm-152.50ppm, B: 1.27ppm- 4.29ppm; Cu: 1.20ppm-5.20ppm; Mn: 383.75 ppm-481.25ppm y Zn: 28.75ppm-78.75ppm.

c) **CASTILLO (2020)**, en la investigación **“Evaluación de la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) en el distrito de Huayucachi, Huancayo”**; evaluó la calidad del compost a partir de la mezcla de 4 tipos de residuos orgánicos: estiércol de vaca, estiércol de oveja, residuos de mercado y restos de cosecha, con la aplicación de 3 dosis de “Microorganismos Eficaces” (EM) al 5 %. Concluye que el compost obtenido se encuentra dentro del rango, compost de buena calidad según la norma de la FAO, con los resultados de humedad entre 31.63 % y 50.50%. La conductividad eléctrica entre 3.26 y 3.97 dS.m⁻¹, en el rango de calidad B del IIAP y NTCH; El pH varió de 6.97 a 7.44, en el rango de neutralidad y calidad de la FAO, IIAP y NTCH. La materia orgánica varió entre 26.81% y 28.85 %, en el rango de calidad de la FAO y NTCH. El nitrógeno vario de 0.98 % y 1.00 %, en el rango de calidad de FAO, IIAP y NTCH. El P₂O₅ vario de 1.27% y 1.54%, superior al rango de calidad de FAO e IIAP. El contenido de K₂O vario de 0.46 % y 0.57 %, en el rango de calidad de la FAO, y por debajo de la IIAP. La relación C:N vario de 16.54:1 y 17.08:1; superior al rango de la FAO, pero dentro del rango de la NTCH.

d) **MALDONADO (2020)**, en su tesis **“Comparación de la calidad del compost resultante del proceso realizado por microorganismos eficientes comerciales y naturales en el distrito de Jepelacio, región San Martín”**, el estudio realizo la comparación de calidad del compost con el uso de microorganismos eficientes comerciales (MEC) y microorganismos eficientes naturales (MEN) en los residuos orgánicos generados en el Jepelacio, Moyobamba, región San Martín. El resultado, el tratamiento con MEN tuvo 0.4057% nitrógeno total; 13.234 relación C/N; 0.0325 % fósforo (P₂O₅); 0.4213 % potasio (K₂O), a 31 días de maduración. El tratamiento con MEC obtuvo 0.3260% nitrógeno total, 14.637 %, relación C/N; 0.0382 % fósforo



(P_2O_5); 0.4337% de potasio (K_2O), a 28 días de maduración. Concluye que el compost con mejor calidad fue con la aplicación de microorganismos eficientes comerciales (MEC). Para la relación C:N, el tratamiento con MEC (14.637 %) fue superior al tratamiento con MEN (13.234 %), la relación recomendada, para compost de buena calidad, esta entre 25:1 y 35:1. El nitrógeno total fue de 0.3260%. El fósforo (P_2O_5), con el tratamiento con MEC fue de 0.0382%, resulta ser más eficiente que el tratamiento con MEN cuyo valor es de 0.0325%; ninguno logró encontrarse dentro del rango recomendable. El potasio (K_2O), obtenido con el tratamiento con MEC, es más eficiente que el tratamiento con MEN, con valores de 0.4337% y 0.4213% respectivamente, Los resultados están dentro de los rangos recomendado.

e) **GALINDO; MARTÍNEZ y ESTRADA (2018)**, en la investigación **“Compostaje enriquecido con fósforo como método de reaprovechamiento de los residuos orgánicos”**, evaluó los parámetros fisicoquímicos y caracterizo cualitativa y cuantitativamente las poblaciones de bacterias solubilizadoras de fosfato. Aísló un total de 242 unidades formadoras de colonia de bacterias solubilizadoras de las cuales 171 eran Gram positivas y 71 Gram negativa. Los resultados muestran que la aplicación de fósforo en forma de roca fosfórica en presencia de materia orgánica, incrementa la población de bacterias solubilizadoras y esta a su vez incrementa el fósforo disponible en el compost. El compost final tuvo los siguientes resultados: pH valores de 7.52-8.44, Na: 2.41-4.63 mg/kg, K: 31.80-78.69 mg/kg; Mg: 4.40-11.40 mg/kg; C: 51.55-108.50mg/kg; MO: 8.89-20.66%; P: 1034.00-1745.95 mg kg⁻¹, N: 4.24-8.89 g/kg; relación C: N: 11.59-14.03; CE:9.39-18.84; Bacterias solubilizadoras: 0.33278- 0.62667 Log bases 10 de UFC/gr.

f) **CAJAHUANCA (2017)**, en la investigación **“Optimización del manejo de residuos orgánicos por medio de la utilización de microorganismos eficientes (*Saccharomyces cerevisiae*, *Aspergillus* sp., *Lactobacillus* sp.) en el proceso de compostaje en la Central Hidroeléctrica Chaglla”**, realizado en Huánuco-Perú, utilizó 100% de residuos sólidos orgánicos provenientes de los comedores del campamento de la Central Hidroeléctrica Chaglla, aplico tratamientos con Microorganismos Eficientes (EM), como 0 L de EM (T1), 5 L de EM (T2), 10 L de EM (T3). y 20 L de EM (T4). Los resultados obtenidos, el de 20 litros ha dado mejores resultados, en 32 días obteniendo compost maduro. Cuanto más grande son los lotes de



tratamiento más elevadas son las temperaturas. En cuanto a la temperatura el T4 alcanzo hasta 69.5°C en el día 24 y T0 27.8°C en el día 32, también el nitrógeno alcanzo en T4 a 2.565, el fosforo alcanzo en el T4 1.36% y el potasio en el T4 a 0.82%, reporto al T4 como el más eficiente por tener el más alto nivel de EM y estar distribuido en 4 capas, el T4 alcanzo al 845 MO. Realizo comparaciones tomando la Norma de Calidad de Compost del Instituto Nacional de Normalización de Chile; concluye que es compost clase A.

g) VARGAS (2017), en su tesis “**Calidad del Compost Producidos a Partir de Residuos Sólidos Orgánicos Municipales en el Centro de Protección Ambiental “Santa Cruz”, Ciudad de Concepción**”, región Junín, evaluó en base a los valores categorizados por la norma chilena 2880 y la norma mexicana 020. Concluye que la calidad del compost por sus características físicas, químicas y microbiológicas clasifica como Clase B en 64% y 50% según las normas chilena y mexicana respectivamente. La calidad del compost producido a partir de RSOM según sus características físicas corresponde en un 83.33% a un compost de Clase B según la norma chilena 2880 y en 100% según la norma mexicana 020. La calidad del compost producido a partir de RSOM según sus características químicas lo clasifica en un 50% como compost de Clase B según la norma chilena 2880 y en un 26% como compost de Clase B según la norma mexicana 020. La calidad del compost producido a partir de RSOM según sus características microbiológicas, corresponde en un 100% como compost de Clase B según la norma chilena 2880 y norma mexicana 020, por la ausencia de coliformes fecales y Salmonella sp. en el compost.

h) SORIANO (2016), en su investigación “**Tiempo y calidad de compost con aplicación de tres dosis de microorganismos eficaces**”, realizo la investigación en la provincia de Concepción-Huancayo-Perú, evaluó la calidad del compost como efecto de la aplicación de tres dosis de microorganismos eficaces, con los tratamientos T0 (0L de EM + mezcla de RS y estiércol de vaca), T1(1L de EM +RS y estiércol de vaca), T2 (0.5L de EM + RS y estiércol de vaca), T3 (0.25L de EM + RS y estiércol de vaca). Llegó a las conclusiones: en cuanto al tiempo, relación C/N 33/1, humedad 30% a 40%, tamaño de partículas de los materiales 3cm a 6cm. El pH en los tres tratamientos vario entre 5.5 a 8.6, el testigo presentó menos variación 7.6 a 8.5. Con respecto al contenido de materia orgánica el T1 (39.56%) y el que presento menor contenido fue el T0 (35.23%). Con respecto al contenido de nitrógeno(N), el T1 presento el mayor contenido



(un promedio de 1,5367%) y el de menor contenido el T0 (un promedio de 1,2733%). No se presentó efectos diferentes entre los tratamientos con respecto al contenido de Na, K₂O, CaO. Con respecto a la conductividad eléctrica no se presentó efectos diferentes entre los tratamientos, varió entre 12.91 dS/m – 14.76 dS/m. Con respecto a la relación C/N presento una variación entre 15.05-15.47. En cuanto a la calidad del compost, para la Norma Chilena 2880, todos los tratamientos incluido el testigo se encuentran dentro de los parámetros generales; excepto en la conductividad eléctrica y contenido de metales pesados, solo los T1 y T2 cumplen con las características microbiológicas, en cuanto al contenido de coliformes fecales y coliformes totales a diferencia de los demás tratamientos, lo cual hace que su uso sea restringido para la aplicación a tierra agrícola. Asimismo, todos los tratamientos están dentro de los rangos establecidos en la norma 503-Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), Norma Técnica Colombiana 5167 y la Organización Mundial de la Salud.

- i) **CHILON (2013)**, en la investigación “**El Compost altoandino como sustento de la Fertilidad del suelo frente al cambio climático**”, realizó la investigación en Achaca, Municipio de Tiahuanaco, a una altitud promedio de 4000 m.s.n.m. Evaluó seis tratamientos de compostaje usando activadores biológicos locales, en las modalidades de alto relieve y en pozas, estableciéndose que los tratamientos de compost elaborados con fermento de quinua y caldo de humus de lombriz, presentaron las mejores condiciones en calidad y de 1.6 a 1.8 meses de tiempo de compostación; verificándose que estos activadores biológicos locales tienen altos niveles de proteína, en comparación a los activadores de yogurt, levadura y suero de leche, que presentaron menores contenidos proteínicos. Se verificó el efecto benéfico del compost sobre la fertilidad física, química y biológica de suelos agrícolas, como: Densidad aparente 1.28-1.56 gr/cc, porosidad: 41-52%, pH: 6.40-7.15; CE: 0.059-0.079 mS/cm; N: 0.085 – 0.1%; P: 0.053-0.064%; K: 0.093-0.124%; Mesofilos totales 9.8×10^4 y $> 10^5$ UFC/gr; Coliformes totales 1.0×10^4 y 8.0×10^3 UFC/gr; E. coli: $900-3.9 \times 10^3$ UFC/gr; Klebsiella spp 600 UFC/gr, Hongos y levaduras 1.6×10^3 y Staphylococcus 100 y 500 UFC/gr.

3.2 Marco teórico

3.2.1. Los residuos sólidos

Son productos o subproductos en estado sólido o semisólido generados que las personas o empresas están obligado a disponer, de acuerdo a la normatividad nacional para evitar los riesgos para la salud y el ambiente. Estos productos deben ser manejados a través de un sistema donde corresponda, operaciones o procesos: minimización, segregación, reaprovechamiento, almacenamiento, recolección, comercialización, transporte, tratamiento, transferencia, disposición final. (LEY GENERAL DE RESIDUOS SÓLIDOS 27314, 2004).

a) Los residuos sólidos urbanos

Son productos que están compuestos por los desechos de casa, negocios e instituciones, con contenido mínimo de tóxicos, sin embargo, como: la lejía, los líquidos de limpieza, los insecticidas y la gasolina. Los residuos sólidos urbanos incluyen a todos los desechos de la comunidad con la excepción de los desechos procedentes de industrias y hospitales, (SORIANO 2016, p. 7, cita a CALDERÓN; BAQUERIZO, 2007).

Para SANTOS, (2007/2008 p. 13), la calidad del compost está relacionado de manera directa con la composición de los residuos, sobre todo de la riqueza en productos orgánicos; la presencia de plástico y vidrios influyen negativamente, son productos que no se degradan con proceso de fermentación, por consiguientes la primera operación previa al compostaje es la eliminar la mayor cantidad de los residuos inorgánicos.

b) Generación de residuos sólidos en Chuquibambilla-Grau Apurímac

El estudio de caracterización de los residuos sólidos en la ciudad de Chuquibambilla, realizado en el año 2015. La Tabla 2. Presenta datos de la generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios del distrito de Chuquibambilla, Grau y otras características propias.



Tabla 2 — Composición de los residuos sólidos domiciliarios

Tipo de residuos sólidos	Generación de Residuos Sólidos Domiciliario	
	Total Kg/día	Composición porcentual %
1. Materia Orgánica	196,09	48,39%
2. Madera, Follaje	11,7	2,89%
3. Papel	15,04	3,71%
4. Cartón	14,7	3,63%
5. Vidrio	12,09	2,98%
6. Plástico PET	18,1	4,47%
8. Bolsas	20,44	5,04%
9. Cartón multilaminado de leche y jugos (Tetra Pack)	6,95	1,72%
10. Tecnopor y similares	7,62	1,88%
11. Metal	14,41	3,56%
12. Telas, textiles	7,37	1,82%
13. Caucho, cuero, jebe	5,3	1,31%
14. Pilas	4,2	1,04%
15. Restos de medicinas, focos, etc.	8	1,97%
16. Residuos Sanitarios	36,76	9,07%
17. Residuos Inertes	7,73	1,91%
18. Otros (hueso)	4,82	1,19%
Total	405,24	100%

Extraído de (PIGARS-2015)

3.2.2.El compost

SÁNCHEZ, (2011, p. 60), considera que el compost, conocido también como composta o compuesto, es el producto que resulta del compostaje o descomposición de residuos orgánicos y/o materia orgánica, para constituirse en un buen abono. A su vez el INTEC (1999, p. 6), indica que el compost proviene del latín y significa componer (juntar), una conceptualización aceptada del compostaje es “la descomposición biológica aeróbica de residuos orgánicos en condiciones controladas.

PUERTA, (2004, p. 59), manifiesta que el compostaje es la degradación de residuos orgánicos por la acción de los microorganismos. Por el tiempo de descomposición de la materia orgánica, se logra la madurez del compost.

La Norma Chilena 2880, define, el compost, como el producto resultante del proceso de compostaje de la materia orgánica estabilizada, donde no se muestra su origen, puesto que se degrada generando partículas más finas y oscuras.

3.2.3.El compostaje

COCHACHI (2008, p. 21, 25), cita a HAUG (1993), considera que el compostaje, es un proceso controlado de mineralización y pre-humificación de la materia orgánica, mediante técnicas y procedimientos, controlando las variables del proceso; cuyo objetivo es la obtención de un abono orgánico de calidad físico-química y microbiológica.

El Compost, es el producto final de la descomposición de los residuos orgánicos (animal y vegetal) bajo condiciones controladas, y con aplicación de Microorganismos Eficaces, se aceleran este proceso, aumentando su calidad nutricional y biológica es decir poblaciones de microorganismos benéficos. (COCHACHI (2008, p. 21, 25), cita a HAUG, 1993)

La materia orgánica o residuos orgánicos de origen animal o vegetal, logran descomponerse por la actividad de los microorganismos (bacterias, hongos, etc.), estos microorganismos se van alimentando de ella. Pero desarrollar las descomposiciones requieren de oxígeno y agua. Sin las condiciones adecuadas el proceso se detiene o la materia orgánica se pudre (sin suficiente oxígeno) liberando malos olores. (COCHACHI (2008, p. 21, 25), cita a HAUG, 1993)

Asimismo, la materia orgánica o residuos orgánicos de origen animal o vegetal, al iniciar la descomposición incrementan el nivel de temperatura llegando hasta 60°C, este nivel de temperatura favorece la destrucción de patógenos y de semillas de malezas. (COCHACHI (2008, p. 21, 25), cita a HAUG, 1993)

a) Tipos de compostaje

Existen varios sistemas para llevar a cabo el proceso de descomposición o maduración, del compost. Los sistemas abiertos son más económicos, al ser más sencillo en el manejo, los sistemas cerrados por lo contrarios requieren una infraestructura compleja y costosa (SÁNCHEZ, 2011)

SÁNCHEZ, (2011, p. 68), Para escoger el sistema de compostaje hay que considerar los costos, el espacio requerido, el tiempo del proceso y mano de obra requerida. Asimismo, tener en cuenta el clima del lugar, del tipo de material que procesara, disponibilidad de terreno entre otros factores.



b) Los sistemas de compostaje y pilas de volteo

SÁNCHEZ, (2011, p. 66, 69), Realizar el proceso de compostaje demanda de un espacio. El área varía según la cantidad de residuos orgánicos que se pretende compostar; el proceso de compostaje se puede realizar en pozas, cajones u otros objetos, y en pilas. El proceso en pilas, es más recomendable para áreas rurales y para producir mayores cantidades.

COCHACHI (2008, p. 21, 25), cita a HAUG (1993), Los sistemas abiertos, son más económicos frente a los sistemas cerrados, ya que la pila puede removerse en forma periódica homogenizando la mezcla y su temperatura, permite eliminar el calor excesivo, controlar la humedad y aumentar la porosidad de la pila y mejorar la ventilación.

Posterior a cada volteo, la temperatura va descendiendo entre los rangos de 5°C o 10 °C; sube nuevamente cuando el proceso no haya terminado. La frecuencia del volteo depende del tipo de material, de la humedad y de la rapidez con que deseamos realizar el proceso, se recomienda realizar un volteo cada 6 a 10 días (COCHACHI 2008, cita a HAUG 1993),

c) Las ventajas del uso de compost

CABRERA y ROSI (2015, p.19), indica que la incorporación del compost en los suelos, es una práctica de manejo sostenible, que mejora de las características físico-químicas y microbiológicas del suelo. Se cita los beneficios:

- **El efecto sobre la compactación del suelo.** Incorporar compost en el suelo evita la compactación y reduce el proceso de erosión hídrica o eólica.
- **El efecto sobre la estabilidad de los agregados del suelo.** Incorporar compost en el suelo estabiliza la mayor o menor asociación de los productos orgánicos transformados, a su vez mejorar la porosidad del suelo.
- **El efecto sobre la retención y el almacenamiento de agua del suelo.** Incorporar compost en el suelo genera aumento en la capacidad de retención del agua y el nivel de saturación, conforman un equilibrado nivel de los macros y micro poros, logrando estabilizar el suelo.

RAFAEL (2015, p.25), menciona los siguientes aspectos que el compost mejora en el suelo:



- **Mejora las propiedades físicas del suelo.** Incorporar compost en el suelo ayuda a estabilizar la estructura del suelo agrícola, disminuye la densidad aparente, aumenta la porosidad y permeabilidad, e incrementa su capacidad de retención de agua en el suelo. Se obtienen suelos más esponjosos y con mayor retención de agua.
- **Mejora las propiedades químicas del suelo.** Incorporar compost en el suelo incrementa el contenido en macronutrientes (N, P, K) y micronutrientes, la capacidad de intercambio catiónico y es fuente y almacén de nutrientes para las plantas.
- **Mejora la actividad biológica del suelo.** Incorporar compost en el suelo sirve como alimento de los microorganismos, logrando el humus y contribuyen a su mineralización. El nivel de población microbiana, indica el nivel de fertilidad del suelo.

d) La temperatura y el pH en proceso de compostaje

SZTERN y PRAVIA, (2004, p. 18 y 19), el proceso de compostaje puede dividirse en cuatro periodos, teniendo como referencia la evolución de la temperatura:

- **La fase mesófila.** Es la primera fase de latencia (crecimiento), en que los microorganismos se hallan adaptándose al medio de compostaje y comienza a multiplicarse, comprende de 2 a 4 días y tienen buena actividad a temperatura que pueden superar los 50°C (NARANJO, 2013, quien cita a RAMÍREZ y RESTREPO, 2007).
- **La fase termófila.** Segunda fase, aquí las poblaciones mesófilas son sustituidas por las termófilas con temperaturas de 50°C-70°C, en esta fase los patógenos, larvas, e inclusive semillas de malezas sufren estrés térmico. El proceso dura de 1 a 8 semanas según el ritmo de fermentación pudiendo ser acelerado o lento; se hace una verdadera pasteurización y excesiva mineralización. Es más, transforma el nitrógeno en amoníaco y el pH alcalino (NARANJO, 2013, quien cita a RAMÍREZ y RESTREPO, 2007).



- **La fase mesófila.** En esta fase hay un descenso paulatino de la temperatura a 40°C y los microorganismos mesófilos se reactivan y las bacterias y los hongos transforman otra parte de la celulosa como la lignina y la lignoproteína, terminado con la presencia de microorganismos e invertebrados (nematodos, miriápodos, ect) (NARANJO, 2013, quien cita a RAMÍREZ y RESTREPO, 2007).
- **Fase de maduración.** Fase caracterizada por mantener un proceso fermentación lenta, los microorganismos termófilos disminuyen, esta etapa genera otros microorganismos como los basidiomicetos que degradan la lignina y los actinomicetos la celulosa, esta etapa de la síntesis coloidal, húmico, hormonal, vitamínico, de antibióticos y otros compuestos (Naranjo, 2013, quien cita a RAMÍREZ y RESTREPO, 2007).

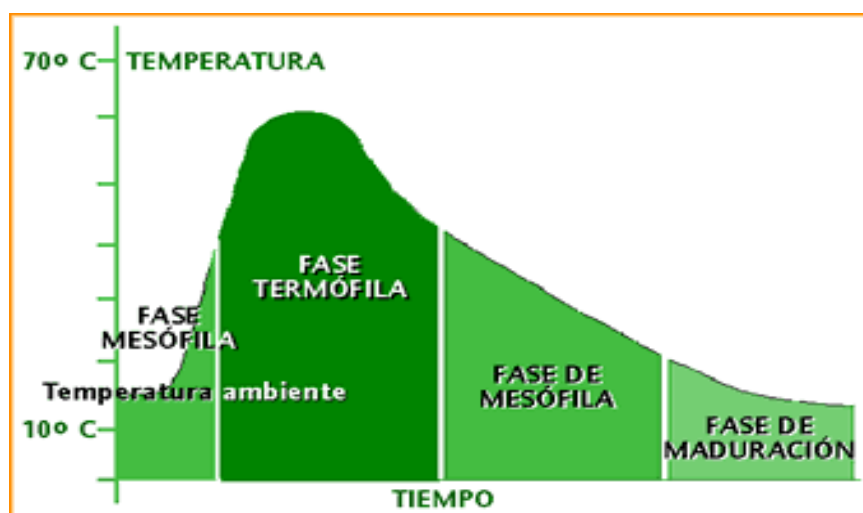


Figura 1 — Temperatura y fases del compostaje

Extraído de FUNDASES, 2014

e) Los factores que condicionan el buen proceso de compostaje

Los factores que condicionan el proceso de un buen compostaje, está relacionado con:

- **Los microorganismos.** BEJARANO, DELGADILLO, (2007, p. 32), concluye que los microorganismos aerobios, se alimentan de materia orgánica y desarrollan tejido celular, a partir del nitrógeno, fósforo, carbono y otros micronutrientes. La mayor parte del carbono es fuente de energía para los

microorganismos, se quema y se expulsa dióxido de carbono (CO_2). Entonces el carbono orgánico puede servir como fuente de energía para los microorganismos, es decir, se requiere más carbono que nitrógeno en el proceso de compostaje.

- **Los invertebrados.** COCHACHI, (2008, p. 31), cita que, entre los organismos invertebrados presentes en el proceso de compostaje, destacan los nematodos, lombrices, miriápodos, escarabajos, hormigas, moscas y arañas. De los citados las lombrices son los organismos más importantes y que pueden ser cultivados o criados e inoculados en la masa de compostaje para producir vermicompost.
- **Los componentes físicos**
 - a) **La humedad.** El contenido de humedad de los desechos orgánicos crudos es muy variable, como es el caso de las excretas o estiércoles de animales, donde el porcentaje de humedad está íntimamente relacionado con la dieta. Si la humedad inicial de los residuos crudos es superior a 50%, es necesario buscar alternativas en que el material pierda humedad, antes de formar las pilas o camellones (COCHACHI, 2008, p. 32). La humedad para una biodegradación aeróbica óptima, está en el orden del 15% al 35% pudiendo ser también del (40 al 60%, con una buena aireación). Valores mayores a los citados, producen desplazamiento del aire entre las partículas de la materia orgánica, tornando un anaerobio, provocando el metabolismo fermentativo y las respiraciones anaeróbicas. Por lo contrario, si la humedad se sitúa en valores por debajo del 10% desciende la actividad biológica general y el proceso se vuelve lento (COCHACHI, 2008, p. 32).
 - b) **La temperatura.** La variación en la temperatura y la generación de calor está dada por la actividad metabólica de los microorganismos encargados de descomponer a la materia orgánica, así como por los distintos procesos de transferencia de calor que se dan durante el proceso (COCHACHI, 2008, p. 32).

La transferencia de calor en una pila de compostaje se da por radiación, convección y conducción, sea esta por emisión de ondas, arrastre por un



fluido en movimiento o por contacto directo. Un compost maduro tiende a estabilizar la temperatura, registrando temperaturas ambientes (COCHACHI, 2008, p. 32).

- c) **Porosidad.** Está relacionada con el espacio no cubierto por las partículas sólidas del compost. “La porosidad total de un sustrato tendría que ser de al menos 85% (ABAD et al., 2001)”, citado por (BARBARO, 2019, p. 7).
 - d) **Densidad Aparente.** La densidad aparente está relacionada con la distribución de las partículas y el tamaño de los poros. En los cultivos una correcta aireación permitirá aporte de oxígeno a sistema radicular y evacuación del gas carbónico producido por las raíces y microorganismos, además correcta retención de agua (BARBARO, 2019, p. 2).
- **Los componentes químicos**
 - a) **La relación carbono/nitrógeno.** Los microorganismos que degradan la pila de compost deben disponer nutrientes. Los más importantes son carbono, para la energía, el nitrógeno para la síntesis de proteínas. Uno de los mejores indicadores de una buena actividad microbiana para el proceso de compostaje es la proporción de carbono y nitrógeno disponible. La proporción óptima C: N esta alrededor de 25 a 35 (GILBERT; WENDELL, 2008).

Tabla 3 — Relación carbono nitrógeno de restos vegetales

Materia Prima	Razón C: N
Alto contenido en carbono	
Caña de maíz	60:01:00
Fronza	40-80:1
Hojas secas y hierbajos	90:01:00
RSU mezclados	50-60:1
Aserrín	500:01:00
Alto contenido en nitrógeno	
Estiércol de vaca	18:01
Desperdicios	15:01
Recortes de césped	12-20:1
Mantillo	10:01
Hojas frescas	30-40:1
Podas de plantas no leguminosas	12:01

Extraído de Gilbert, M. Masters. E

- b) **El pH.** El pH, es otro parámetro básico para evaluar el ambiente microbiano y la estabilización de residuos. El valor de pH, al igual que el de la temperatura varía con el tiempo de 5 a 9 dependiendo de la etapa de compostaje (BEJARANO y DELGADILLO 2007, p. 35).

VARGAS (2017) cita a JARAMILLO (2002), quien que en pH ácidos ($\text{pH} < 6.5$) disminuyen la disponibilidad de fósforo, azufre, nitrógeno, molibdeno y cationes de calcio, potasio y sodio, por lo contrario, en pH básicos ($\text{pH} > 7.3$) disminuye la disponibilidad de fósforo y micronutrientes como boro, aluminio, manganeso, hierro, cobre y zinc, porque en la solución del suelo estarían insolubles, es decir el pH óptimo es entre 6.5 a 7.3.

- c) **Conductividad Eléctrica (CE).** Indica el contenido de sales solubles presentes en los compost; VARGAS (2017) citando a MADRID et al. (2001) señala que, en el compost, existe amplia variación debido a las diferentes condiciones (materia prima, lluvia y temperatura) que se dan en las pilas al inicio y durante el proceso de compostaje. También VARGAS (2017) cita a NOGALES (1993) quien indica, el valor del intervalo normal de la concentración de sales en el compost debe oscilar entre 6 a 15 dS/m.

- **El contenido de materia orgánica**

La proporción inicial de las partículas que constituyen la masa a compostar, es una variable fundamental para optimizar el proceso, cuanto mayor sea la superficie expuesta a la actividad microbiana por unidad de masa, el proceso es más rápida y completa. En efecto, la materia desmenuzada facilita la actividad de los microorganismos e incrementa la rapidez del proceso (SORIANO 2016, p. 20).

VARGAS (2017) cita a NOGALES (1993) considera que el contenido de materia orgánica en los compost de RSU, presenta amplios márgenes de variación (20% - 60%). Por lo que conocer el contenido de materia orgánica de los compost es fundamental, ya que es el principal factor que determina su calidad y cantidad de carbono orgánico que estará dispuesto para las plantas y el suelo.



- **El tiempo de compostaje (TC)**

Viene a ser el tiempo que transcurre cuando iniciamos a conformar la pila, hasta la obtención del compost estable. Puede variar según las características de los residuos a compostar, las condiciones climatológicas (temperatura ambiente, % de humedad relativa, etc.), manejo fisicoquímico, manejo microbiológico y características del producto final que se desea obtener. (COCHACHI, 2008, p. 40).

f) El proceso de compostaje

Se pueden encontrar dos tipos de compost.

- **El compost maduro**

Compost muy descompuesto, que se utiliza en cualquier tipo de cultivo, pero en cantidades iguales; tienen un valor fertilizante menor que el compost joven. Las propiedades químicas, como la capacidad de intercambio catiónico, pH y materia orgánica, están estabilizadas; tiene bajo contenido de ácidos fúlvicos, relación C/N menor a 20 (SORIANO 2016).

- **El compost joven**

Compost poco descompuesto, utilizado en el abonado de plantas que toleran el compost joven como la papa, el tomate, el pepino y otros. Presenta inestabilidad en las propiedades químicas, como en la capacidad de intercambio catiónico, el pH y la materia orgánica; tiene alto contenido de ácidos fúlvicos y relación C/N mayor a 20 (SORIANO 2016, p. 40).

3.2.4. Los Microorganismos Eficaces

Es una solución compuesta de microorganismos benéficos tanto aeróbicos como anaeróbicos, que tienen diferentes funciones. Como los Microorganismos Eficaces (ME) que es una solución viva que acelera el proceso de descomposición de la materia orgánica (SORIANO 2016, p. 22).

a) La tecnología de Microorganismos Eficaces

Concepto desarrollado por el profesor Teruo Higa de la Universidad de Ryukyus, en Okinawa- Japón. Los microorganismos eficaces (EM), son diferentes tipos de microorganismos benéficos que existen en la naturaleza y que pueden aplicarse



como inoculantes para incrementar la diversidad microbiana en los suelos. (SORIANO 2016, p. 22).

Los EM, incrementan la calidad y la salud de los suelos, que da como resultado un crecimiento óptimo, calidad y rendimiento de los cultivos. Los EM contienen poblaciones en las que predominan las bacterias fotosintéticas, bacterias ácido lácticas, levaduras, actinomicetes y hongos fermentadores, que coexisten en un medio líquido (SORIANO 2016, p. 22).

b) Los tipos de microorganismos

- ***Rhodopseudomonas* sp (Bacterias Fototrópicas)**

Conformado por microorganismos autosuficientes e independientes, sintetizan las sustancias útiles producidas por la secreción de las raíces, materia orgánica y/o gases perjudiciales (como el sulfuro de hidrógeno) utilizando la luz solar y el calor del suelo como fuentes de energía. (AVILA 2015, p. 3. quien cita a HIGA & PARR 2010).

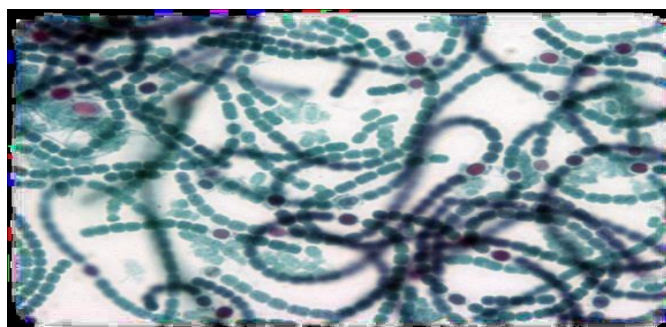


Figura 2 — Bacterias fotosintéticas

Extraído de Duiops, 2012

- ***Lactobacillus* sp (Bacterias ácido lácticas)**

Estos microorganismos actúan como un esterilizador, eliminando microorganismos patógenos e incrementando la velocidad de descomposición de la materia orgánica. Los lactobacillus transforman algunos componentes de la materia orgánica (lignina y celulosa), sin causar efectos negativos al proceso (SORIANO (2016, p. 23).



Figura 3 — Bacterias ácido lácticas

Extraído de (Wordpress, 2012)

- ***Saccharomycetes spp* (Levaduras)**

Microorganismos encargados de sintetizar a partir de aminoácidos y azúcares, materia orgánica y raíces, sustancias antimicrobiales y necesarios para el crecimiento de las plantas. Las secreciones son sustratos útiles para los demás microorganismos eficientes (SORIANO (2016, p. 24).

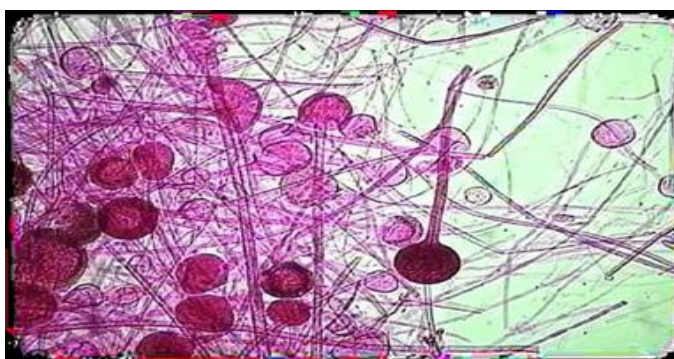


Figura 4 — Levaduras

Extraído de Wordpress, 2012

c) La inoculación de microorganismos en la compostera

BEJARANO y DELGADILLO (2007, p. 50) menciona las ventajas de incorporar o adicionar los microorganismos al proceso de compostaje:

- Acelera el incremento de la temperatura, manteniéndose en la etapa termófila del proceso, independientemente de la aireación y las condiciones ambientales.
- Provoca la transformación aeróbica de compuestos orgánicos, evita la descomposición de la materia orgánica por oxidación, que genera gases y olores molestos (sulfurosos, amoniacales y mercaptanos). Asimismo, se reduce

la proliferación de como moscas, porque estas no encuentran un medio adecuado para su desarrollo.

- Acrecienta la eficiencia de la materia orgánica como fertilizante, porque en el proceso de fermentación, libera y sintetiza sustancias y compuestos entre los que destacan: aminoácidos, enzimas, vitaminas, sustancias bioactivas, hormonas y minerales solubles, las mismas que se adicionan al suelo estas mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas.
- Aceleran el proceso de composta, a una tercera parte del tiempo de un proceso convencional (5-8 semanas)

d) Los tipos y usos de microorganismos eficaces

BEJARANO y DELGADILLO (2007, p. 50), en referencia a la tecnología de Microorganismos Eficaces EM, se tienen las siguientes consideraciones:

- **La aplicación en abonos orgánicos**

Para obtener abono orgánico en un corto tiempo, se puede usar el producto tipo EM-Compost, que promueve la transformación aeróbica de compuestos orgánicos, evita la descomposición de la materia orgánica, por oxidación en la que desprenden gases con olores molestos como sulfuros y amoniacales.

- **La aplicación de ME en la agricultura**

Tiene grandes beneficios, al reestablecer el equilibrio microbiológico del suelo, mejora las condiciones físico-químicas, incrementa la productividad de los cultivos y los hace más resistentes a las plagas y enfermedades, es muy útil en una agricultura sostenible.

- **La aplicación EM en el medio ambiente**

Es favorable, porque promueve la fermentación aeróbica de compuestos orgánicos, evita la descomposición de la materia orgánica por oxidación, evita olores molestos y la proliferación de insectos vectores.

3.2.5. El fosforo en las plantas

GALINDO C., LUZ A. C., MARTÍNEZ O., JOHN W., ESTRADA B. GERMÁN A. (2018), indican que el fosforo (P) es un macronutriente fundamental en el crecimiento de plantas, su uso en la agricultura es importante en la producción de los cultivos, porque es esencial en los procesos metabólicos de transferencia de energía y la biosíntesis de macromoléculas, entre otros (RESTREPO et al., 2015).



BOBADILLA H., CATALINA y RINCÓN V. SANDRA C. (2008) cita a (CHEN et al 2005) quien manifiesta que insuficiente fósforo en el suelo influye en el retraso de las cosechas, la madurez, el desarrollo de la planta, es ahí donde los microorganismos solubilizadores de fosfatos, juegan un papel fundamental en cuanto la movilización de este elemento.

BOBADILLA cita a VILLANUEVA y CARRASCO (2001) quienes indican que los fertilizantes fosfatados son parte de los fertilizantes simples, que son obtenidos de las rocas fosfóricas, ya que estos minerales contienen elevada concentración de compuestos fosfatados.

VILLE, (1996 p. 141), manifiesta que el fosforo es componente importante de todas las células, es tomado por las plantas como fosfato inorgánico y transformado en gran variedad de compuestos orgánicos de fosfato (intermedios en los metabolismos de carbohidratos y otras sustancias). Los animales consiguen el fosforo como fosfato inorgánico del agua, y como fosfato orgánico e inorgánico de los alimentos.

3.2.6. La calidad del compost

ANSORENA, BATALLA y MERINO, 2014, p. 4, definen como la capacidad del compost para satisfacer las necesidades de las plantas, con un mínimo impacto ambiental y sin riesgo para la salud pública.

La calidad del compost, tiene una relación directa con el valor agronómico y comercial como condicionante para el suelo. Está determinada por las características físicas (humedad, densidad entre otros) y químicas (N, P, K y microelementos) disponibles para su absorción por el sistema radicular de los cultivos, así como la materia orgánica, humedad, pH, relación C/N, contenido de sales, presencia de metales pesados (por debajo de los límites máximos permisibles), entre otros. (SORIANO 2016, p. 27, cita a AVENDAÑO, 2003).

Un compost final de buena calidad, estará libre de contaminación, higienizado, con alto potencial fitosanitario, con potencial de fertilización, con potencial de capacidad de retención de agua, con potencial de protección de erosión, sin malos olores y estabilidad microbiológica (SORIANO 2016, p. 27, cita a AVENDAÑO 2003).



a) Índice de calidad físico – químico del compost

Los análisis físico-químicos, más frecuentes incluyen conductividad eléctrica, el pH, relación C/N, CIC; uno de los índices más utilizado es la relación C/N, estableciéndose, en general, que en un compost maduro debe ser <20 (SORIANO 2016, p. 27, cita a AVENDAÑO 2003).

- **Caracterización físico-química de compost en Rupa-Rupa Huánuco**

BAILÓN-ROJAS y FLORIDA-ROFNER (2021), obtuvieron los resultados de indicadores fisicoquímicos, que son exigidos por la NTC, la NOCh y la OMS, que determinan la calidad de los abonos orgánicos tipo compost.

Tabla 4 — Estadística de indicadores fisicoquímicos en materia seca

Indicador	CAL	CML	CCD	CMF	CCF	F	Sig
Humedad	34.8±17.2a	32.28±19.24a	33.55±16.9a	28.2±16.56a	27.28±17.5a	306.39	0.96
Ceniza	66.5±10.8a	63.17±8.84a	63.55±10.6a	67.4±12.2a	68.15±12.8a	123.44	0.95
pH	8.1±1.1a	8.13±1.27a	7.68±0.97a	8.33±0.76a	7.9±1.3a	0.21	0.93
MO, %	33.5±10.8a	36.84±8.84a	36.45±10.6a	32.62±12.2a	29.35±9.3a	107.99	0.84
N	1.65±0.2a	1.43±0.16a	1.44±0.16a	1.64±0.08a	2.48±0.35b	18.03	<0.001
P2O5, %	1.58±0.5a	1.57±0.44a	1.35±0.82a	1.2±0.28a	1.76±0.5a	0.29	0.64
Ca, %	1.18±0.4a	2.21±0.76a	1.98±1.05a	2.53±0.71a	2.67±0.9a	0.64	0.126
Mg, %	1.13±0.8a	1.17±0.36a	1.49±0.37a	1.8±0.47a	1.36±0.38a	0.19	0.67
K, %	4±2a	4.47±2.88a	4.45±2.82a	3.01±0.89a	3.55±1.89a	0.32	0.86
Na, %	0.56±0.5a	0.65±0.49a	1.11±0.53a	0.93±0.84a	1.04±0.5a	0.34	0.611
Cu, ppm	46.3±32.6a	38.5±31.42a	57.75±45.67 a	41±37.9a	48.8±36.99a	1387	0.954
Fe, ppm	5218±1071	4421±2011	2992±2162a	4233±2765a	5138±1206a	37940 8	0.515
Zn, ppm	802±464	727±440	845±311 ^a	621.5±276a	765±385a	14639 8	0.935
Mn, ppm	576±329	474±272	648±286a	399.5±211a	507±323a	82737	0.779

Extraído de Bailón-Rojas y Florida-Rofner, 2021.

Nota: CAL compost alborada, CML compost de la municipalidad de Leoncio Prado, CCD compost Cooperativa Divisoria, CMF compost de M&F orgánicos, CCF compost comercial formulado.

- **Calidad de los compost evaluados**

BAILÓN-ROJAS y FLORIDA-ROFNER (2021), realiza un análisis y muestran la evaluación según la norma técnica colombiana (NTC), la norma técnica chilena y la norma de la OMS

Calidad de compost comparado según norma técnica colombiana (NTC)

BAILÓN-ROJAS y FLORIDA-ROFNER (2021), en la tabla 5, muestran los niveles de indicadores fisicoquímicos encontrados y la comparación con la NTC; según la NTC, los compost evaluados presentan buena calidad.

Tabla 5 — Calidad del compost según la NTC 5167/2011

Indicador	NTC	CAL	Nive I	CML	Nive I	CCD	Nive I	CMF	Nive I	CCF	Nive I
Humedad	20-35 %	34.78	*	32.28	*	33.55	*	28.19	*	27.28	*
Cenizas	Max. 60 %	66.49	**	63.17	**	63.55	**	67.38	**	68.15	**
pH	4-9	8.1	*	8.13	*	7.68	*	8.33	*	7.9	*
MO	Min. 15 %	33.52	*	36.84	*	36.45	*	32.62	*	29.35	*
N	> 1 %	1.65	*	1.43	*	1.44	*	1.64	*	2.48	*
P2O5	> 1 %	1.58	*	1.57	*	1.35	*	1.2	*	1.76	*
Ca	> 1 %	1.18	*	2.21	*	1.98	*	2.53	*	2.67	*
Mg	> 1 %	1.13	*	1.17	*	1.49	*	1.48	*	1.36	*
K	> 1 %	4	*	4.47	*	4.45	*	3.01	*	3.55	*
Na	--	0.56	--	0.65	--	1.11	--	0.93	--	1.04	--
Cu	--	46.25	--	38.5	--	57.75	--	41	--	48.75	--
Fe	--	5217.5	--	4420.75	--	2991.5	--	4233	--	5137.5	--
Zn	--	801.5	--	726.5	--	845	--	621.5	--	764.5	--
Mn	--	575.5	--	474.25	--	648	--	399.5	--	506.75	--
Calidad del compost		Buena (*)		Buena (*)		Buena (*)		Buena (*)		Buena (*)	

Extraído de Bailón-Rojas y Florida-Rofner, 2021.

Nota: CAL compost alborada, CML compost de la municipalidad de Leoncio Prado, CCD compost Cooperativa Divisoria, CMF compost de M&F orgánicos, CCF compost comercial formulado, -- valor no especificado, * valor dentro del límite fijado por NTC, ** valor que excede al límite fijado por NTC.

Calidad de compost según la norma NOCh 2880

BAILÓN-ROJAS y FLORIDA-ROFNER (2021), en la tabla 6, muestran los indicadores fisicoquímicos encontrados y la comparación con la NOCh 2880. Según la **NOCh 2880**, los compost evaluados presentan buena calidad.

Tabla 6 — Calidad del compost según la NOCh 2880

Indicador	Clase A	Clase B	CAL	Clase	CML	Clase	CCD	Clase	CMF	Clase	CCF	Clase
Humedad	<25	25-40 %	34.78	B	32.28	B	33.55	B	28.19	B	27.3	B
Ceniza			66.49	--	63.17	--	63.55	--	67.38	--	68.2	--
pH	5-7.5	<5 y >7.5	8.1	B	8.13	B	7.68	B	8.33	B	7.9	B
MO	> 45 %	25-45 %	33.52	B	36.84	B	36.45	B	32.62	B	29.4	B
N	> 0.8 %		1.65	A	1.43	A	1.44	A	1.64	A	2.48	A
P2O5	< 5 %		1.58	A	1.57	A	1.35	A	1.2	A	1.76	A
Ca	> 1 %		1.18	A	2.21	A	1.98	A	2.53	A	2.67	A
Mg	> 1 %		1.13	A	1.17	A	1.49	A	1.48	A	1.36	A
K	> 1 %		4	A	4.47	A	4.45	A	3.01	A	3.55	A
Na	< 1 %		0.56	A	0.65	A	1.11	B	0.93	A	1.04	B
Cu	Max. 100		46	A	39	A	58	A	41	A	49	A
Fe	--		5218	--	4421	--	2992	--	4233	--	5138	--
Zn	Max. 200		802	B	727	B	845	B	622	B	765	B
Mn	--		576	--	474	--	648	--	400	--	507	--
Calidad de compost			Clase B		Clase B		Clase B		Clase B		Clase B	

Extraído de Bailón-Rojas y Florida-Rofner, 2021.

Nota: CAL compost alborada, CML compost de la municipalidad de Leoncio Prado, CCD compost Cooperativa Divisoria, CMF compost de M&F orgánicos, CCF compost comercial formulado, -- valor no especificado, * valor dentro del límite fijado por NTC, ** valor que excede al límite fijado por NTC.

Calidad de compost según la norma OMS

BAILÓN-ROJAS y FLORIDA-ROFNER (2021), en la tabla 7, muestran los indicadores fisicoquímicos encontrados y la comparación con la Norma OMS. Según la OMS, los compost evaluados son de buena calidad.

Tabla 7— Calidad del compost según OMS

Indicador	OMS	CAL	Nive l	CML	Nive l	CCD	Nive l	CMF	Nive l	CCF	Nive l
Humedad	30 % - 50 %	34.78	*	32.28	*	33.55	*	28.19	*	27.28	*
pH	6-9	8.1	*	8.13	*	7.68	*	8.33	*	7.9	*
MO	25-50 %	33.52	*	36.84	*	36.45	*	32.62	*	29.35	*
N	0.4 % - 3.5 %	1.65	*	1.43	*	1.44	*	1.64	*	2.48	*
P ₂ O ₅	0.3 % - 1.8 %	1.58	*	1.57	*	1.35	*	1.2	*	1.76	*
Ca	--	1.18	--	2.21	--	1.98	--	2.53	--	2.67	--
Mg	--	1.13	--	1.17	--	1.49	--	1.48	--	1.36	--
K	--	4	--	4.47	--	4.45	--	3.01	--	3.55	--
Na	--	0.56	--	0.65	--	1.11	--	0.93	--	1.04	--
Calidad de compost		Buena (*)		Buena (*)		Buena (*)		Buena (*)		Buena (*)	

Extraído de Bailón-Rojas y Florida-Rofner, 2021.

Nota: CAL compost alborada, CML compost de la municipalidad de Leoncio Prado, CCD compost Cooperativa Divisoria, CMF compost de M&F Orgánicos, CCF compost comercial formulado, -- valor no especificado, * nivel dentro de los límites fijados por la OMS.

b) El índice microbiológico

Es una medida de garantía higiénica y sanitaria para el uso de compost y en menor medida como verificación de la eficiencia del proceso de compostaje (SORIANO 2016, cita a GÓMEZ; ESTRADA 2005).

CHILÓN, 2013, en la tabla 8, muestra los resultados del análisis químico y biológico del Compost elaborado con activadores biológicos, modalidad alto relieve, los resultados concluyen que las Unidades de Formación de Colonias UFC, de los compost presentan un alto recuento de microorganismos mesófilos y coliformes.

Tabla 8 — Resultados del Análisis Químico y Biológico del Compost

N°	Parámetros	T1 CH-A (Compost+ activador caldo humus)	T2 Y-A (Compost+ activador Yogurt)	T3SL-A (Compost+ activador Suero de leche)	T4 LEV-A (Compost+ activador Levadura)	TS Q-A (Compost + activador fermento Quinoa)	T6 T-A (Compost Testigo)
1*	% Nitrógeno total	0.52	0.87	0.81	0.67	0.77	0.71
2*	% Fósforo	0.24	0.31	0.22	0.27	0.16	0.25
3*	% Potasio	0.88	0.88	1.25	0.82	1.37	1.07
4*	% Carbono orgánico	7.15	9.42	8.73	10.3	10.48	8.66
5*	pH agua (1:5)	8.54	8.35	8.34	7.94	8.66	8.25
6*	CE (mS/cm) (1:5)	5.14	5.62	7.38	6.56	7.44	7.53
7*	% Humedad	60.07	57.03	55.71	54.65	55.19	56.29
8**	Recuentos mesófilos totales	$> 10^5$	$>10^5$	$>10^5$	$>10^5$	105	$>10^5$
9**	Recuento Coliformes totales 37 °C	44	9.1×10^4	2.9×10^3	1.8×10^3	9.1×10^4	5.2×10^3
10**	Recuento Klebsiella spp	240	--	--	--	10	--
11**	Recuento proteus spp.	120	--	20	20	220	60
12**	Recuento de hongos y levaduras a 25° y 30°	640	280	260	>105	2.6×10^3	700
13**	Recuento de Staphylococcus saprofitico	--	--	20	--	10	20

Extraído de Chilón, 2013

CHILÓN, 2013, en la tabla 9, muestra los resultados del análisis químico y biológico del compost elaborado con activadores biológicos. modalidad bajo relieve.

Tabla 9 — Resultados del Análisis Químico y Biológico del Compost

N°	Parámetros	T1 CH-A (Compost+ activador caldo humus)	T2 Y-A (Compost+ activador Yogurt)	T3SL-A (Compost+ activador Suero de leche)	T4 LEV-A (Compost+ activador Levadura)	TS Q-A (Compost + activador fermento Quinua)	T6 T-A (Compost Testigo)
1*	Nitrógeno total %	0.82	0.92	0.71	0.5	0.87	0.7
2*	Fósforo %	0.32	0.22	0.26	0.19	0.22	0.21
3*	Potasio %	1.3	0.62	1.05	0.81	0.5	0.9
4*	Carbono orgánico %	7.34	13.13	9.1	6.59	12.24	8.42
5*	pH agua (1:5)	7.35	7.8	8.6	8.19	7.69	8.3
6*	CE (mS/ cm) (1:5)	8.06	3.68	7.1	5.17	2.93	7.21
7*	Humedad %	55.18	51.42	59	65.99	53.8	57.9
8**	Recuento mesófilos totales	> 105	>105	>105	>105	>105	>105
9**	Recuento coliformes totales 37 °C	1.7 x 10 ³	2.8 x 10 ⁴	2.1X 10 ⁴	1.0 x 10 ⁴	6.4 x 10 ⁴	
10**	Recuento coli fecal	60	80				
11**	Recuento Proteus spp		200	200	40	110	
12**	Recuento de hongos y levaduras a 25° y 30°	220	>105	2.4 x 10 ⁴	1.2 x 10 ³	>105	

Extraído de Chilón, 2013

CHILÓN, 2013, en la tabla 10, muestra el efecto del compost sobre las Propiedades físicas químicas y biológicas del suelo

Tabla 10 — Compost en las propiedades físico-químicas y biológicas del suelo

Nº	Parámetros de Evaluación	T3 C-DA(Compost Dosis Alta)18 Tm/ha	T2 C-DiI(Compost Dosis Media) 12 Tm/ha	T1 C-DB(Compost Dosis Baja) 6 Tm/ha	T4 C-T(Testigo) 0 Tm/ha
1	Densidad aparente (gr/ce)	1.28	1.36	1.4	1.56
2	% Porosidad	52	49	47	41
3*	pH (agua 1:5)	7.15	6.99	7.04	6.4
4*	CE-Conductividad Eléctrica (agua 1:5) mS/cm	0.079	0.067	0.061	0.059
5*	% Nitrógeno	0.09	0.1	0.085	0.09
6*	% Fósforo	0.061	0.053	0.05	0.064
7*	% Potasio	0.124	0.093	0.101	0.124
8**	Recuentos mesófilos totales	>10 ⁵ UFC/gr	>10 ⁵ UFC/gr	>10 ⁵ UFC/gr	9.8 x10 ⁴ UFC/gr
9**	Recuento coliformes totales 37°C	8.0 x10 ³ UFC/gr	7.1 X10 ³ UFC/gr	1.4 X 10 ³ UFC/gr	1.0x 10 ³ UFC/gr
10**	Recuento coli fecal	3.9 x10 ³ UFC/gr	900 UfC/gr		
11**	Recuento klebsiella spp			600 UFC/gr	
12**	Recuento de hongos y levaduras a 25° y 30°		1.6 x10 ³ UFC/gr		
13**	Recuento de Staphylococcus saprofítico	500 UFC/gr	150 UFC/gr	100 UFC/gr	200 UFC/gr

Extraído de Chilón, 2013

c) Normatividad relacionada con la calidad del uso de compost

En algunos países de América Latina, existen normas para determinar la calidad del compost y regular su uso, el caso es de Chile, Colombia Brasil y México, asimismo han establecido clases de compost con o sin restricciones de uso, que está basado en la presencia de patógenos, metales pesados principalmente y propiedades fisicoquímicas del compost, como se puede evidenciar en la Tabla 11. A continuación, se define las normativas relacionadas con el presente trabajo de investigación:

- **Norma Chilena NCh 2880**, clasifica el compost en las siguientes clases:

Compost Clase A: es un producto de alto nivel de calidad. Debe cumplir con las concentraciones máximas permitidas de metales pesados, su conductividad eléctrica debe ser (<3 dS/m), la relación C/N ≤ a 25. El producto al tener estos valores, es apto para el uso en la agricultura ecológica (VARGAS, 2017).

Compost Clase B: es un producto de nivel intermedio de calidad. Debe cumplir con las concentraciones máximas de metales pesados, su conductividad eléctrica debe ser ($<8 \text{ dS/m}$), su relación $\text{C/N} \leq 30$. El producto al tener estos valores puede tener restricciones de uso (VARGAS, 2017).

- **Norma Técnica Colombiana 5167 – 2004**

Establece los requisitos que deben cumplir los productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes, cumpliendo con los requisitos para macro contaminantes, metales pesados y patógenos como límites máximos permitidos en mg/kg o ppm (VARGAS, 2017).

- **Norma Agencia de protección ambiental de los Estados Unidos (EPA-503)**

Estableció los límites máximos para la concentración de metales pesados en compost (VARGAS, 2017).

- **Rangos tolerables para compost comercial según la OMS**

La OMS estableció rangos normales de valores permitidos para compost comercial en base a sus características físicas y químicas (VARGAS, 2017).



Tabla 11 — Rangos de calidad compost según normatividad internacional

PARÁMETROS			Nach 2880		Norma técnica colombiana 5167	OMS	Norma 503-40 CFR de la EPA
			Calidad A	Calidad B			
	Relación C/N		≤ a 25	≤ a 30			
Parámetros generales y de materia orgánica	pH		5.0-8.5	5.0-8.5	4.0-9.0	6.0-9.0	
	C.E	dS/m	< a 3 dS/m	≤ a 8 dS/m			
	MO	%	≥ a 20 %	≥ a 20 %		25%-50%	
	N	%	≥ a 0.5 %	≥ a 0.5 %		0.4%-3.5%	
Micro elementos	P ₂ O ₅	%			> a 1%	0.3 %- 1.8 %	
	K ₂ O	%					
	CaO	%					
	MgO	%					
	Na	%					
	Hd	%	30%-45%	30%-45%	35%	30%-50%	
Metales pesados	Pb		100 mg/kg	100 mg/kg	300 mg/kg	200-400mg/kg	300 mg/kg
	Cd		2 mg/kg	8 mg/kg	39 mg/kg	15-49mg/kg	18 mg/kg
	Cr		120 mg/kg	200 mg/kg	1200 mg/kg		1200 mg/kg
Coliformes totales		MNP/g	< a 1000 MNP	< a 1000 MNP			
Coliformes fecales		MNP/g	< a 1000 MNP	< a 1000 MNP			<1000 < 2000000 MNP
Organismos mesófilos totales (UFC/g)	Bacterias,						
	Actinomicetos						
	Hongos						
Respiración microbiana	mg CO ₂ /g de						
	compost						
	seco/día						
Biomasa microbiana	mg C/g de compost						
Bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre	Organismos/compost seco						
Bacterias nitrificantes							

Extraído de (Soriano, 2016)

3.3 Marco conceptual

- a) **Residuos sólidos.** Producto generado por las personas en los domicilios, locales comerciales , oficinas y locales de servicios.
- b) **Compost.** Es un producto que se obtiene de material orgánico, que es sometido a un proceso biológico de descomposición
- c) **Microorganismo.** Es un ser vivo microscópico, unicelular que agrupa a las bacterias, hongos, virus, micoplasmas, etc.
- d) **Microorganismo Eficaz.** Es un inóculo que está constituido por un consorcio de microorganismos benéficos (levaduras, bacterias ácido lácticas y fotosintéticas) que coexisten en un cultivo líquido y son mutuamente compatibles entre sí.
- e) **Calidad.** Producto o servicios, que cumple con estándares aprobado por las autoridades gubernamentales en los países y el mundo, para ser comercializado o consumidos
- f) **Calidad del compost.** Desde el punto de vista agronómico es la aptitud o capacidad del compost para satisfacer las necesidades nutricionales de las plantas, sin riesgo para la salud del manipulador; cuya producción es con un mínimo impacto ambiental.
- g) **Calidad de los parámetros físicos.** Conjunto de propiedades físicas del compost, que permiten valorar y caracterizar con estabilidad de agregados: como la humedad, densidad aparente y porosidad.
- h) **Calidad de los parámetros químicos.** Conjunto de propiedades químicas del compost, que permiten valorar y caracterizar con estabilidad y contenido de macronutrientes, micronutrientes, conductividad eléctrica y pH.
- i) **Calidad de los parámetros biológicos.** Conjunto de propiedades biológicas del compost, que permiten valorar y caracterizar con estabilidad y contenido de colonias de microorganismos que contribuyen a la mineralización.
- j) **Efecto.** Es aquello que se logra conseguir como consecuencia de una causa.



- k) **Olores desagradables.** Término con el que se conoce, los olores repulsivos o desagradables se describen como peste, pestilencia, fetidez. Putrefacto relacionado con los olores generados en la descomposición de materia orgánica.
- l) **Vectores patógenos:** Definido como el organismo que es capaz de causar enfermedades en plantas y animales.
- m) **Fertilizantes químicos.** Conocido así a los nutrientes producidos por el hombre, generalmente, son de origen mineral, animal, vegetal o sintético. Los compuestos básicos que conforman están: nitrógeno, fósforo y potasio.
- n) **Bacterias ácido lácticas.** Llamados también como cultivos lácticos, está compuesta por un caldo de bacterias fermentadoras y que producen ácido láctico.
- o) **Bacterias fotosintéticas.** Llamado así a las bacterias fototróficas (anoxigénicas) púrpuras, son el mayor grupo de microorganismos fotosintéticos que viven en ambientes acuáticos y terrestres. Son microorganismos extremadamente versátiles por su complejo metabolismo, es decir, son capaces de llevar a cabo la fotosíntesis en ausencia de oxígeno.
- p) **Roca fosfórica.** Conocido como roca fosfórica o fosforita es un fertilizante y enmienda natural. En suelos de condición ácida, tiene progresiva solubilización que posibilita un aporte de Fósforo. Es un fertilizante natural.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4.1 Tipo y nivel de investigación

Según el enfoque de la investigación es cuantitativo, y según el nivel y tipo, describo en función al grado de profundidad y dificultad de la investigación, de acuerdo a lo siguiente:

4.1.1 Tipo de investigación

Por los objetivos establecidos, es investigación aplicada, por el nivel del objeto de estudio, es investigación explicativa, por el tipo de datos empleados, es investigación cuantitativa y por el grado de operación de las variables, es una investigación experimental y por la duración en el tiempo, es investigación transversal

4.1.2 Nivel de investigación

Es experimental, porque manipula la variable independiente (microorganismos eficaces EM-compost, enriquecidos con roca fosfórica) para observar el efecto en las variables dependientes (calidad de compost)

4.2 Diseño de la investigación

El diseño de investigación utilizado, es el experimental, ya que busque establecer la relación de causa efecto de la variable independiente (causa), frente a las variables dependientes (efecto). El diseño experimental es post test, porque evalúa el tratamiento (niveles de EM con adición de roca fosfórica) para evaluar los efectos (calidad del compost de residuos sólidos orgánicos).

Al ser la investigación experimental puro, aborda la aplicación de tres diferentes niveles de microorganismos eficaces (EM-compost) enriquecidos con RF, en condiciones de la planta de tratamiento de residuos sólidos de Chuquibambilla, en condiciones de techo de calamina, levantada con rollizos de madera cubierta con malla rachel, piso falso de concreto, la instalación de pilas de compost comprendió un mismo día.



El diseño de investigación utilizado, ha sido un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), siendo el diseño de investigación el siguiente:

RUE1 X O1
RUE2 X O2
RUE3 X O3
RUE-----O4 (testigo)

Donde:

R: Asignación aleatoria de los tratamientos a las unidades experimentales.

UEi: Unidad experimental i=1,2, ...

X: Tratamiento o estímulo.

Oi: Observación a la variable de respuesta i=1,2, ...

Diseño estadístico utilizado, es el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con tres (3) tratamientos y un (1) testigo o grupo control; cada tratamiento tiene tres (3) repeticiones.

El modelo aditivo lineal del diseño es:

$$Y_{ijk} = \mu + t_i + \beta_j + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Variable de respuesta observada o medida del k-ésimo elemento perteneciente al j-ésimo tratamiento al i-ésimo bloque.

μ = es la media general de la variable respuesta

t_i = es el efecto del i-ésimo tratamiento

β_j = es el efecto del j-ésimo bloque.

ϵ_{ijk} = error asociado al i-ésimo tratamiento en el j-ésimo bloque

En el diseño de bloques completamente aleatorizados (DBCA), el orden de los tratamientos, se explica en la siguiente tabla:

Tabla 12 — Datos en el diseño DBCA.

Bloques	Tratamientos			Promedios
	1	2	3	
1	Y_{11}	Y_{12}	Y_{13}	$Y_{1.}$
2	Y_{21}	Y_{22}	Y_{23}	$Y_{2.}$
3	Y_{31}	Y_{32}	Y_{33}	$Y_{3.}$
Promedios	$Y_{.1}$	$Y_{.2}$	$Y_{.3}$	Y

Describo las características del diseño experimental, a continuación:

Número de unidades experimentales : 12

Área de la unidad experimental : 1.0 m²

Área neta del experimento : 22 m²

Área neta del ensayo : 12 m²

Área neta de caminos : 10 m²

Los tratamientos utilizados en este trabajo constituyen microorganismos eficientes (*Saccharomyces cerevisiae*, *Aspergillus sp.*, *Lactobacillus sp.*) en las siguientes dosis:

T1. Bajo (1 L EM + 10Kg de RF en 0.30m³ ROM)

T2. Medio (2 L EM + 10Kg de RF en 0.30m³ ROM)

T3. Alto (3 L EM + 10Kg de RF en 0.30m³ ROM)

T4. Testigo (Sin EM – sin RF en 0.30m³ ROM)

El modelo aditivo lineal del diseño es:

$$Y_{ijk} = \mu + t_i + \beta_j + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Variable de respuesta observada o medida del k ésimo elemento perteneciente al j ésimo tratamiento al i ésimo bloque.

μ = es la media general de la variable respuesta

t_i = es el efecto del i ésimo tratamiento

β_j = es el efecto del j ésimo bloque.

ϵ_{ijk} = error asociado al i ésimo tratamiento en el j ésimo bloque

Fueron distribuidos aleatoriamente los tratamientos en cada bloque, asegurándonos que cada bloque contenga los tratamientos de la investigación.

Tabla 13 — Asignación de los tratamientos de manera aleatoria

Bloque I T2	Bloque II T1	Bloque III T3
Bloque I T3	Bloque II T2	Bloque III T1
Bloque I T1	Bloque II T3	Bloque III T2

4.3 Descripción ética de la investigación

La investigación identifico un problema, que es la deficiente práctica de manejo de residuos orgánicos municipales, en Chuquibambilla, Grau, para lo cual se aplicó microorganismos eficientes enriquecido con roca fosfórica (RF) para la descomposición de residuos orgánicos municipales, y producir compost de calidad evaluando los parámetros físicos, químicos y microbiológicos, y comparando con las normas técnicas de calidad de compost de Chile, Colombia, la Organización Mundial de Salud y La Agencia Estadounidense de Protección Ambiental, para luego dar a conocer los resultados como una alternativa de manejo de residuos orgánicos municipales a través de la técnica del compostaje, finalmente el compost producido permita ser utilizado en la actividad agrícola y otros fines requerido, principalmente motivando la fertilización orgánica.

Los ensayos de laboratorio estuvieron a cargo de la Universidad Nacional Agraria La Molina y el Laboratorio de Análisis Químico, Físico de Suelos Agua y Plantas-Cusco. Las variables de estudio fueron identificadas a partir de investigaciones similares y responden a las necesidades de la población (agentes que gestionan el manejo de residuos sólidos orgánicos y los agricultores) para realizar compost y mejorar los suelos y los cultivos.

La redacción de la investigación cumple con las especificaciones del Reglamento de investigación de la UNAMBA, y el estilo ISO-690.

4.4 Población y muestra

La población se adoptó por la masa total de material a compostar en metros cúbicos compuesta por lo siguiente: 3.60 m³ de residuos sólidos orgánicos municipales y 0.07 m³ de roca fosfórica, haciendo un total de 3.67 m³.



4.4.1 Población

La población se adoptó por la masa total de material a compostar en metros cúbicos compuesta por lo siguiente: 3.60 m^3 de residuos sólidos orgánicos municipales y 0.07 m^3 de roca fosfórica, haciendo un total de 3.67 m^3 .

4.4.2 Muestra

Se adoptará lo establecido por GALINDO, MARTÍNEZ y ESTRADA (2018), que menciona que la muestra representa el 30% del peso inicial de la población, es decir (1.10 m^3) de compost maduro total, en este caso es el compost obtenido del proceso de compostaje del cual se obtuvo las muestras para los análisis correspondientes.

Se determinó la variable dependiente: calidad de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos; para lo cual se embolsó 1kg de compost secado en sombra, etiquetado con los datos del tratamiento correspondiente y fecha de recojo. La toma de muestra ha sido de forma intencional. GALINDO, MARTÍNEZ y ESTRADA (2018)

4.5 Procedimiento

El procedimiento de ejecución del proyecto se desarrolló de la siguiente forma.

4.5.1 Características del campo experimental

La investigación se ejecutó en la Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos de Chuquibambilla, área de compostaje. Con las siguientes características: Piso falso de concreto, techo de calamina levantada con rollizos de madera (4.0 m), el perímetro cubierto con malla rashell. Las composteras serán pilas de 0.3 m^3 cada uno.

Las características de campo experimental, se detalla:

Número de unidades experimentales	: 12
Área de la unidad experimental	: 1.0 m^2
Área neta del experimento	: 22 m^2
Área neta del ensayo	: 12 m^2
Área neta de caminos	: 10 m^2



4.5.2 Fase de instalación y preparación de materiales e insumos

Se procedió con la preparación del área de compostaje, de manera secuencial, las principales actividades que se indican:

a) Adquisición y recolección de los insumos

Se detalla a continuación:

- **Microorganismos eficaces.** Los microorganismos eficaces fueron adquiridos de tiendas especializadas, el producto a utilizar ha sido el EM-Compost, que contiene microorganismos eficaces, los cuales fueron aplicados durante el proceso de compostaje.
- **Adquisición de la roca fosfórica.** La roca fosfórica ha sido adquirida de una tienda especializada, la cantidad de 0.45 m³ (120 kg) para ser aplicados en el compostaje.
- **Recolección de residuos orgánicos, picado y tratamiento de humedad.** - Los residuos sólidos orgánicos se obtuvieron de la Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos del distrito de Chuquibambilla, recolectados y transportados de la ciudad de Chuquibambilla de forma selectiva (orgánicos e inorgánicos), también se realizó la selección de impurezas (residuos orgánicos).

En el área de recepción de residuos orgánicos se recolectó 1800 Kg. (3.60 m³), todos los residuos sólidos orgánicos son provenientes de la actividad domiciliaria, mercados de abasto y ferias de venta de productos agrícolas libre de impurezas, luego se dispuso en el lecho de lixiviados, hasta que los residuos orgánicos pierdan un 30% a 40% de su peso inicial (humedad), posteriormente se tomó el peso en Kg.

b) Homogenización de los residuos sólidos

Esta actividad consistió en homogenizar al tamaño, aquellos residuos orgánicos de mayor tamaño, los que han sido picados de manera manual con un machete, obteniendo residuos de 1cm a 5cm, para facilitar la descomposición.

c) Formación de las pilas de compostaje

Se formaron pilas de compostaje, cada pila ocupó un espacio de 0.3 m³ de capacidad, cada pila separada por caminos de 0,50 m. Todo el conjunto se protegió con cubiertas de plástico color negro, adecuado para evitar la muerte de los



microorganismos, así como otros factores que alteren el material y mantener la temperatura adecuada.

Las pilas propiamente, se formaron en capas: primero, mezcla de Residuo Sólido Orgánicos Municipales (RSOM) altura de 0.20 m, segundo, adicionar Roca Fosfórica (RF) en una cantidad de 5 Kg. en seguida volver a incorporar la capa de residuos sólidos Orgánicos Municipales 0.20 m. Enseguida adicionar 5 Kg. de Roca Fosfórica, así sucesivamente hasta alcanzar 0.3 m³, este mecanismo de formación de pilas se aplicó para cada tratamiento.

La aplicación de Microorganismo Eficaces (EM-compost), en cada tratamiento se distribuyó uniformemente en la formación de cada pila con la ayuda de una mochila asperjadora manual de 20 litros.

Los tratamientos que se aplicaron fueron los siguientes:

Tratamiento 1 (T1)	:	3 L EM-Compost +10 kg RF en 0.3 m ³ de RO
Tratamiento 2 (T2)	:	2 L EM-Compost +10 kg RF en 0.3 m ³ de RO
Tratamiento 3 (T3)	:	1 L EM-Compost +10 kg RF en 0.3 m ³ de RO
Testigo (T4)	:	0 L EM-Compost +00 kg RF en 0.3 m ³ de RO

d) Activación de los microorganismos eficaces

Por cada litro de EM-Compost se procedió de la siguiente forma, en un balde de 20 litros, se mezcló 1Kg de melaza, 18 litros de agua libre de cloro y 1 litro de microorganismos eficaces (EM Compost), dando una solución de 20 litros de EM-Compost a activar, posteriormente se tapó herméticamente para el proceso de activación por un periodo de 7 días. Después de este tiempo el EM quedo activado, listo para ser utilizado.

Las cantidades de aplicación que se realizaron, se detallan a continuación:

Tratamiento 1:	39 litros EM compost- Activado, en 78 litros de agua
Tratamiento 2:	25.5 litros de EM compost-Activado, en 51 litros de agua.
Tratamiento 3:	13.5 litros de EM compost-Activado, en 27 litros de agua.
Tratamiento 4:	sin EM.

La solución de EM-Compost Activado se aplicaron a las pilas de compostaje, con una mochila asperjadora de 20 litros. Se aplicó cada 7 días durante todo el periodo



que dura el compostaje, en 90 días calendarios 13 aplicaciones. El EM Compost activado se mezcló con agua sin cloro en la relación 1:2 según recomendaciones de aplicación (50% de concentración).

4.5.3 Labores de manejo y mantenimiento

a. Riego

Los riegos se realizaron de acuerdo a la necesidad, para tener una adecuada humedad en las pilas, entre un rango de 30% a 40%. Se utilizó una asperjadora (mochila manual) con capacidad de 20 litros, para regar las pilas al momento de realizar los registros y volteos.

b. Volteos

Los volteos se realizaron con la ayuda de una lampa (pala) cada 3 días, contando desde la aplicación del EM-Compost y RF, para facilitar la oxigenación de la materia orgánica y que los microorganismos actúen eficazmente en la descomposición. Se evito la compactación.

4.5.4 Evaluaciones en campo

Se controlaron los siguientes parámetros: temperatura, pH y humedad, considerando sugerencias y aportes de investigaciones y respaldo bibliográfico, se describe a continuación:

a) Medición de temperatura

La temperatura se registró cada 3 días antes del proceso de volteo, aproximadamente a las 12:30 p.m. Para determinar la temperatura se utilizó un equipo multiparámetro pH-meter Hi 8183, introduciendo en la pila de compostaje, la medición se realizó en tres puntos de cada pila y se registró el promedio de las tres mediciones en todo el proceso de compostaje (90 días) y considerando las fases de compostaje.

b) Comprobación de humedad

La comprobación de humedad se registró cada 3 días antes del proceso de volteo, aproximadamente a las 12:30 p.m. durante el experimento. Para el control de la humedad, se utilizó el método empírico de la prueba de puño (SZTERN y PRAVIA 2002).



SZTERN y PRAVIA 2002, describen el método que es tomar una muestra de compost en la mano y empuñarlo fuertemente:

- Si observamos un hilo de agua, podemos afirmar que el compost tiene más de 40% de humedad
- Si el hilo que se obtiene se presenta de forma intermitente, entonces la humedad es cercana al 30%,
- Si no gotea y al abrir la mano el material permanece moldeado, la humedad esta entre un 20 a 30%;
- Finalmente, si al abrir la mano el material se disgrega la humedad es menor al 20%.
- La humedad se registró durante los 90 días de compostaje considerando la metodología empleada.

c) Evaluación del pH

La medición del pH se realizó cada 3 días antes del proceso de volteo, a las 1:30 p.m., durante el experimento. En cada toma de muestra para el pH se procedió a tomar 3 muestras de diferentes puntos de la pila, recolectadas en vasos de cristal esterilizadas, luego generar una solución con agua destilada, para luego introducir el bulbo del multiparámetro y determinar los tres valores de pH y registrarlas el promedio. De acuerdo Sztean y Pravía, (2004), Las evaluaciones de pH se realizaron en las fases, estas fases muestran las siguientes características:

- **Fase mesófila.** Que tiene un promedio de duración de 2 a 4 días, en esta fase produce calor y CO₂, se caracteriza por una disminución del pH, que desciende a valores de 5,5.
- **Fase Termófila.** Que tiene un periodo de duración desde la primera semana hasta la octava semana (dependiendo de los residuos a compostar). Se caracteriza por la liberación de amoníaco y el pH asciende pudiendo llegar a valores de 8. Existiendo gran demanda de oxígeno.
- **Fase mesófila.** que puede iniciar a partir de la quinta semana, (dependiendo de los residuos a compostar), da lugar a las sustancias húmicas. El pH se estabiliza; la demanda de oxígeno presenta una reducción.
- **Fase de Maduración:** Que puede iniciar desde la décima semana (dependiendo de los residuos a compostar), el pH, se estabiliza próximo a la neutralidad.



4.5.5 Cosecha y toma de muestras

Se realizó al observar que la materia orgánica perdió su estructura inicial y cambio el color de marrón oscuro a gris. La cosecha se dio al final del proceso de compostaje, considerando las características de un producto final; actividad realizada a los 90 días (03 meses), en función a los antecedentes y cronograma de ejecución. Las muestras se recolectaron por cada tratamiento, tamizados, luego se tomaron las últimas muestras identificadas respectivamente para su análisis en el laboratorio.

Para mayor detalle explico las tomas de muestras:

- Se realizó un volteo a cada pila para obtener una mezcla homogénea.
- Se recolecto la muestra a una humedad ambiente, para luego tomar muestras de 2 Kg. para su posterior análisis.
- Se embolso en bolsas ziploc, de 1.00 Kg de capacidad, colocando el rotulo correspondiente.

El compost, se envaso en sacos de rafia, almacenando bajo sombra y cubiertos con plástico para evitar la desecación hasta un posible uso en cultivo de plantas, fuera del experimento.

4.5.6 Pruebas en laboratorio

Las muestras de las pilas de compostaje se enviaron al Laboratorio de suelos y microbiología de la Universidad Nacional Agraria La Molina, también al Laboratorio físico, químico de suelos, agua y plantas de Cusco. Los análisis planteados son:

- **Calidad de los parámetros físicos.** Humedad (%); Densidad aparente (Kg/m³) y porosidad (%), entre otros
- **Calidad de los parámetros químicos.** pH (escala); CE (mS/cm) y Nutrientes minerales (N, P, K) en % entre otros
- **Calidad de los parámetros biológicos.** Colonias de microorganismos (ufc/g) y NMP/g de coliformes fecales, coliformes totales, E. Coli, mohos, levaduras y actinomicetos, entre otros

La evaluación se realizó según las variables, registrando los datos cuando el proceso de compostaje ha terminado (90 días), para el análisis de la calidad del compost, se extrajo muestras de 2 kilos por tratamiento y repetición, estas muestras se enviaron a los laboratorios de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), y al Laboratorio físico químico de suelos, agua y plantas del Cusco.



En el análisis y discusión de resultados, se consideró los niveles que están establecidos en la norma chilena NCh-2880, la Organización Mundial de la Salud-OMS, la Norma Técnica Colombiana y la Agencia Estadounidense de Protección Ambiental-EPA.

4.5.7 Procesamiento y análisis de datos

Para procesar de los datos y la redacción del informe final, se utilizó los programas informáticos Excel, Word y el SPSS versión 25. Se tomó en cuenta los criterios siguientes:

- Recolección y toma de datos en el campo
- Comprobación de los datos tomados
- Descripción de las características:
- Análisis y discusión

4.6 Técnica e instrumentos

4.6.1 Técnicas estadísticas

Las técnicas estadísticas, nos permitieron el análisis causa – efecto de los fenómenos observados en la investigación, se comprobó la hipótesis y las relaciones de causalidad, para lo cual se utilizó las pruebas, homogenizando los datos y validando con las pruebas siguientes:

- **Homogeneidad de varianza:** Se utilizó el estadístico de Levene, se adoptó el criterio de rechazo de la hipótesis de homogeneidad, si el valor de p (sig.) es menor a 0.05.
- **Normalidad de datos:** Para la prueba de normalidad, se utilizó el estadístico Shapiro Wilk, se adoptó el criterio de rechazo de la hipótesis de normalidad si el valor de p (sig) es menor que 0.05
- **Aleatorización:** En la aleatorización, se utilizó el programa Excel, con los números aleatorios de este programa.

4.6.2 Instrumentos

El instrumento de investigación fundamentalmente ha sido la observación del procesamiento del compost y la determinación de la calidad fundamentado con los resultados de análisis del laboratorio. La investigación, se desarrolló en diferentes etapas, registrándose la información de la evaluación, en fichas de campo, para cada

tratamiento de manera ordenada; los instrumentos de medición que fueron utilizados: el multiparametro Hanna Hi 8424 pH meter (para medir la temperatura y pH) y método empírico de la prueba de puño de Sztern y Pravia (para medir la humedad) y, el que permitió la recolección y obtención de datos. Para posteriormente procesarlos.

4.7 Análisis estadístico

4.7.1 Hipótesis estadísticas

Para realizar la prueba de hipótesis, se realizó el análisis de varianza, con la prueba F, se evaluó la igualdad de las medias.

Tabla 14 — Análisis de Varianza (ANOVA)

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media Cuadrática	Fc
Bloques	r-1	$\sum Y^2 j./t - F.C.$	SCBloq/(r-1)	$\frac{CMBloq}{CME}$
Tratamientos	t-1	$\sum Y^2 i./r - F.C.$	SCTrat/(t-1)	$\frac{CMTrat}{CME}$
Error experimental	(t-1) (r-1)	Por diferencia	SCE / gle	
Total	tr-1	$\sum \sum Y^2 ij - F.C.$		

Donde:

$$\begin{aligned}
 F.C. &= (Y..)^2 / rt \\
 SC \text{ Total} &= \sum \sum Y^2 ij - F.C. \\
 SC \text{ Tratamiento} &= \sum Y^2 i./r - F.C. \\
 SC \text{ Bloque} &= \sum Y^2 j./t - F.C. \\
 SC \text{ Error} &= SC \text{ Total} - SC \text{ Tratamiento} - SC \text{ Bloque} \\
 Fc &= \text{Estadístico de F de Fisher calculado.}
 \end{aligned}$$

Al plantear la hipótesis nula, se consideró que todas las medias de la población son iguales; frente a la hipótesis alterna, que considera que las medias de la población son diferentes. Se formulo según a lo siguiente:

a) Hipótesis: para los tratamientos:

Ha: $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4$; (Muestra un efecto atribuido a los tratamientos en la variable Xi)



$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$; (No muestra un efecto atribuido a los tratamientos en la variable X_i)

Donde:

H_0 : Hipótesis nula

H_a : Hipótesis alterna

μ_1 : Promedio de las variables X_i en el tratamiento 1

μ_2 : Promedio de las variables X_i en el tratamiento 2

μ_3 : Promedio de las variables X_i en el tratamiento 3

μ_4 : Promedio de las variables X_i en el tratamiento 4

b) Hipótesis: para el bloque

$H_a: \beta_1 \neq \beta_2 \neq \beta_3$; (Muestra un efecto atribuido a los bloques en la variable X_i)

$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3$; (No muestra el efecto atribuido a los bloques en la variable X_i)

Donde:

β_1 : Promedio de las variables X_i en el bloque 1

β_2 : Promedio de las variables X_i en el bloque 2

β_3 : Promedio de las variables X_i en el bloque 3

c) Nivel de significancia

El nivel de significancia fue de 0.05 (5%) para la prueba de hipótesis, conocido como alfa o α , que es la probabilidad de aceptar o rechazar la hipótesis. En la comparación de promedios múltiples se realizó la prueba de Tukey el nivel de significancia será de 0.05 (5%).

d) Región crítica o regla de decisión

Para la región crítica y región de aceptación, se realizó mediante la prueba bilateral de dos colas; ya que las hipótesis estadísticas se formularon de acuerdo a lo siguiente:

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$, frente a $H_a: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$.

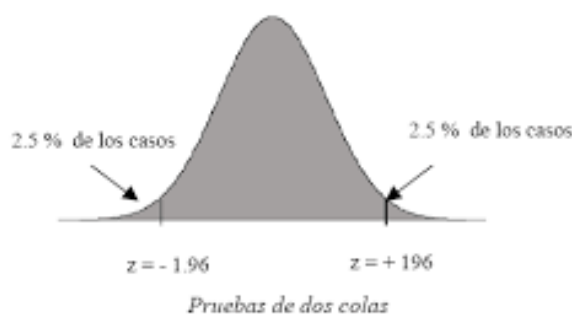


Figura 5 — Región crítica de rechazo

4.7.2 Prueba de normalidad

Para la prueba se utilizó el estadístico de Shapiro Wilk ($n \leq 50$). La regla para rechazar la hipótesis de normalidad fue si el valor p (Sig.) es menor que 0.05.

Tabla 15 — Prueba de normalidad calidad de los parámetros físicos

Variables	Tratamiento	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Humedad (%)	T1: Nivel Alto (3 L. EM+10 kg RF)	1.000	3	1.000
	T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF)	0.955	3	0.593
	T3: Nivel Bajo (1 L. EM+10 kg RF)	1.000	3	1.000
	T4: Testigo (0 L. EM+0 kg RF)	0.973	3	0.683
Materia Seca (%)	T1: Nivel Alto (3 L. EM+10 kg RF)	1.000	3	1.000
	T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF)	0.964	3	0.637
	T3: Nivel Bajo (1 L. EM+10 kg RF)	0.923	3	0.463
	T4: Testigo (0 L. EM+0 kg RF)	0.987	3	0.780
Densidad Aparente (gr/cc)	T1: Nivel Alto (3 L. EM+10 kg RF)	1.000	3	1.000
	T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF)	0.964	3	0.637
	T3: Nivel Bajo (1 L. EM+10 kg RF)	1.000	3	1.000
	T4: Testigo (0 L. EM+0 kg RF)	1.000	3	1.000
Densidad real (gr/cc)	T1: Nivel Alto (3 L. EM+10 kg RF)	1.000	3	1.000
	T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF)	0.964	3	0.637
	T3: Nivel Bajo (1 L. EM+10 kg RF)	1.000	3	1.000
	T4: Testigo (0 L. EM+0 kg RF)	1.000	3	1.000
Porosidad (%)	T1: Nivel Alto (3 L. EM+10 kg RF)	1.000	3	1.000
	T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF)	1.000	3	1.000
	T3: Nivel Bajo (1 L. EM+10 kg RF)	1.000	3	1.000
	T4: Testigo (0 L. EM+0 kg RF)	1.000	3	1.000
Materia orgánica (%)	T1: Nivel Alto (3 L. EM+10 kg RF)	0.942	3	0.537
	T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF)	0.923	3	0.463
	T3: Nivel Bajo (1 L. EM+10 kg RF)	0.964	3	0.637
	T4: Testigo (0 L. EM+0 kg RF)	0.964	3	0.637

Hipótesis de normalidad.

Ho: Los datos provienen de una distribución normal

H1: Los datos no provienen de una distribución normal

De acuerdo a la tabla 15, al observar los niveles de significancia para cada variable y tratamiento se observa que los valores son mayores que 0.05 (Sig.>0.05) por lo que acepto la Ho, y considero que los datos proceden de una distribución normal.

Tabla 16 — Prueba de normalidad calidad de los parámetros químicos

Variable	Tratamiento	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
pH	T1: Nivel Alto (3 L. EM+10 kg RF)	1.000	3	1.000
	T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF)	0.893	3	0.363
	T3: Nivel Bajo (1 L. EM+10 kg RF)	0.987	3	0.780
	T4: Testigo (0 L. EM+0 kg RF)	1.000	3	1.000
Conductividad eléctrica (dS/m)	T1: Nivel Alto (3 L. EM+10 kg RF)	0.923	3	0.463
	T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF)	0.964	3	0.637
	T3: Nivel Bajo (1 L. EM+10 kg RF)	0.987	3	0.780
	T4: Testigo (0 L. EM+0 kg RF)	1.000	3	1.000
Nitrógeno (%)	T1: Nivel Alto (3 L. EM+10 kg RF)	1.000	3	1.000
	T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF)	1.000	3	1.000
	T3: Nivel Bajo (1 L. EM+10 kg RF)	0.964	3	0.637
	T4: Testigo (0 L. EM+0 kg RF)	0.964	3	0.637
Fosforo (%)	T1: Nivel Alto (3 L. EM+10 kg RF)	0.987	3	0.780
	T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF)	0.987	3	0.780
	T3: Nivel Bajo (1 L. EM+10 kg RF)	0.923	3	0.463
	T4: Testigo (0 L. EM+0 kg RF)	1.000	3	1.000
Potasio (%)	T1: Nivel Alto (3 L. EM+10 kg RF)	0.964	3	0.637
	T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF)	0.923	3	0.463
	T3: Nivel Bajo (1 L. EM+10 kg RF)	1.000	3	1.000
	T4: Testigo (0 L. EM+0 kg RF)	0.987	3	0.780
Oxido de calcio (%)	T1: Nivel Alto (3 L. EM+10 kg RF)	1.000	3	1.000
	T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF)	0.987	3	0.780
	T3: Nivel Bajo (1 L. EM+10 kg RF)	0.964	3	0.637
	T4: Testigo (0 L. EM+0 kg RF)	0.964	3	0.637
Oxido de magnesio (%)	T1: Nivel Alto (3 L. EM+10 kg RF)	1.000	3	1.000
	T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF)	1.000	3	1.000
	T3: Nivel Bajo (1 L. EM+10 kg RF)	0.964	3	0.637
	T4: Testigo (0 L. EM+0 kg RF)	1.000	3	1.000
Sodio (%)	T1: Nivel Alto (3 L. EM+10 kg RF)	1.000	3	1.000
	T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF)	0.964	3	0.637
	T3: Nivel Bajo (1 L. EM+10 kg RF)	0.987	3	0.780
	T4: Testigo (0 L. EM+0 kg RF)	1.000	3	1.000
Relación Carbono Nitrógeno	T1: Nivel Alto (3 L. EM+10 kg RF)	0.862	3	0.274
	T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF)	1.000	3	1.000
	T3: Nivel Bajo (1 L. EM+10 kg RF)	1.000	3	1.000
	T4: Testigo (0 L. EM+0 kg RF)	0.964	3	0.637
Fierro (ppm)	T1: Nivel Alto (3 L. EM+10 kg RF)	0.845	3	0.226
	T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF)	0.964	3	0.637
	T3: Nivel Bajo (1 L. EM+10 kg RF)	0.993	3	0.843
	T4: Testigo (0 L. EM+0 kg RF)	0.987	3	0.780
Cobre (ppm)	T1: Nivel Alto (3 L. EM+10 kg RF)	0.987	3	0.780
	T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF)	0.964	3	0.637
	T3: Nivel Bajo (1 L. EM+10 kg RF)	0.964	3	0.637
	T4: Testigo (0 L. EM+0 kg RF)	0.987	3	0.780

Zn (ppm)	T1: Nivel Alto (3 L. EM+10 kg RF)	0.964	3	0.637
	T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF)	0.987	3	0.780
	T3: Nivel Bajo (1 L. EM+10 kg RF)	0.964	3	0.637
	T4: Testigo (0 L. EM+0 kg RF)	0.964	3	0.637
Manganeso (ppm)	T1: Nivel Alto (3 L. EM+10 kg RF)	0.964	3	0.637
	T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF)	0.987	3	0.780
	T3: Nivel Bajo (1 L. EM+10 kg RF)	0.987	3	0.780
	T4: Testigo (0 L. EM+0 kg RF)	0.923	3	0.463
Boro (ppm)	T1: Nivel Alto (3 L. EM+10 kg RF)	0.987	3	0.780
	T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF)	0.964	3	0.637
	T3: Nivel Bajo (1 L. EM+10 kg RF)	0.964	3	0.637
	T4: Testigo (0 L. EM+0 kg RF)	0.964	3	0.637

Hipótesis de normalidad.

Ho: Los datos provienen de una distribución normal

H1: Los datos no provienen de una distribución normal

En la tabla 16, al observar los niveles de significancia para cada variable y tratamiento se observa que los valores son mayores que 0.05 (Sig.>0.05) por lo que acepto la Ho, y considero que los datos proceden de una distribución normal.

Tabla 17 — Prueba de normalidad calidad de los parámetros microbiológicos

Variable	Tratamiento	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Coliformes totales (MNP/g)	T1: Nivel Alto (3 L. EM+10 kg RF)	1.000	3	1.000
	T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF)	1.000	3	1.000
	T3: Nivel Bajo (1 L. EM+10 kg RF)	0.964	3	0.637
	T4: Testigo (0 L. EM+0 kg RF)	1.000	3	1.000
Coliformes fecales (MNP/g)	T1: Nivel Alto (3 L. EM+10 kg RF)	1.000	3	1.000
	T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF)	1.000	3	1.000
	T3: Nivel Bajo (1 L. EM+10 kg RF)	0.787	3	0.085
	T4: Testigo (0 L. EM+0 kg RF)	1.000	3	1.000
E coli (MNP/g)	T1: Nivel Alto (3 L. EM+10 kg RF)	1.000	3	1.000
	T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF)	0.964	3	0.637
	T3: Nivel Bajo (1 L. EM+10 kg RF)	0.923	3	0.463
	T4: Testigo (0 L. EM+0 kg RF)	1.000	3	1.000
Mohos levaduras (UFC/g)	T1: Nivel Alto (3 L. EM+10 kg RF)	1.000	3	1.000
	T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF)	0.818	3	0.157
	T3: Nivel Bajo (1 L. EM+10 kg RF)	1.000	3	1.000
	T4: Testigo (0 L. EM+0 kg RF)	0.957	3	0.602
Actinomicetos (UFC/g)	T1: Nivel Alto (3 L. EM+10 kg RF)	1.000	3	1.000
	T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF)	0.912	3	0.424
	T3: Nivel Bajo (1 L. EM+10 kg RF)	0.818	3	0.157
	T4: Testigo (0 L. EM+0 kg RF)	0.851	3	0.244

Hipótesis de normalidad.

Ho: Los datos provienen de una distribución normal

H1: Los datos no provienen de una distribución normal

En la tabla 17, al observar los niveles de significancia para cada variable y tratamiento se observa que los valores son mayores que 0.05 (Sig.>0.05) por lo que acepto la Ho, y considero que los datos proceden de una distribución normal.

4.7.3 Homogeneidad de varianza

Se utilizó el estadístico de Levene, para verificar la prueba de hipótesis. La regla para rechazar la hipótesis de homogeneidad fue si el valor p (Sig.) es menor que 0.05.

Tabla 18 — Prueba de Homogeneidad de Varianza

Variable	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Humedad (%)	1.401	3	8	0.237
Materia Seca (%)	1.711	3	8	0.242
Gr/cc Densidad Aparente (gr/cc)	0.537	3	8	0.670
Densidad real (gr/cc)	1.597	3	8	0.265
Porosidad (%)	2.286	3	8	0.156
Materia orgánica (%)	1.052	3	8	0.421
pH	0.974	3	8	0.451
Conductividad eléctrica (dS/m)	0.299	3	8	0.825
Nitrógeno (%)	0.880	3	8	0.491
Fosforo (%)	0.104	3	8	0.955
Potasio (%)	0.937	3	8	0.467
Oxido de calcio (%)	0.305	3	8	0.821
Oxido de magnesio (%)	0.537	3	8	0.670
Sodio (%)	0.686	3	8	0.585
Relación Carbono Nitrógeno	0.526	3	8	0.270
Fierro (ppm)	1.628	3	8	0.321
Cobre (ppm)	0.429	3	8	0.738
Zn (ppm)	3.746	3	8	0.060
Manganeso (ppm)	2.803	3	8	0.108
Boro (ppm)	0.439	3	8	0.731
Coliformes totales (MNP/g)	1.302	3	8	0.355
Coliformes fecales (MNP/g)	3.493	3	8	0.070
E coli (MNP/g)	2.595	3	8	0.125
Mohos levaduras (UFC/g)	3.586	3	8	0.066
Actinomicetos (UFC/g)	1.441	3	8	0.301

Hipótesis de homogeneidad:

Ho: Las varianzas de las variables en estudio son iguales

H1: Las varianzas de las variables en estudio son diferentes

Según la tabla 18, El valor de la significancia es superior a 0.05 ($\text{Sig.} > 0.05$), aceptamos la hipótesis nula y concluimos que las variables son iguales es decir homogéneas.

Realizado las pruebas de normalidad y homogeneidad de varianza, se procedió a procesar los datos, para dar respuesta a los objetivos de la investigación, mediante los estadísticos descriptivos y la hipótesis de la investigación con la prueba de análisis de varianza y Tukey.

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1 Análisis de resultados

Se realizó la descripción de los resultados en atención a los objetivos de la investigación y el efecto de la aplicación de los tratamientos.

5.1.1. Calidad de los parámetros físicos

Se realizó la descripción de los resultados, calidad de los parámetros físicos del compost de residuos sólidos orgánicos en Chuquibambilla – Grau, en las variables: Humedad (%), Materia Seca (%), Densidad Aparente (gr/cc), Densidad real (gr/cc), Porosidad (%) y Materia orgánica (%), como efecto de los tratamientos de microorganismos eficientes y la roca fosfórica en los residuos sólidos.

a) Humedad del compost

Se analizó el resultado de la humedad (%) del compost de residuos sólidos orgánicos, de acuerdo a lo siguiente:

Tabla 19 — Estadísticos descriptivos humedad del compost

Tratamiento	Humedad (%)			
	Media	Máximo	Mínimo	Desviación estándar
T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF)	3.38	3.39	3.37	0.01
T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF)	3.20	3.27	3.11	0.08
T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF)	3.25	3.26	3.24	0.01
T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF)	4.69	4.86	4.55	0.16

Barras simples Media de Humedad (%) por Tratamiento

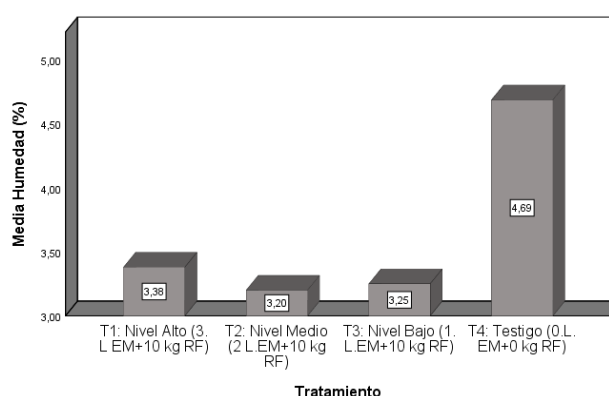


Figura 6 — Barras de medias de humedad

En la tabla 19 y figura 6, se observa los resultados del porcentaje de humedad del compost, teniendo los resultados, T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF), con un promedio de $3.38\% \pm 0.01$, el T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF) con un promedio de $3.20\% \pm 0.08$, el T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF) con un promedio $3.25\% \pm 0.01$ y el T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF) con un promedio $4.69\% \pm 0.16$.

El mayor promedio de porcentaje de humedad en relación a los otros tratamientos, es el tratamiento T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF) con un promedio de 4.69%.

b) Materia seca del compost

Se analizó el resultado de la materia seca (%), del compost de residuos sólidos orgánicos, de acuerdo a lo siguiente:

Tabla 20 — Estadísticos descriptivos materia seca del compost

Tratamiento	Materia seca (%)			
	Media	Máximo	Mínimo	Desviación estándar
T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF)	96.62	96.64	96.60	0.02
T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF)	96.79	96.81	96.78	0.02
T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF)	96.77	96.79	96.75	0.02
T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF)	95.39	95.44	95.34	0.05

Barras simples Media de Materia Seca (%) por Tratamiento

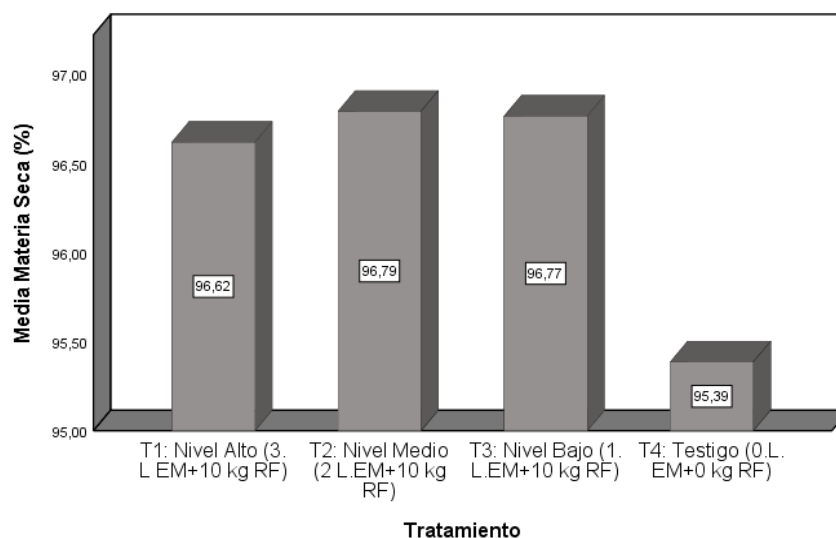


Figura 7 — Barras de medias de materia seca

En la tabla 20 y figura 7, se observa los resultados del porcentaje de materia seca del compost, teniendo los resultados, T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF), con un promedio de $96.62\% \pm 0.02$, el T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF) con un promedio de $96.79\% \pm 0.02$, el T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF) con un promedio $96.77\% \pm 0.02$ y el T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF) con un promedio de 95.39 ± 0.16 .

El mayor promedio de porcentaje de materia seca en relación a los otros tratamientos, es el tratamiento T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF) con un promedio de 96.79%

c) Densidad Aparente del compost

Se analizó el resultado de la densidad aparente (gr/cc), del compost de residuos sólidos orgánicos, de acuerdo a lo siguiente:

Tabla 21 — Estadísticos descriptivos densidad aparente del compost

Tratamiento	Densidad Aparente (gr/cc)			
	Media	Máximo	Mínimo	Desviación estándar
T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF)	0.88	0.90	0.86	0.02
T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF)	0.95	0.96	0.93	0.02
T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF)	0.96	0.97	0.95	0.01
T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF)	0.82	0.83	0.81	0.01

Barras simples Media de Densidad Aparente (gr/cc) por Tratamiento

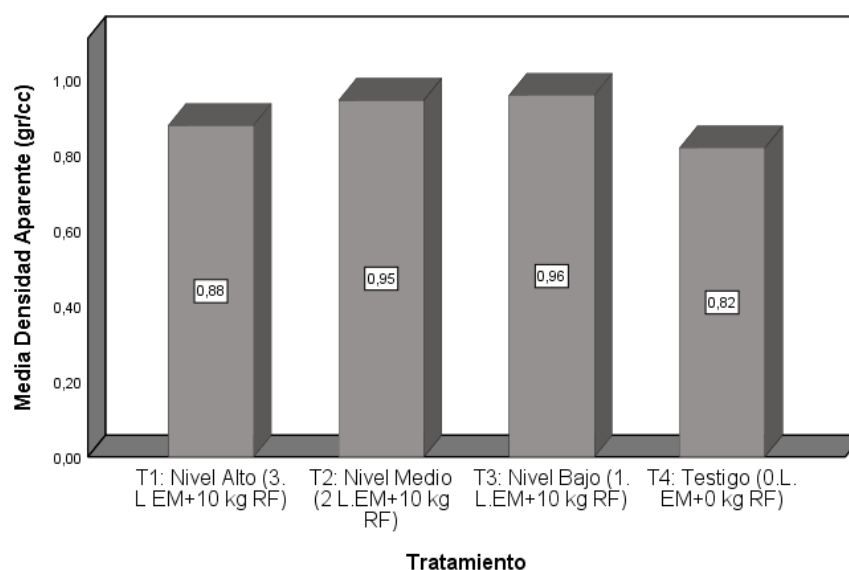


Figura 8 — Barras de medias de densidad aparente

En la tabla 21 y figura 8, se observa los resultados de la densidad aparente del compost, teniendo los resultados, T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF), con un promedio de 0.88 gr/cc $\pm$ 0.02, el T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF) con un promedio de 0.95 gr/cc $\pm$ 0.02, el T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF) con un promedio 0.96 gr/cc $\pm$ 0.01 y el T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF) con un promedio de 0.82 $\pm$ 0.01.

El mayor promedio de densidad aparente en relación a los otros tratamientos, es el tratamiento T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF) con un promedio 0.96 gr/cc con una variación $\pm$ 0.01.

d) Densidad real del compost

Se analizó el resultado de la densidad real (gr/cc), del compost de residuos sólidos orgánicos, de acuerdo a lo siguiente:

Tabla 22 — Estadísticos descriptivos densidad real del compost

Tratamiento	Densidad Real (gr/cc)			
	Media	Máximo	Mínimo	Desviación estándar
T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF)	3.04	3.06	3.02	0.02
T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF)	3.18	3.19	3.16	0.02
T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF)	3.05	3.10	3.00	0.05
T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF)	2.92	2.93	2.91	0.01

Barras simples Media de Densidad real (gr/cc) por Tratamiento

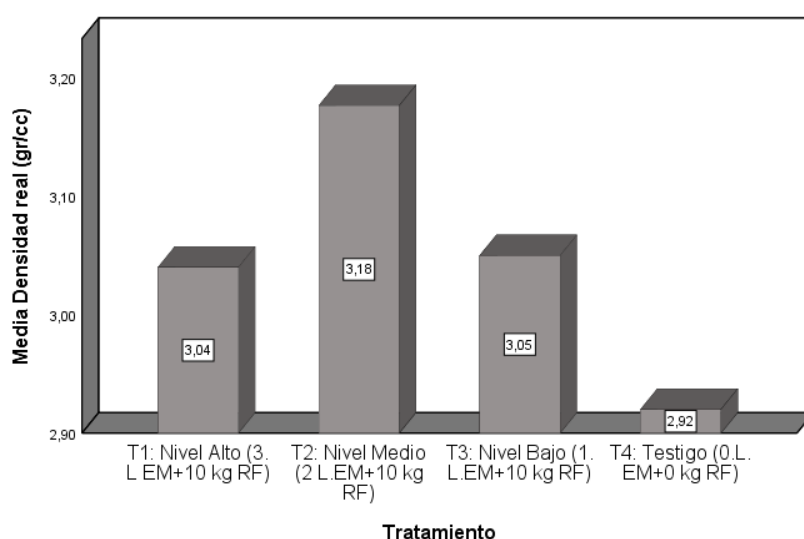


Figura 9 — Barras de medias de densidad real

En la tabla 22 y figura 9, se observa los resultados de la densidad aparente del compost, teniendo los resultados, T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF), con un promedio de 3.04 gr/cc $\pm$ 0.02, el T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF) con un promedio de 3.18 gr/cc $\pm$ 0.02, el T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF) con un promedio 3.05 gr/cc $\pm$ 0.05 y el T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF) con un promedio de 2.92 gr/cc $\pm$ 0.01.

El mayor promedio de densidad real en relación a los otros tratamientos, es el tratamiento T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF) con un promedio de 3.18 gr/cc con una variación $\pm$ 0.05.

e) Porosidad del compost

Se analizó el resultado del porcentaje de porosidad del compost de residuos sólidos orgánicos, de acuerdo a lo siguiente:

Tabla 23 — Estadísticos descriptivos porosidad del compost

Tratamiento	Porosidad (%)			
	Media	Máximo	Mínimo	Desviación estándar
T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF)	71.06	71.07	71.05	0.01
T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF)	70.12	70.13	70.11	0.01
T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF)	70.05	70.10	70.00	0.05
T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF)	71.91	71.92	71.90	0.01

Barras simples Media de Porosidad (%) por Tratamiento

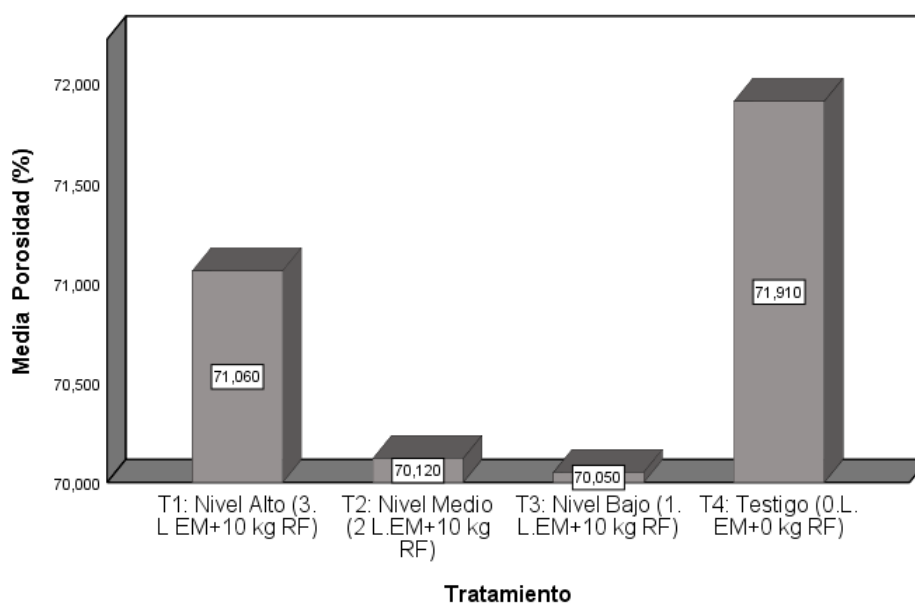


Figura 10 — Barras de medias de porosidad

En la tabla 23 y figura 10, se observa los resultados de porosidad del compost, teniendo los resultados, T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF), con un promedio de $71.06\% \pm 0.01$, el T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF) con un promedio de $70.12\% \pm 0.01$, el T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF) con un promedio $70.05\% \pm 0.05$ y el T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF) con un promedio de $71.91\% \pm 0.01$.

El mayor promedio de porosidad en relación a los otros tratamientos, es el tratamiento T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF) con un promedio de 71.91% con una variación ± 0.01 .

f) Materia orgánica del compost

Se analizó el resultado del porcentaje de materia orgánica del compost de residuos sólidos orgánicos, de acuerdo a lo siguiente:

Tabla 24 — Estadísticos descriptivos materia orgánica del compost

Tratamiento	Materia orgánica (%)			
	Media	Máximo	Mínimo	Desviación estándar
T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF)	30.36	30.39	30.32	0.04
T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF)	25.61	25.63	25.59	0.02
T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF)	25.75	25.78	25.72	0.03
T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF)	35.63	35.64	35.61	0.02

Barras simples Media de Materia Seca (%) por Tratamiento

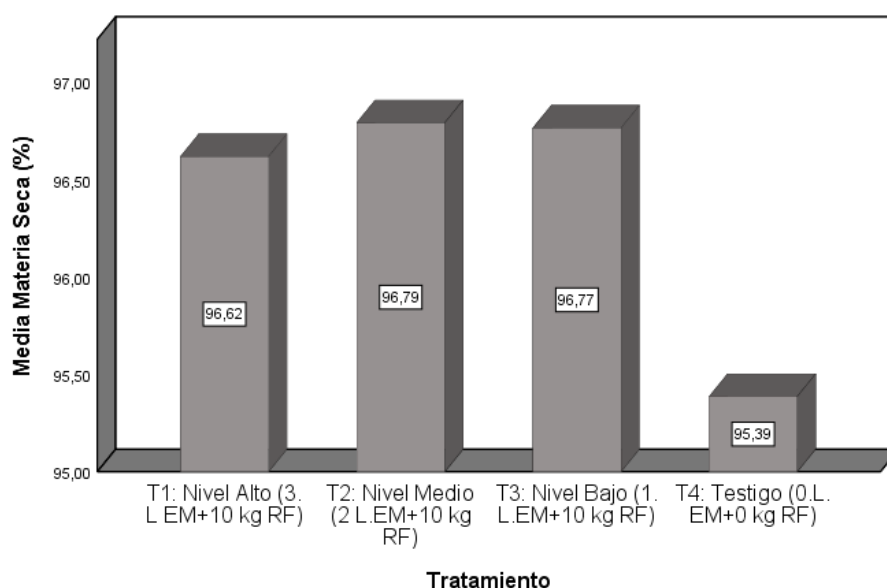


Figura 11 — Barras de medias de materia orgánica

En la tabla 24 y figura 11, se observa los resultados de materia orgánica del compost, teniendo los resultados, T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF), con un promedio de $30.36\% \pm 0.04$, el T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF) con un promedio de $25.61\% \pm 0.02$, el T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF) con un promedio $25.75\% \pm 0.03$ y el T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF) con un promedio de $35.63\% \pm 0.02$.

El mayor promedio de materia orgánica en relación a los otros tratamientos, es el tratamiento T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF) con un promedio de 35.63% con una variación ± 0.02 .

5.1.2. Calidad de los parámetros químicos

Se realizó la descripción de los resultados, calidad de los parámetros químicos del compost de residuos sólidos orgánicos en Chuquibambilla – Grau, en las variables: pH, Conductividad eléctrica (dS/m), Nitrógeno (%), Fosforo (%), Potasio (%), Oxido de calcio (%), Oxido de magnesio (%), Sodio (%), Relación Carbono Nitrógeno, Fierro (ppm), Cobre (ppm), Zn (ppm), Manganeseo (ppm) y Boro (ppm), como efecto de los tratamientos de microorganismos eficientes y la roca fosfórica en los residuos sólidos.

a) Potencial de hidrogeniones (pH)

Se analizó el resultado del potencial de hidrogeniones (pH) del compost de residuos sólidos orgánicos, de acuerdo a lo siguiente:

Tabla 25 — Estadísticos descriptivos de pH del compost

Tratamiento	Potencial de hidrogeniones (pH)			
	Media	Máximo	Mínimo	Desviación estándar
T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF)	8.02	8.03	8.01	0.01
T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF)	7.93	7.96	7.91	0.03
T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF)	7.97	7.99	7.94	0.03
T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF)	8.87	8.89	8.85	0.02

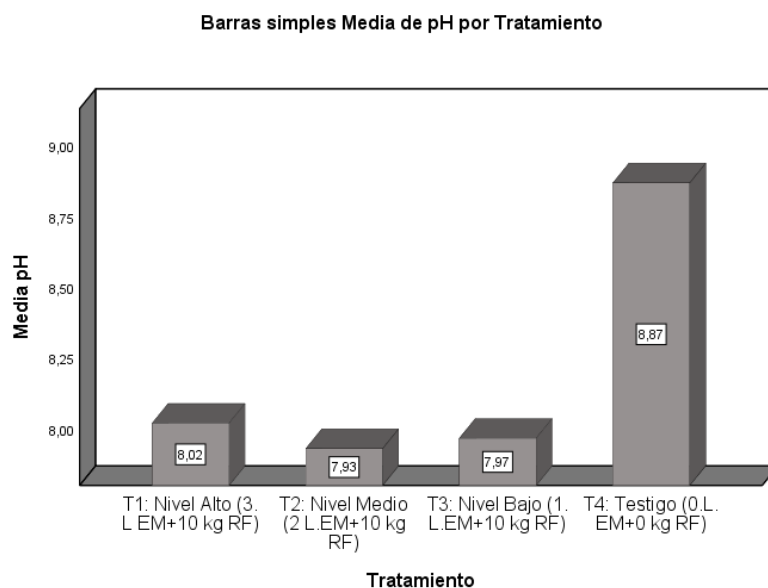


Figura 12 — Barras de medias de pH

En la tabla 25 y figura 12, se observa los resultados del potencial de hidrogeniones (pH) del compost, con los resultados, T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF), con un promedio de 8.02 ± 0.01 , el T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF) con un promedio de 7.93 ± 0.03 , el T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF) con un promedio 7.97 ± 0.03 y el T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF) con un promedio 8.87 ± 0.12 .

El promedio cercano a neutro en la escala de pH, en relación a los otros tratamientos, es el tratamiento T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF) con un promedio de 7.93 y una variación ± 0.03

b) Conductividad eléctrica (CE)

Se analiza el resultado de la conductividad eléctrica (CE) del compost de residuos sólidos orgánicos, de acuerdo a lo siguiente:

Tabla 26 — Estadísticos descriptivos de conductividad eléctrica del compost

Tratamiento	Conductividad eléctrica (dS/m)			
	Media	Máximo	Mínimo	Desviación estándar
T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF)	14.39	14.41	14.37	0.02
T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF)	14.81	14.83	14.80	0.02
T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF)	14.70	14.73	14.68	0.03
T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF)	20.60	20.63	20.57	0.03

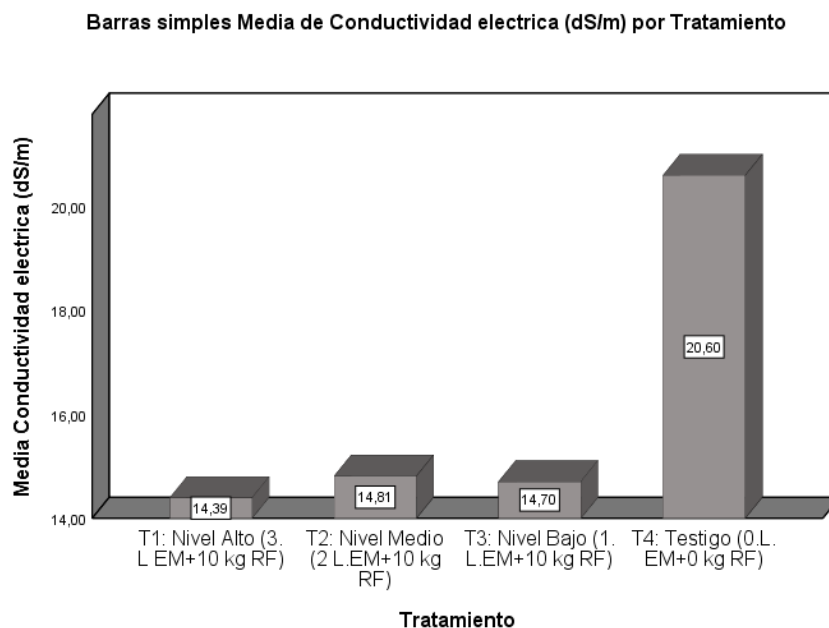


Figura 13 — Barras de medias de Conductividad Eléctrica

En la tabla 26 y figura 13, se observa los resultados de la conductividad eléctrica (CE) del compost, con los resultados, T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF), con un promedio de 14.39 dS/m $\pm$ 0.02, el T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF) con un promedio de 14.81 dS/m $\pm$ 0.02, el T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF) con un promedio 14.70 dS/m $\pm$ 0.03 y el T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF) con un promedio 20.60 dS/m $\pm$ 0.03.

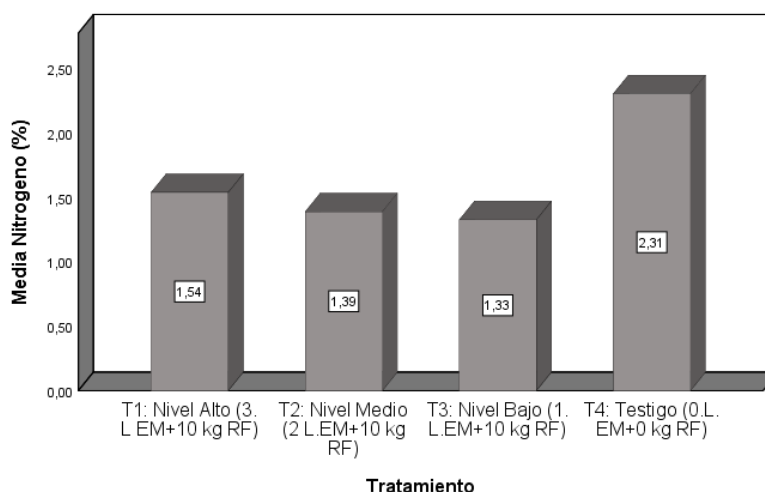
El promedio mayor de conductividad eléctrica (CE) dS/m, en relación a los otros tratamientos, es el tratamiento T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF) con un promedio 20.60 dS/m y una variación $\pm$ 0.03

c) Nitrógeno (N)

Se analizó el resultado de nitrógeno (N) del compost de residuos sólidos orgánicos, de acuerdo a lo siguiente:

Tabla 27 — Estadísticos descriptivos de nitrógeno del compost

Tratamiento	Nitrógeno (%)			
	Media	Máximo	Mínimo	Desviación estándar
T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF)	1.54	1.58	1.50	0.04
T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF)	1.39	1.41	1.37	0.02
T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF)	1.33	1.34	1.31	0.02
T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF)	2.31	2.32	2.29	0.02

Barras simples Media de Nitrogeno (%) por Tratamiento**Figura 14 — Barras de medias de nitrógeno (%)**

En la tabla 27 y figura 14, se observa los resultados de nitrógeno (%) del compost, con los resultados, T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF), con un promedio de $1.54\% \pm 0.04$, el T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF) con un promedio de $1.39\% \pm 0.02$, el T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF) con un promedio $1.33\% \pm 0.02$ y el T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF) con un promedio $2.31\% \pm 0.02$.

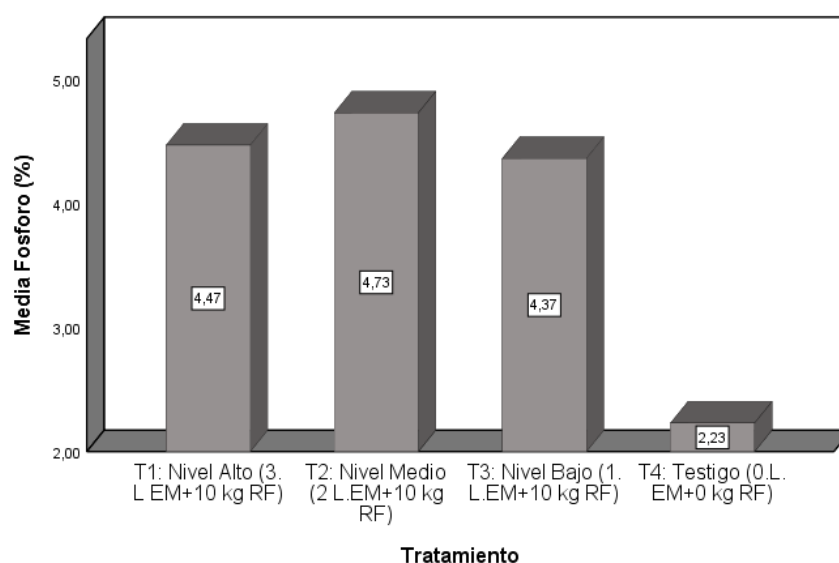
El promedio mayor de nitrógeno (%), en relación a los otros tratamientos, es el tratamiento T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF) con un promedio 2.31% y una variación ± 0.02

d) Fósforo (P_{205})

Se analizó el resultado de fósforo (P_{205}) del compost de residuos sólidos orgánicos, de acuerdo a lo siguiente:

Tabla 28 — Estadísticos descriptivos de Fosforo del compost

Tratamiento	Fosforo (P_2O_5)			
	Media	Máximo	Mínimo	Desviación estándar
T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF)	4.47	4.50	4.45	0.03
T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF)	4.73	4.76	4.71	0.03
T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF)	4.37	4.39	4.35	0.02
T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF)	2.23	2.25	2.21	0.02

Barras simples Media de Fosforo (%) por Tratamiento**Figura 15 — Barras de medias de fosforo (P_2O_5)**

En la tabla 28 y figura 15, se observa los resultados de fosforo (P_2O_5) del compost, con los resultados, T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF), con un promedio de $4.47\% \pm 0.03$, el T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF) con un promedio de $4.37\% \pm 0.02$, el T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF) con un promedio $4.37\% \pm 0.02$ y el T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF) con un promedio $2.23\% \pm 0.02$.

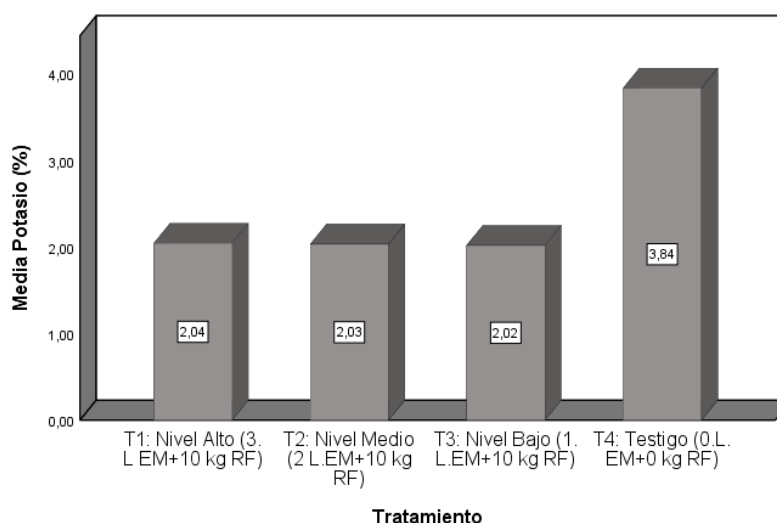
El promedio mayor de fosforo (P_2O_5), en relación a los otros tratamientos, es el tratamiento T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF) con un promedio de 4.37% y una variación ± 0.02 .

e) Potasio (K_2O)

Se examinó el resultado de potasio (K_2O) del compost de residuos sólidos orgánicos, de acuerdo a lo siguiente:

Tabla 29 — Estadísticos descriptivos de potasio (K₂O) del compost

Tratamiento	Potasio (K ₂ O)			
	Media	Máximo	Mínimo	Desviación estándar
T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF)	2.04	2.06	2.03	0.02
T2: Nivel Medio (2.L. EM+10 kg RF)	2.03	2.05	2.01	0.02
T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF)	2.02	2.03	2.01	0.01
T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF)	3.84	3.86	3.81	0.03

Barras simples Media de Potasio (%) por Tratamiento**Figura 16 — Barras de medias de potasio (K₂O)**

En la tabla 29 y figura 16, se observa los resultados de potasio (K₂O) del compost, con los resultados, T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF), con un promedio de 2.04% $\pm$ 0.02, el T2: Nivel Medio (2.L. EM+10 kg RF) con un promedio de 2.03% $\pm$ 0.02, el T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF) con un promedio 2.02% $\pm$ 0.01 y el T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF) con un promedio 3.84% $\pm$ 0.03.

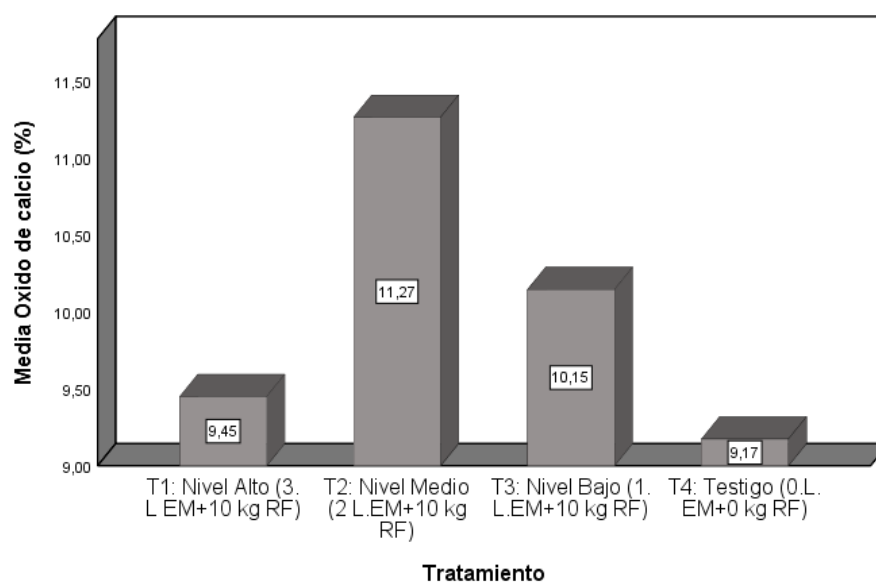
El promedio mayor de potasio (K₂O), en relación a los otros tratamientos, es el tratamiento T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF) con un promedio 3.84% y una variación $\pm$ 0.03.

f) Óxido de calcio (CaO)

Se analizó el resultado de óxido de calcio (%) del compost de residuos sólidos orgánicos, de acuerdo a lo siguiente:

Tabla 30 — Estadísticos descriptivos de óxido de calcio (CaO) del compost

Tratamiento	Óxido de calcio (CaO)			
	Media	Máximo	Mínimo	Desviación estándar
T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF)	9.45	9.47	9.43	0.02
T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF)	11.27	11.29	11.24	0.03
T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF)	10.15	10.16	10.13	0.02
T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF)	9.17	9.19	9.16	0.02

Barras simples Media de Oxido de calcio (%) por Tratamiento**Figura 17 — Barras de medias de óxido de calcio (CaO)**

En la tabla 30 y figura 17, se observa los resultados de óxido de calcio (CaO) del compost, con los resultados, T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF), con un promedio de 9.45% $\pm$ 0.02, el T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF) con un promedio de 11.27% $\pm$ 0.03, el T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF) con un promedio 10.15% $\pm$ 0.02 y el T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF) con un promedio 9.17% $\pm$ 0.02.

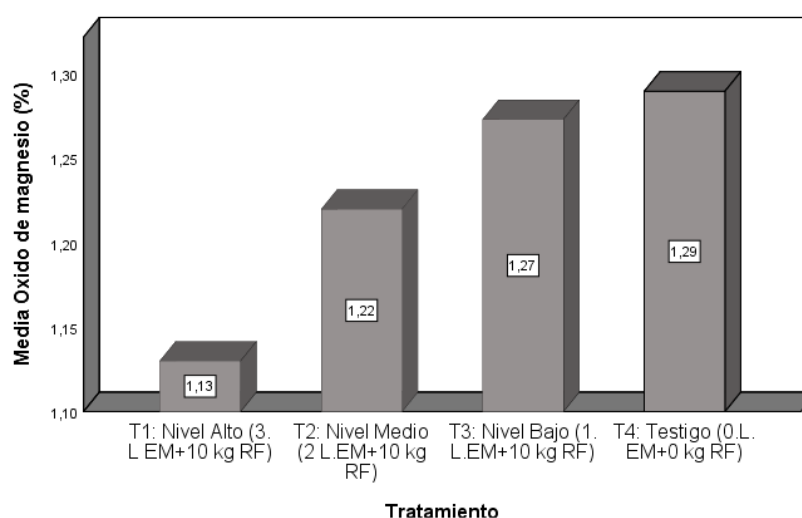
El promedio mayor de óxido de calcio (CaO), en relación a los otros tratamientos, es el tratamiento T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF) con un promedio de 11.27% y una variación $\pm$ 0.02

g) Óxido de magnesio (MgO)

Se analizó el resultado de óxido de magnesio (%) del compost de residuos sólidos orgánicos, de acuerdo a lo siguiente:

Tabla 31 — Estadísticos descriptivos de óxido de magnesio (MgO) del compost

Tratamiento	Óxido de magnesio (MgO)			
	Media	Máximo	Mínimo	Desviación estándar
T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF)	1.13	1.15	1.11	0.02
T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF)	1.22	1.23	1.21	0.01
T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF)	1.27	1.29	1.26	0.02
T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF)	1.29	1.30	1.28	0.01

Barras simples Media de Óxido de magnesio (%) por Tratamiento**Figura 18 — Barras de medias de óxido de magnesio (MgO)**

En la tabla 31 y figura 18, se observa los resultados de óxido de calcio (MgO) del compost, con los resultados, T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF), con un promedio de 1.13% $\pm$ 0.02, el T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF) con un promedio de 1.22% $\pm$ 0.01, el T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF) con un promedio 1.27% $\pm$ 0.02 y el T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF) con un promedio 1.29% $\pm$ 0.01.

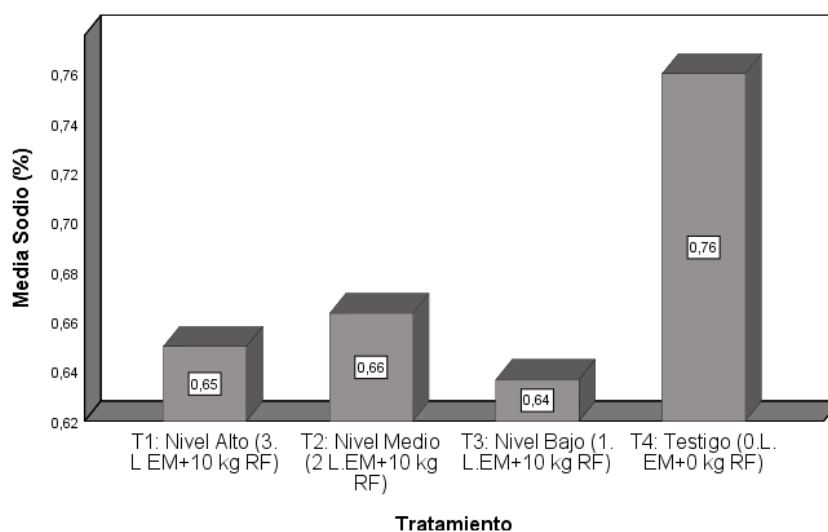
El promedio mayor de óxido de calcio (MgO), en relación a los otros tratamientos, es el tratamiento T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF) con un promedio 1.29% y una variación $\pm$ 0.01.

h) Sodio (Na)

Se analizó el resultado del sodio (Na) del compost de residuos sólidos orgánicos, de acuerdo a lo siguiente:

Tabla 32 — Estadísticos descriptivos de sodio (Na) del compost

Tratamiento	Sodio (Na)			
	Media	Máximo	Mínimo	Desviación estándar
T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF)	0.65	0.66	0.64	0.01
T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF)	0.66	0.68	0.65	0.02
T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF)	0.64	0.66	0.61	0.03
T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF)	0.76	0.78	0.74	0.02

Barras simples Media de Sodio (%) por Tratamiento**Figura 19 — Barras de medias de sodio (Na)**

En la tabla 32 y figura 19, se observa los resultados de sodio (Na) del compost, con los resultados, T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF), con un promedio de $0.65\% \pm 0.01$, el T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF) con un promedio de $0.66\% \pm 0.02$, el T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF) con un promedio $0.64\% \pm 0.02$ y el T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF) con un promedio $0.76\% \pm 0.01$.

El promedio mayor de sodio (Na), en relación a los otros tratamientos, es el tratamiento T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF) con un promedio 0.76% y una variación ± 0.02 .

i) Relación Carbono Nitrógeno (C/N)

Se analizó el resultado de la relación carbono nitrógeno (C/N) del compost de residuos sólidos orgánicos, de acuerdo a lo siguiente:

Tabla 33 — Estadísticos descriptivos de la relación Carbono/Nitrógeno (C/N) del compost

Tratamiento	Relación Carbono nitrógeno (C/N)			
	Media	Máximo	Mínimo	Desviación estándar
T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF)	11.83	11.91	11.78	0.07
T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF)	10.71	10.73	10.69	0.02
T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF)	11.43	11.45	11.41	0.02
T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF)	8.98	8.99	8.96	0.02

Barras simples Media de Relacion Carbono Nitrogeno por Tratamiento

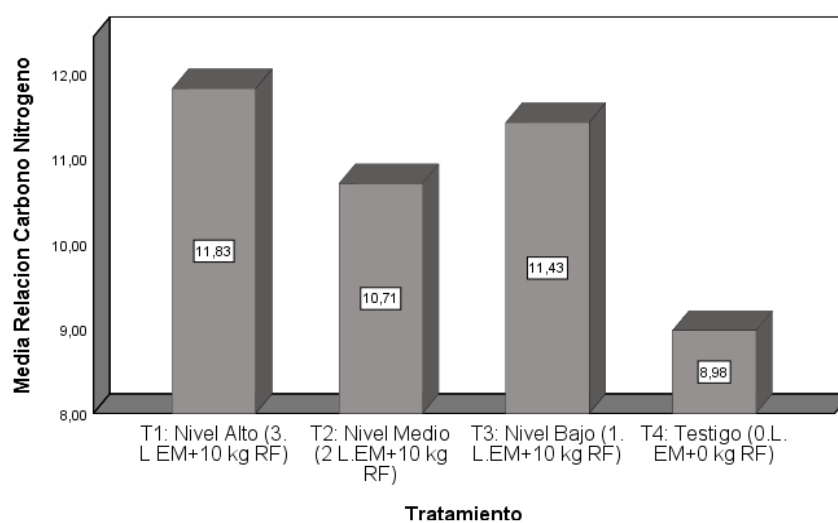


Figura 20 — Barras de medias de relación carbono nitrógeno (C/N)

En la tabla 33 y figura 20, se observa los resultados de relación carbono nitrógeno (C/N) del compost, con los resultados, T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF), con un promedio de 11.83 ± 0.07 , el T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF) con un promedio de 10.71 ± 0.02 , el T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF) con un promedio 11.43 ± 0.02 y el T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF) con un promedio 8.98 ± 0.02 .

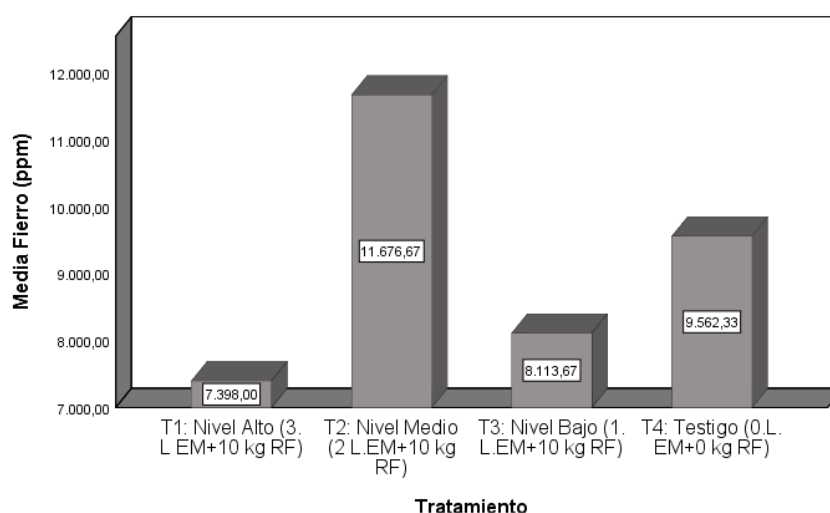
El promedio mayor de sodio (Na), en relación a los otros tratamientos, es el tratamiento T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF), con un promedio de 11.83 y una variación ± 0.07 .

j) Hierro (Fe)

Se analizó el resultado de hierro (Fe) del compost de residuos sólidos orgánicos, de acuerdo a lo siguiente:

Tabla 34 — Estadísticos descriptivos de Hierro (Fe) del compost

Tratamiento	Hierro (Fe)			
	Media	Máximo	Mínimo	Desviación estándar
T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF)	7398.00	7461.00	7360.00	54.95
T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF)	11676.67	11685.00	11670.00	7.64
T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF)	8113.67	8117.00	8110.00	3.51
T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF)	9562.33	9565.00	9560.00	2.52

Barras simples Media de Hierro (ppm) por Tratamiento**Figura 21 — Barras de medias de hierro (Fe)**

En la tabla 34 y figura 21 se observa los resultados de Hierro (Fe) del compost, con los resultados, T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF), con un promedio de 7398.00 ppm $\pm$ 54.95, el T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF) con un promedio de 11676.67 ppm $\pm$ 7.64, el T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF) con un promedio 8113.67 ppm $\pm$ 3.15 y el T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF) con un promedio 9562.33 ppm $\pm$ 5.52.

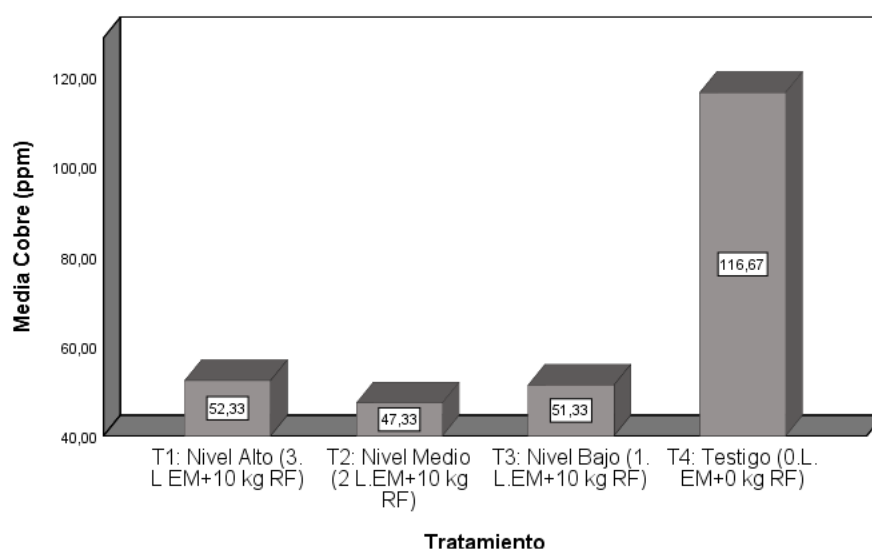
El promedio mayor de Hierro (Fe), en relación a los otros tratamientos, es el tratamiento T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF) con un promedio de 11676.67 ppm y una variación $\pm$ 0.07.

k) Cobre (Cu)

Se analizó el resultado de cobre (Cu) del compost de residuos sólidos orgánicos, de acuerdo a lo siguiente:

Tabla 35 — Estadísticos descriptivos de cobre (Cu) del compost

Tratamiento	Cobre (Cu)			
	Media	Máximo	Mínimo	Desviación estándar
T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF)	52.33	55.00	50.00	2.52
T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF)	47.33	49.00	46.00	1.53
T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF)	51.33	53.00	50.00	1.53
T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF)	116.67	119.00	114.00	2.52

Barras simples Media de Cobre (ppm) por Tratamiento**Figura 22 — Barras de medias de cobre (Cu)**

En la tabla 35 y figura 22, se observa los resultados de Cobre (Cu) del compost, con los resultados, T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF), con un promedio de 52.33 ppm $\pm$ 2.52, el T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF) con un promedio de 47.33 ppm $\pm$ 1.53, el T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF) con un promedio 51.33 ppm $\pm$ 1.53 y el T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF) con un promedio 116.67 ppm $\pm$ 2.52.

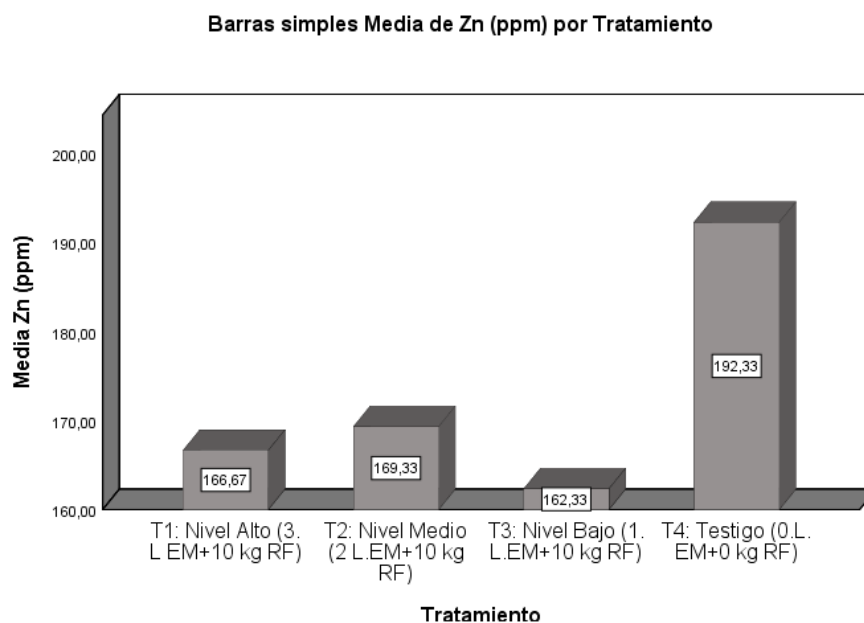
El promedio mayor de Cobre (Cu), en relación a los otros tratamientos, es el tratamiento T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF) con un promedio 116.67 ppm y una variación $\pm$ 2.52.

l) Zinc (Zn)

Se analizó el resultado de zinc (Zn) del compost de residuos sólidos orgánicos, de acuerdo a lo siguiente:

Tabla 36 — Estadísticos descriptivos de Zinc (Zn) del compost

Tratamiento	Zinc (Zn)			
	Media	Máximo	Mínimo	Desviación estándar
T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF)	166.67	175.00	160.00	7.64
T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF)	169.33	172.00	167.00	2.52
T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF)	162.33	164.00	161.00	1.53
T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF)	192.33	194.00	191.00	1.53

**Figura 23 — Barras de medias de Zinc (Zn)**

En la tabla 36 y figura 23, se observa los resultados de Zinc (Zn) del compost, con los resultados, T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF), con un promedio de 166.67 ppm $\pm$ 7.64, el T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF) con un promedio de 169.33 ppm $\pm$ 2.52, el T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF) con un promedio 162.33 ppm $\pm$ 1.53 y el T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF) con un promedio 192.33 ppm $\pm$ 1.53.

El promedio mayor de Zinc (Zn), en relación a los otros tratamientos, es el tratamiento T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF) con un promedio 192.33 ppm y una variación $\pm$ 1.53.

m)Manganeso (Mn)

Se analizó el resultado de manganeso (Mn) del compost de residuos sólidos orgánicos, de acuerdo a lo siguiente:

Tabla 37 — Estadísticos descriptivos de Manganeso (Mn) del compost

Tratamiento	Zinc (Zn)			
	Media	Máximo	Mínimo	Desviación estándar
T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF)	818.33	825.00	810.00	7.64
T2: Nivel Medio (2.L. EM+10 kg RF)	892.33	895.00	890.00	2.52
T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF)	852.67	855.00	850.00	2.52
T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF)	1302.67	1305.00	1301.00	2.08

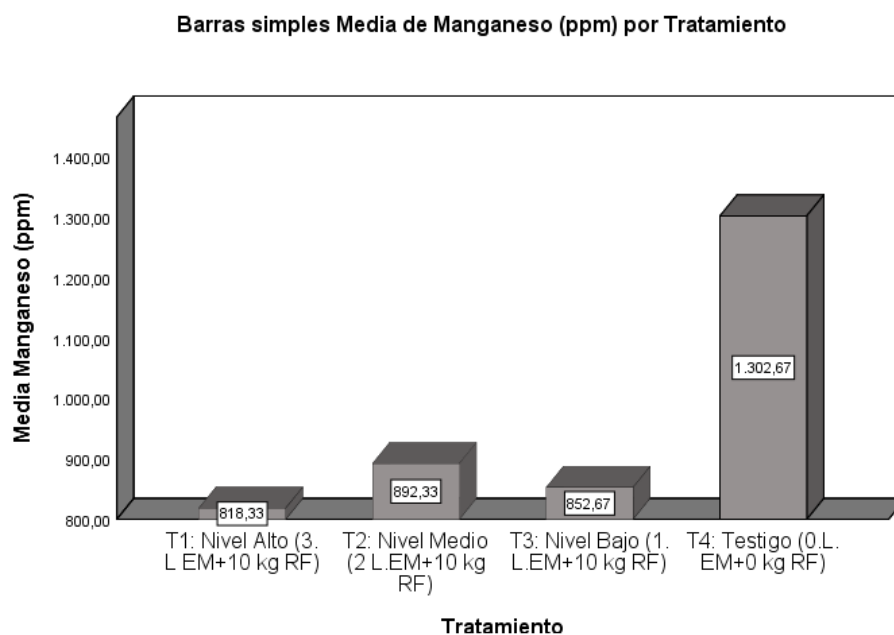


Figura 24 — Barras de medias de Manganeso (Mn)

En la tabla 37 y figura 24, se observa los resultados de Manganeso (Mn) del compost, con los resultados, T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF), con un promedio de 818.33 ppm $\pm$ 7.64, el T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF) con un promedio de 892.33 ppm $\pm$ 2.52, el T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF) con un promedio 852.67 ppm $\pm$ 2.52 y el T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF) con un promedio 1302.67 ppm $\pm$ 2.08

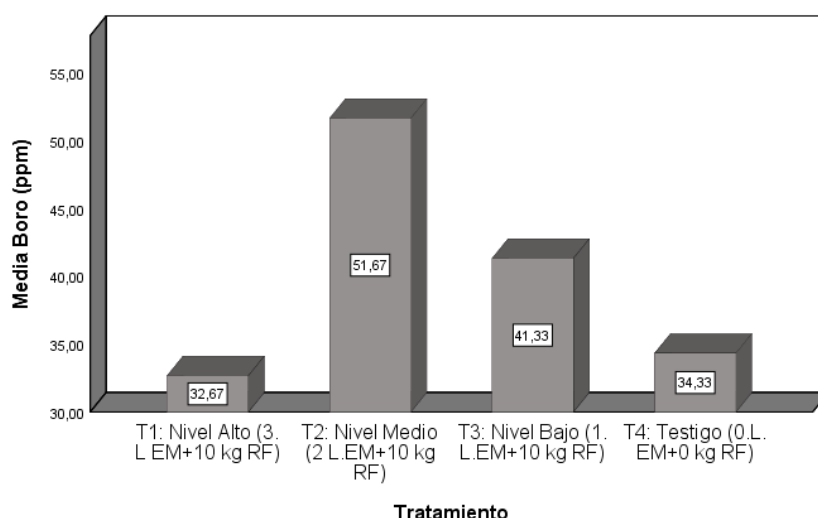
El promedio mayor de Manganeso (Mn), en relación a los otros tratamientos, es el tratamiento T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF) con un promedio 1302.67 ppm y una variación $\pm$ 2.08

n) Boro (B)

Se analizó el resultado de manganeso (Mn) del compost de residuos sólidos orgánicos, de acuerdo a lo siguiente:

Tabla 38 — Estadísticos descriptivos de Boro (B) del compost

Tratamiento	Zinc (Zn)			
	Media	Máximo	Mínimo	Desviación estándar
T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF)	32.67	35.00	30.00	2.52
T2: Nivel Medio (2.L. EM+10 kg RF)	51.67	53.00	50.00	1.53
T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF)	41.33	43.00	40.00	1.53
T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF)	34.33	36.00	33.00	1.53

Barras simples Media de Boro (ppm) por Tratamiento**Figura 25 — Barras de medias de Boro (B)**

En la tabla 38 y figura 25, se observa los resultados de Boro (B) del compost, con los resultados, T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF), con un promedio de 32.67 ppm $\pm$ 5.52, el T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF) con un promedio de 51.67 ppm $\pm$ 1.53, el T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF) con un promedio 41.33 ppm $\pm$ 1.53 y el T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF) con un promedio 34.33 ppm $\pm$ 1.53. El promedio mayor de Boro (B), en relación a los otros tratamientos, es el tratamiento T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF) con un promedio de 51.67 ppm y una variación $\pm$ 1.53

5.1.3. Calidad de los parámetros biológicos

Se realizó la descripción de los resultados, de los parámetros de la calidad biológica del compost de residuos sólidos orgánicos en Chuquibambilla – Grau, en las variables: Coliformes totales (MNP/g), Coliformes fecales (MNP/g), E coli (MNP/g), Mohos levaduras (UFC/g), Actinomicetos (UFC/g), como efecto de los

tratamientos de microorganismos eficientes y la roca fosfórica en los residuos sólidos.

a) Coliformes totales (MNP/g)

Se analizó el resultado del Coliformes totales (MNP/g) del compost de residuos sólidos orgánicos, de acuerdo a lo siguiente:

Tabla 39 — Estadísticos descriptivos coliformes totales (MNP/g) del compost

Tratamiento	Coliformes totales (MNP/g)*			
	Media	Máximo	Mínimo	Desviación estándar
T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF)	10.00	11.00	9.00	1.00
T2: Nivel Medio (2.L. EM+10 kg RF)	11.01	11.02	11.00	0.01
T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF)	11.02	11.03	11.00	0.02
T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF)	3.01	3.02	3.00	0.01

(*) Numero mas probable/ gramo

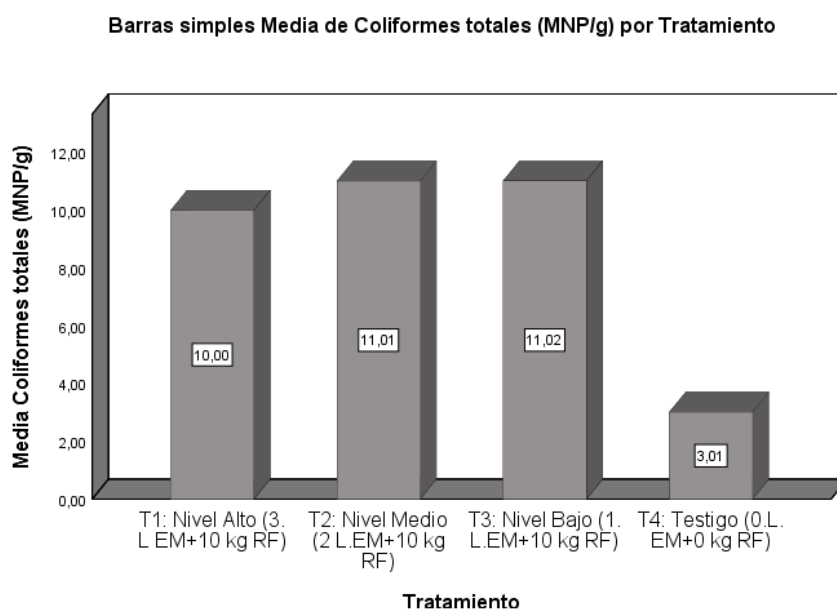


Figura 26 — Barras de medias de Coliformes totales (MNP/g)

En la tabla 39 y figura 26, se observa los resultados de coliformes totales (MNP/g) del compost, con los resultados, T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF), con un promedio de 10.00×10^2 MNP/g ± 1.00 , el T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF) con un promedio de 11.02×10^2 MNP/g ± 0.03 , el T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF) con un promedio 11.02×10^2 MNP/g ± 0.03 y el T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF) con un promedio 3.01×10^2 MNP/g ± 0.01 .

El promedio mayor de coliformes totales (MNP/g), en relación a los otros tratamientos, es el tratamiento T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF) con un promedio 11.02×10^2 MNP/g y una variación ± 0.002

b) Coliformes fecales (MNP/g)

Se analizó el resultado del Coliformes totales (MNP/g) del compost de residuos sólidos orgánicos, de acuerdo a lo siguiente:

Tabla 40 — Estadísticos descriptivos coliformes fecales (MNP/g) del compost

Tratamiento	Coliformes fecales (MNP/g)*			
	Media	Máximo	Mínimo	Desviación estándar
T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF)	93.00	94.00	92.00	1.00
T2: Nivel Medio (2.L. EM+10 kg RF)	93.01	93.02	93.00	0.01
T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF)	22.35	23.00	22.00	0.56
T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF)	3.01	3.02	3.00	0.01

(*) Numero mas probable/ gramo

Barras simples Media de Coliformes fecales (MNP/g) por Tratamiento

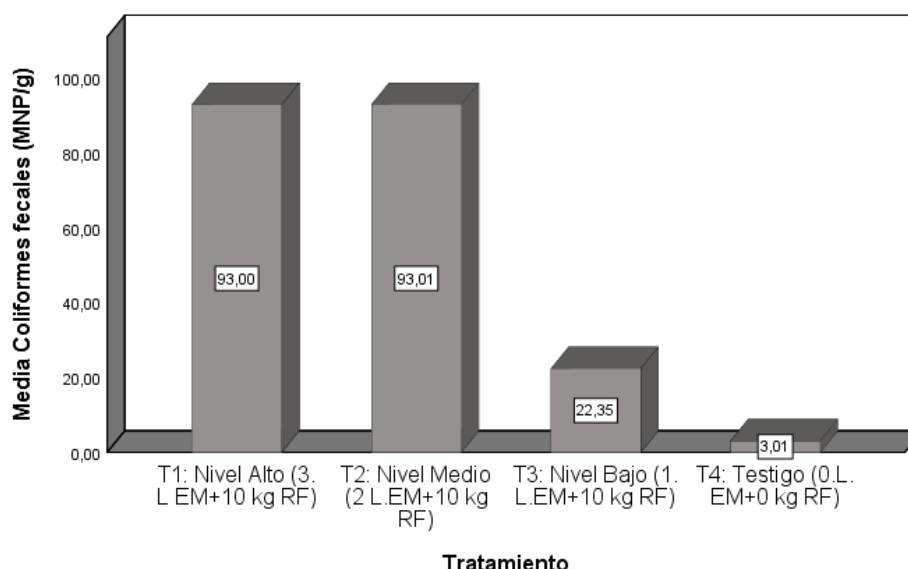


Figura 27 — Barras de medias de Coliformes fecales (MNP/g)

En la tabla 40 y figura 27, se observa los resultados de coliformes totales (MNP/g) del compost, con los resultados, T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF), con un promedio de 93.00×10^2 MNP/g ± 1.00 , el T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF) con un promedio de 93.01×10^2 MNP/g ± 0.01 , el T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF) con un promedio 22.35×10^2 MNP/g ± 0.56 y el T4: Testigo (0.L.

EM+0 kg RF) con un promedio 3.01×10^2 MNP/g ± 0.01 .

El promedio mayor de coliformes totales (MNP/g), en relación a los otros tratamientos, es el tratamiento T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF) con un promedio de 93.01×10^2 y una variación ± 0.01 .

c) E. Coli (MNP/g)

Se analizó el resultado del E. Coli (MNP/g) del compost de residuos sólidos orgánicos, de acuerdo a lo siguiente:

Tabla 41 — Estadísticos descriptivos E. coli (MNP/g) del compost

Tratamiento	Coliformes fecales (MNP/g)*			
	Media	Máximo	Mínimo	Desviación estándar
T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF)	15.00	16.00	14.00	1.00
T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF)	43.33	45.00	42.00	1.53
T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF)	22.17	23.00	21.00	1.04
T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF)	3.01	3.02	3.00	0.01

(*) Numero mas probable/ gramo

Barras simples Media de E coli (MNP/g) por Tratamiento

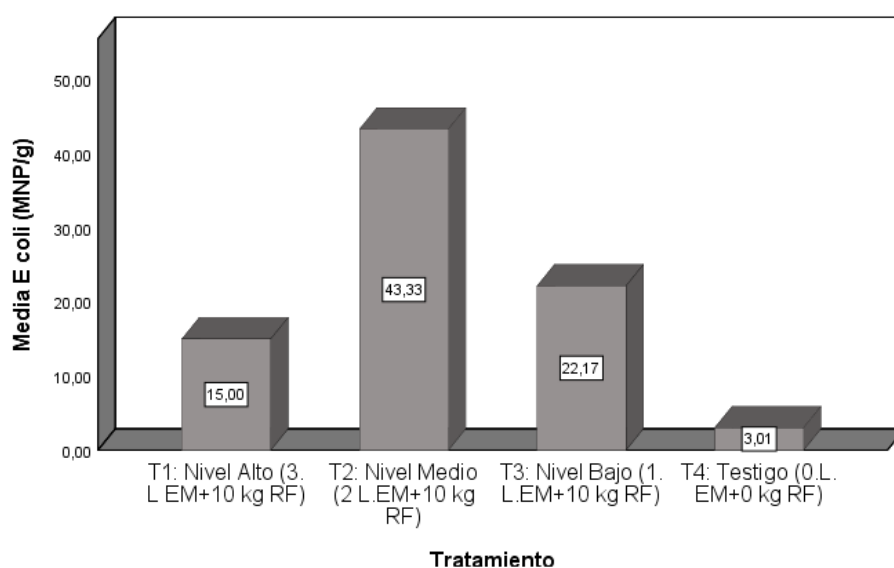


Figura 28 — Barras de medias de E Coli (MNP/g)

En la tabla 41 y figura 28, se observa los resultados de coliformes totales (MNP/g) del compost, con los resultados, T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF), con un promedio de 15.00×10^2 MNP/g ± 1.00 , el T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF) con un promedio de 43.33×10^2 MNP/g ± 1.53 , el T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF) con un promedio 22.17×10^2 MNP/g ± 1.04 y el T4: Testigo (0.L.

EM+0 kg RF) con un promedio 3.01×10^2 MNP/g ± 0.01 .

El promedio mayor de coliformes totales (MNP/g), en relación a los otros tratamientos, es el tratamiento T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF) con un promedio de 43.33×10^2 y una variación ± 1.53 .

d) Mohos levaduras (UFC/g)

Se analizó el resultado de Mohos levaduras (UFC/g) del compost de residuos sólidos orgánicos, de acuerdo a lo siguiente:

Tabla 42 — Estadísticos descriptivos Mohos levaduras (UFC/g) del compost

Tratamiento	Mohos levaduras (UFC/g)*			
	Media	Máximo	Mínimo	Desviación estándar
T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF)	30.00	31.00	29.00	1.00
T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF)	45.35	45.55	45.00	0.30
T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF)	60.02	60.04	60.00	0.02
T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF)	31.68	33.00	30.00	1.53

(*) Unidades formadoras de colonias/ gramo

Barras simples Media de Mohos levaduras (UFC/g) por Tratamiento

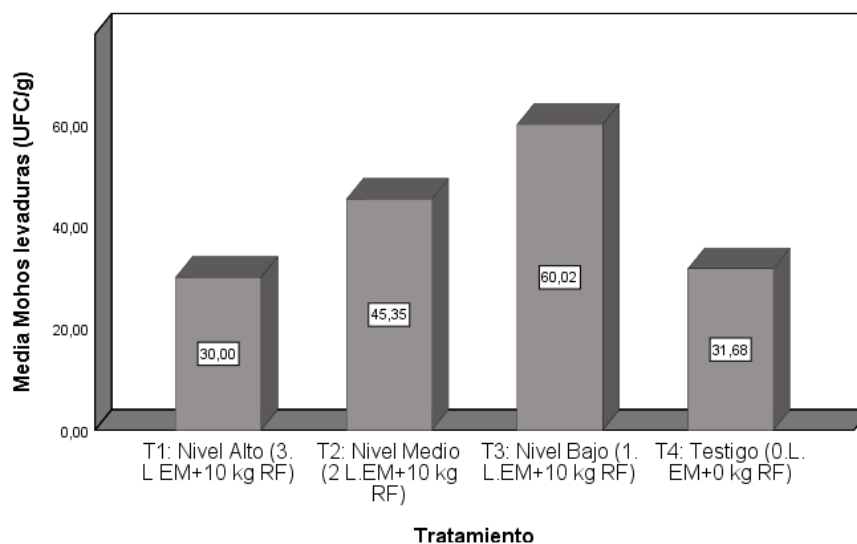


Figura 29 — Barras de medias de Mohos levaduras (UFC/g)

En la tabla 42 y figura 29, se observa los resultados de Mohos levaduras (UFC/g) del compost, con los resultados, T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF), con un promedio de 30.00×10^4 UFC/g ± 1.00 , el T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF) con un promedio de 45.35×10^4 UFC/g ± 0.30 , el T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF) con un promedio 60.02×10^4 UFC/g ± 0.02 y el T4: Testigo (0.L. EM+0 kg

RF) con un promedio 31.68×10^3 UFC/g ± 1.53

El promedio mayor de Mohos y levaduras (UFC/g), en relación a los otros tratamientos, es el tratamiento T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF) con un promedio 60.02×10^4 UFC/g y una variación ± 0.02

e) Actinomicetos (UFC/g)

Se analizó el resultado de Actinomicetos (UFC/g) del compost de residuos sólidos orgánicos, de acuerdo a lo siguiente:

Tabla 43 — Estadísticos descriptivos Actinomicetos (UFC/g) del compost

Tratamiento	Actinomicetos (UFC/g) *			
	Media	Máximo	Mínimo	Desviación estándar
T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF)	18.00	19.00	17.00	1.00
T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF)	27.38	27.65	27.00	0.34
T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF)	28.35	28.55	28.00	0.30
T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF)	13.36	13.58	13.00	0.31

(*) Unidades formadoras de colonias/ gramo

Barras simples Media de Actinomicetos (UFC/g) por Tratamiento

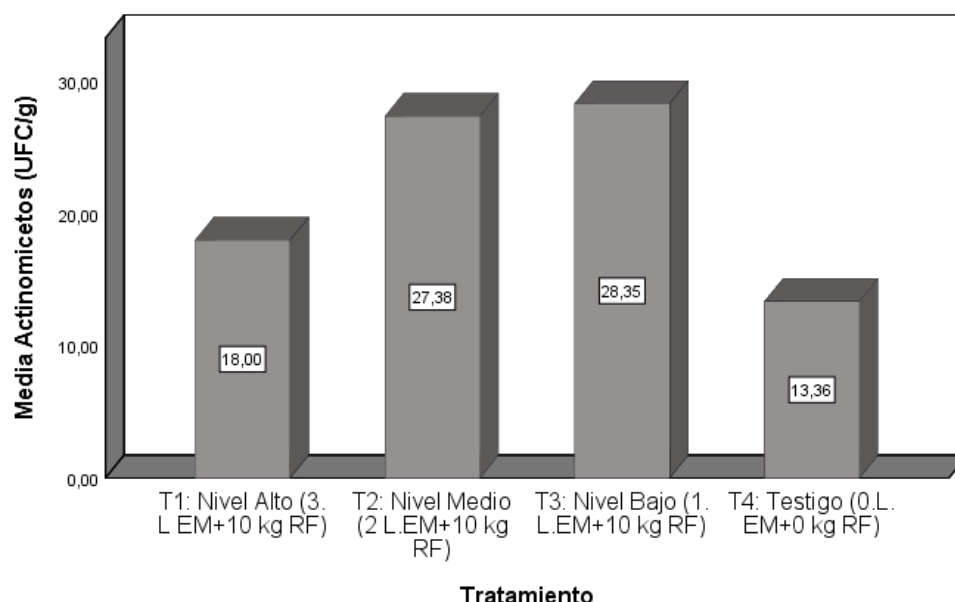


Figura 30 — Barras de medias de Actinomicetos (UFC/g)

En la tabla 43 y figura 30, se observa los resultados de Actinomicetos (UFC/g) del compost, con los resultados, T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF), con un promedio de 18.00×10^4 UFC/g ± 1.00 , el T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF) con un promedio de 27.38×10^4 UFC/g ± 0.34 , el T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg

RF) con un promedio 28.35×10^4 UFC/g ± 0.30 y el T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF) con un promedio 13.36×10^3 UFC/g ± 0.31

El promedio mayor de Mohos y levaduras (UFC/g), en relación a los otros tratamientos, es el tratamiento T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF) con un promedio 28.35×10^4 UFC/g y una variación ± 0.30

5.2 Contrastación de hipótesis

Se realizó el contraste de hipótesis.

5.2.1. Prueba de hipótesis para la calidad de los parámetros físicos del compost

Se formula las hipótesis para realizar la prueba de la calidad de los parámetros físicos del compost de residuos sólidos orgánicos en Chuquibambilla – Grau, en las variables: Humedad (%), Materia Seca (%), Densidad Aparente (gr/cc), Densidad real (gr/cc), Porosidad (%) y Materia orgánica (%), como efecto de los tratamientos de microorganismos eficientes y la roca fosfórica en los residuos sólidos. considerando que se realizó para el modelo, tratamientos y bloques:

Para el modelo.

H0: El modelo general no es lineal de la forma: $Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + e_{ij}$

H1: El modelo general es lineal de la forma: $Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + e_{ij}$

Dónde:

Y_{ij} = es la j ésima parcela dentro del i ésimo tratamiento.

μ = es la media general de la calidad de los parámetros físicos del compost de residuos sólidos orgánicos

T_i = efecto debido al i ésimo tratamiento.

β_j = efecto del j ésimo bloque.

E_{ij} = error experimental asociado al j ésimo bloque del i ésimo tratamiento.

Para los tratamientos.

Hipótesis nula H_0 : $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$

Hipótesis alterna H_1 : $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4$

Donde:

μ_1 = Media de la calidad de los parámetros físicos en el tratamiento 1

μ_2 = Media de la calidad de los parámetros físicos en el tratamiento 2



μ_3 = Media de la calidad de los parámetros físicos en el tratamiento 3

μ_4 = Media de la calidad de los parámetros físicos en el tratamiento testigo o control

Para bloques.

Hipótesis nula $H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3$

Hipótesis alterna $H_1: \beta_1 \neq \beta_2 \neq \beta_3$

Donde:

β_1 = Media de la calidad de los parámetros físicos en el bloque I.

β_2 = Media de la calidad de los parámetros físicos en el bloque II

β_3 = Media de la calidad de los parámetros físicos en el bloque III

Para probar las hipótesis formuladas, del modelo, tratamientos y bloques, se realizó la prueba del análisis de variancia, a un nivel de confianza de 95%, el resultado se muestra a continuación:

a) Prueba de hipótesis para humedad (%) del compost

Se realizó la prueba de hipótesis a través del análisis de variancia

Tabla 44 — Análisis de variancia humedad del compost

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	162,687 ^a	6	27.115	3615.271	0.000
Bloque	0.018	2	0.009	1.213	0.361
Tratamiento	4.546	3	1.515	202.053	0.000
Error	0.045	6	0.008		
Total	162.732	12			

a. R al cuadrado = 1,000 (R al cuadrado ajustada = ,999)

El modelo. En la tabla 44, tenemos que el valor-p es menor al valor que se asume (Sig. = 0.000 < alfa = 0.05), por lo que rechazo la hipótesis nula y acepto la hipótesis alterna, por lo tanto, el modelo general es lineal, y se cumple con el supuesto formulado para el diseño de bloques completos al azar (DBCA). La variable dependiente tiene relación con la variable independiente en un 99.00%, por lo que hay el efecto que se atribuye a la aplicación de los tratamientos (microorganismos eficientes y roca fosfórica).

Los bloques. En la tabla 44, se observa que el valor-p es mayor al nivel de significancia establecida ($\text{Sig.} = 0,361 > \alpha = 0,05$) por lo que acepto la hipótesis nula (H_0) y concluyo que los bloques no tienen influencia sobre calidad de los parámetros físicos – humedad del compost.

Los tratamientos. En la tabla 44, tenemos que el valor-p, es menor al valor del nivel de significancia asumida ($\text{Sig.} = 0,000 < \alpha = 0,05$), rechazo la hipótesis nula y acepto la hipótesis alterna, y considero que hay un efecto atribuido a los microorganismos eficientes y roca fosfórica, en la calidad de los parámetros físicos – humedad del compost de residuos sólidos orgánicos en Chuquibambilla

Para conocer cuál de los tratamientos, T1: Nivel Alto (3. L EM+10 kg RF), T2: Nivel Medio (2.L. EM+10 kg RF), T3: Nivel Bajo (1. L. EM+10 kg RF) y T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF), tiene un efecto mayor sobre calidad de los parámetros físicos – humedad del compost, realice la prueba de Tukey al 95% de probabilidad (comparación de medias), cuyo resultado lo muestro.

Tabla 45 — Prueba de Tukey al 95%, para la humedad del compost

Tratamiento	N	Subconjunto para $\alpha = 0.05$	
		1	2
T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF)	3	3,2000	
T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF)	3	3,2500	
T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF)	3	3,3800	
T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF)	3		4,6900
Sig.		,138	1,000

En la tabla 45, el sub conjunto homogéneo de las medias observadas, me permite concluir que el tratamiento que tiene mayor promedio en la calidad de los parámetros físicos – humedad del compost, es el tratamiento T4: Testigo (0. L. EM+0 kg RF), seguido por T1: Nivel Alto (3. L EM+10 kg RF), T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF), T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF) pertenecen al mismo grupo.

Concluyo que todos los tratamientos están dentro de los parámetros de calidad A, es decir $< 25\%$ de humedad, según la norma técnica chilena NOCh2880 y Bailón-Rojas y Florida-Rofner, 2021.



b) Prueba de hipótesis para materia seca (%) del compost

Se efectuó la prueba de hipótesis a través del análisis de varianza

Tabla 46 — Análisis de varianza materia seca del compost

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	111500,335 ^a	6	18583.389	20334407.584	0.000
Bloque	0.002	2	0.001	0.939	0.442
Tratamiento	4.092	3	1.364	1492.657	0.000
Error	0.005	6	0.001		
Total	111500.340	12			

a. R al cuadrado = 1,000 (R al cuadrado ajustada = 1,000)

El modelo. En la tabla 46, tenemos que el valor-p es menor al valor que se asume ($\text{Sig.} = 0.000 < \alpha = 0.05$), por lo que rechazo la hipótesis nula y acepto la hipótesis alterna, por lo tanto, el modelo general es lineal, y se cumple con el supuesto formulado para el diseño de bloques completos al azar (DBCA). La variable dependiente tiene relación con la variable independiente en un 100.00%, por lo que hay el efecto que se atribuye a la aplicación de los tratamientos (microorganismos eficientes y roca fosfórica).

Los bloques. En la tabla 46, se observa que el valor-p es mayor al nivel de significancia establecida ($\text{Sig.} = 0,442 > \alpha = 0,05$) por lo que acepto la hipótesis nula (H_0) y concluyo que los bloques no tienen influencia sobre calidad de los parámetros físicos – materia seca del compost.

Los tratamientos. En la tabla 46, tenemos que el valor-p, es menor al valor del nivel de significancia asumida ($\text{Sig} = 0,000 < \alpha = 0,05$), rechazo la hipótesis nula y acepto la hipótesis alterna, y considero que hay un efecto atribuido a los microorganismos eficientes y roca fosfórica, en la calidad de los parámetros físicos – materia seca del compost de residuos sólidos orgánicos en Chuquibambilla – Grau.

Para conocer cuál de los tratamientos, T1: Nivel Alto (3. L EM+10 kg RF), T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF), T3: Nivel Bajo (1. L. EM+10 kg RF) y T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF), tiene un efecto mayor sobre calidad de los

parámetros físicos – materia seca del compost, realice la prueba de Tukey al 95% de probabilidad (comparación de medias), cuyos resultados lo muestro.

Tabla 47 — Prueba de Tukey al 95%, para la materia seca del compost

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF)	3	95.3867		
T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF)	3		96.6200	
T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF)	3			96.7667
T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF)	3			96.7933
Sig.		1.000	1.000	0.706

En la tabla 47, el sub conjunto homogéneo de las medias observadas, me permite concluir que el tratamiento que tiene mayor promedio en la calidad de los parámetros físicos – materia seca del compost, es el tratamiento T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF) y T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF) pertenecen al mismo grupo; seguido por el tratamiento T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF) y el tratamiento T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF)

Concluyo que los tratamientos T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF) y T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF) tienen mejor comportamiento en la obtención de materia seca del compost, frente a los otros tratamientos.

c) Prueba de hipótesis para densidad aparente (gr/cc) del compost

Se efectuó la prueba de hipótesis a través del análisis de varianza

Tabla 48 — Análisis de varianza densidad aparente (gr/cc) del compost

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	9, 794a	6	1.632	5935.606	0.000
Bloque	1.667E-05	2	8.333E-06	0.030	0.970
Tratamiento	0.038	3	0.013	45.697	0.000
Error	0.002	6	0.000		
Total	9.795	12			

a. R al cuadrado = 1,000 (R al cuadrado ajustada = 1,000)

El modelo. En la tabla 48, se tiene que el valor-p es menor al valor que se asume (Sig. = 0.000 < alfa = 0.05), por lo que rechazo la hipótesis nula y acepto la hipótesis alterna, por lo tanto, el modelo general es lineal, y se cumple con el

supuesto formulado para el diseño de bloques completos al azar (DBCA). La variable dependiente tiene relación con la variable independiente en un 100.00%, por lo que hay el efecto que se atribuye a la aplicación de los tratamientos (microorganismos eficientes y roca fosfórica).

Los bloques. En la tabla 48, se observa que el valor-p es mayor al nivel de significancia establecida ($\text{Sig.} = 0,970 > \alpha = 0,05$) por lo que acepto la hipótesis nula (H_0) y concluyo que los bloques no tienen influencia sobre calidad de los parámetros físicos – densidad aparente del compost.

Los tratamientos. - En la tabla 48, se tiene que el valor-p, es menor al valor del nivel de significancia asumida ($\text{Sig.} = 0,000 < \alpha = 0,05$), por lo que aceptó la hipótesis nula, y considero que hay un efecto atribuido a los microorganismos eficientes y roca fosfórica, en la calidad de los parámetros físicos – densidad aparente del compost de residuos sólidos orgánicos en Chuquibambilla – Grau.

Para conocer cuál de los tratamientos, T1: Nivel Alto (3. L EM+10 kg RF), T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF), T3: Nivel Bajo (1. L. EM+10 kg RF) y T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF), tiene un efecto mayor sobre calidad de los parámetros físicos – densidad aparente del compost, realice la prueba de Tukey al 95% de probabilidad (comparación de medias), cuyos resultados lo muestro.

Tabla 49 — Prueba de Tukey al 95%, densidad aparente del compost

Tratamiento	N	Subconjunto para $\alpha = 0.05$		
		1	2	3
T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF)	3	0.8200		
T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF)	3		0.8800	
T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF)	3			0.9467
T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF)	3			0.9600
Sig.		1.000	1.000	0.682

En la tabla 49, el sub conjunto homogéneo de las medias observadas, me permite concluir que el tratamiento que tiene mayor promedio en la calidad de los parámetros físicos – densidad aparente del compost, es el tratamiento T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF) y T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF) pertenecen al mismo grupo; seguido por el tratamiento T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF) y el tratamiento T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF)

Concluyo que los tratamientos T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF) y T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF) tienen mejor comportamiento en la obtención de la densidad aparente del compost, frente a los otros tratamientos.

d) Prueba de hipótesis para densidad real (gr/cc), del compost

Realizo la prueba de hipótesis a través del análisis de varianza

Tabla 50 — Análisis de varianza densidad real (gr/cc), del compost

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	111,486a	6	18.581	19908.214	0.000
Bloque	0.001	2	0.000	0.464	0.649
Tratamiento	0.099	3	0.033	35.357	0.000
Error	0.006	6	0.001		
Total	111.492	12			

a. R al cuadrado = 1,000 (R al cuadrado ajustada = 1,000)

El modelo. En la tabla 50, e tiene que el valor-p es menor al valor que se asume (Sig. = 0.000 < alfa = 0.05), por lo que rechazo la hipótesis nula y acepto la hipótesis alterna, por lo tanto, el modelo general es lineal, y se cumple con el supuesto formulado para el diseño de bloques completos al azar (DBCA). La variable dependiente tiene relación con la variable independiente en un 100.00%, por lo que hay el efecto que se atribuye a la aplicación de los tratamientos

Los bloques. En la tabla 50, se observa que el valor-p es mayor al nivel de significancia establecida (Sig. = 0,649 > alfa = 0,05) por lo que acepto la hipótesis nula (H_0) y concluyo que los bloques no tienen influencia sobre calidad de los parámetros físicos – densidad real del compost.

Los tratamientos. En la tabla 50, tenemos que el valor-p, es menor al valor del nivel de significancia asumida (Sig =0,000 < alfa = 0,05), por lo que rechazo la hipótesis nula y aceptó la hipótesis alterna, y considero que hay un efecto atribuido a los microorganismos eficientes y roca fosfórica, en la calidad de los parámetros físicos – densidad real del compost de residuos sólidos orgánicos en Chuquibambilla – Grau.

Para conocer cuál de los tratamientos, T1: Nivel Alto (3. L EM+10 kg RF), T2:

Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF), T3: Nivel Bajo (1. L. EM+10 kg RF) y T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF), tiene un efecto mayor sobre calidad de los parámetros físicos – densidad real del compost, realice la prueba de Tukey al 95% de probabilidad (comparación de medias), cuyos resultados lo muestro.

Tabla 51 — Prueba de Tukey al 95%, densidad real del compost

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF)	3	2,9200		
T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF)	3		3,0400	
T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF)	3		3,0500	
T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF)	3			3,1767
Sig.		1,000	,971	1,000

En la tabla 51, el sub conjunto homogéneo de las medias observadas, me permite concluir que el tratamiento que tiene mayor promedio en la calidad de los parámetros físicos – densidad real del compost, es el tratamiento T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF) pertenecen al mismo grupo; seguido por el tratamiento T1: Nivel Alto (3. L EM+10 kg RF) y y T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF) y finalmente el tratamiento T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF)

Concluyo que el tratamiento T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF) tienen mejor comportamiento en la obtención de la densidad real del compost, frente a los otros tratamientos.

e) Prueba de hipótesis para Porosidad (%), del compost

Se realizó la prueba de hipótesis a través del análisis de varianza

Tabla 52 — Análisis de varianza porosidad (%) del compost

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	60133,167a	6	10022.195	14148980.506	0.000
Bloque	0.001	2	0.001	0.953	0.437
Tratamiento	6.971	3	2.324	3280.518	0.000
Error	0.004	6	0.001		
Total	60133.171	12			

a. R al cuadrado = 1,000 (R al cuadrado ajustada = 1,000)



El modelo. En la tabla 52, tenemos que el valor-p es menor al valor que se asume ($\text{Sig.} = 0.000 < \alpha = 0.05$), por lo que rechazo la hipótesis nula y acepto la hipótesis alterna, por lo tanto, el modelo general es lineal, y se cumple con el supuesto formulado para el diseño de bloques completos al azar (DBCA). La variable dependiente tiene relación con la variable independiente en un 100.00%, por lo que hay el efecto que se atribuye a la aplicación de los tratamientos (microorganismos eficientes y roca fosfórica).

Los bloques. En la tabla 52, se observa que el valor-p es mayor al nivel de significancia establecida ($\text{Sig.} = 0,437 > \alpha = 0,05$) por lo que acepto la hipótesis nula (H_0) y concluyo que los bloques no tienen influencia sobre calidad de los parámetros físicos – porosidad del compost.

Los tratamientos. En la tabla 52, muestra que el valor-p, es menor al valor del nivel de significancia asumida ($\text{Sig} = 0,000 < \alpha = 0,05$), por lo que rechazo la hipótesis nula y aceptó la hipótesis alterna, y considero que hay un efecto atribuido a los microorganismos eficientes y roca fosfórica, en la calidad de los parámetros físicos –porosidad del compost de residuos sólidos orgánicos en Chuquibambilla – Grau.

Para conocer cuál de los tratamientos, T1: Nivel Alto (3. L EM+10 kg RF), T2:Nivel Medio (2 L.EM+10 kg RF), T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF) y T4:Testigo (0.L.EM+0 kg RF), tiene un efecto mayor sobre calidad de los parámetros físicos – porosidad del compost, realice la prueba de Tukey al 95% de probabilidad (comparación de medias), cuyo resultados lo muestro.

Tabla 53 — Prueba de Tukey al 95% porosidad del compost

Tratamiento	N	Subconjunto para $\alpha = 0.05$			
		1	2	3	4
T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF)	3	70,050			
T2: Nivel Medio (2.L.EM+10 kg RF)	3		70,120		
T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF)	3			71,060	
T4: Testigo (0.L.EM+0 kg RF)	3				71,910
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

En la tabla 53, el sub conjunto homogéneo de las medias observadas, me permite concluir que el tratamiento que tiene mayor promedio en la calidad de los

parámetros físicos – porosidad es el tratamiento T4: Testigo (0. L. EM+0 kg RF) es decir tiene mayor efecto, seguido por el tratamiento T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF), el tratamiento T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF) y finalmente el tratamiento T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF)

Concluyo que el tratamiento T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF) tienen mejor comportamiento en la obtención de la porosidad del compost, frente a los otros tratamientos.

f) Prueba de hipótesis para materia orgánica (%), del compost

Se realizó la prueba de hipótesis a través del análisis de varianza

Tabla 54 — Análisis de varianza materia orgánica (%) del compost

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	10529,775a	6	1754.962	2201346.610	0.000
Bloque	0.001	2	0.001	0.638	0.561
Tratamiento	202.093	3	67.364	84499.010	0.000
Error	0.005	6	0.001		
Total	10529.779	12			

a. R al cuadrado = 1,000 (R al cuadrado ajustada = 1,000)

El modelo. En la tabla 54, se tiene que el valor-p es menor al valor que se asume ($\text{Sig.} = 0.000 < \alpha = 0.05$), por lo que rechazo la hipótesis nula y acepto la hipótesis alterna, por lo tanto, el modelo general es lineal, y se cumple con el supuesto formulado para el diseño de bloques completos al azar (DBCA). La variable dependiente tiene relación con la variable independiente en un 100.00%, por lo que hay el efecto que se atribuye a la aplicación de los tratamientos (microorganismos eficientes y roca fosfórica).

Los bloques. En la tabla 54, se observa que el valor-p es mayor al nivel de significancia establecida ($\text{Sig.} = 0,561 > \alpha = 0,05$) por lo que acepto la hipótesis nula (H_0) y concluyo que los bloques no tienen influencia sobre calidad de los parámetros físicos – materia orgánica del compost.

Los tratamientos. En la tabla 54, se muestra que el valor-p, es menor al valor del nivel de significancia asumida ($\text{Sig} = 0,000 < \alpha = 0,05$), por lo que se rechazó la hipótesis nula y aceptó la hipótesis alterna, y considero que hay un efecto atribuido a los microorganismos eficientes y roca fosfórica, en la calidad de los parámetros físicos –materia orgánica del compost de residuos sólidos orgánicos en Chuquibambilla – Grau.

Para conocer cuál de los tratamientos, T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF), T2:Nivel Medio (2 L.EM+10 kg RF), T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF) y T4:Testigo (0.L.EM+0 kg RF), tiene un efecto mayor sobre calidad de los parámetros físicos – materia orgánica del compost, realice la prueba de Tukey al 95% de probabilidad (comparación de medias), cuyo resultados lo muestro.

Tabla 55 — Prueba de Tukey al 95% materia orgánica del compost

Tratamiento	N	Subconjunto para $\alpha = 0.05$			
		1	2	3	4
T2: Nivel Medio (2.L. EM+10 kg RF)	3	25,606			
T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF)	3		25,753		
T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF)	3			30,360	
T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF)	3				35,626
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

En la tabla 55, el sub conjunto homogéneo de las medias observadas, me permite concluir que el tratamiento que tiene mayor promedio en la calidad de los parámetros físicos – materia orgánica es el tratamiento T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF) es decir tiene mayor efecto, seguido por T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF), el tratamiento T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF) y finalmente el tratamiento T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF)

Concluyo que el tratamiento T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF) tienen mejor comportamiento en la obtención de la materia orgánica del compost, frente a los otros tratamientos.

5.2.2. Prueba de hipótesis para la calidad de los parámetros químicos del compost

Se formula las hipótesis para realizar la prueba, de la calidad de los parámetros químicos del compost de residuos sólidos orgánicos en Chuquibambilla – Grau, en las variables: pH, Conductividad eléctrica (dS/m), Nitrógeno (%), Fósforo (%),

Potasio (%), Oxido de calcio (%), Oxido de magnesio (%), Sodio (%), Relación Carbono Nitrógeno, Fierro (ppm), Cobre (ppm), Zn (ppm), Manganeso (ppm) y Boro (ppm), como efecto de los tratamientos de microorganismos eficientes y la roca fosfórica en los residuos sólidos. considerando que se realizó para el modelo, tratamientos y bloques:

Para el modelo.

H0: El modelo general no es lineal de la forma: $Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + e_{ij}$

H1: El modelo general es lineal de la forma: $Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + e_{ij}$

Dónde:

Y_{ij} = es la j ésima parcela dentro del i ésimo tratamiento.

μ = es la media general de la calidad de los parámetros químicos del compost de residuos sólidos orgánicos

T_i = efecto debido al i ésimo tratamiento.

β_j = efecto del j ésimo bloque.

E_{ij} = error experimental asociado al j ésimo bloque del i ésimo tratamiento.

Para los tratamientos.

Hipótesis nula H_0 : $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$

Hipótesis alterna H_1 : $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4$

Donde:

μ_1 = Media de la calidad de los parámetros químicos en el tratamiento 1

μ_2 = Media de la calidad de los parámetros químicos en el tratamiento 2

μ_3 = Media de la calidad de los parámetros químicos en el tratamiento 3

μ_4 = Media de la calidad de los parámetros químicos en el tratamiento testigo

Para bloques.

Hipótesis nula H_0 : $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3$

Hipótesis alterna H_1 : $\beta_1 \neq \beta_2 \neq \beta_3$

Donde:

β_1 = Media de la calidad de los parámetros químicos en el bloque I.

β_2 = Media de la calidad de los parámetros químicos en el bloque II

β_3 = Media de la calidad de los parámetros químicos en el bloque III

Para probar las hipótesis formuladas, del modelo, tratamientos y bloques, realice la prueba del análisis de variancia, a un nivel de confianza de 95%, el resultado se

muestra a continuación:

a) Prueba de hipótesis para pH del compost

Se efectuó la prueba de hipótesis a través del análisis de varianza

Tabla 56 — Análisis de varianza del pH del compost

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	808,050a	6	134.675	221383.548	0.000
Bloque	1.667E-05	2	8.333E-06	0.014	0.986
Tratamiento	1.826	3	0.609	1000.438	0.000
Error	0.004	6	0.001		
Total	808.054	12			

a. R al cuadrado = 1,000 (R al cuadrado ajustada = 1,000)

El modelo. En la tabla 56, tenemos que el valor-p es menor al valor que se asume ($\text{Sig.} = 0.000 < \alpha = 0.05$), por lo que rechazo la hipótesis nula y acepto la hipótesis alterna, por lo tanto, el modelo general es lineal, y se cumple con el supuesto formulado para el diseño de bloques completos al azar (DBCA). La variable dependiente tiene relación con la variable independiente en un 100.00%, por lo que hay el efecto que se atribuye a la aplicación de los tratamientos (microorganismos eficientes y roca fosfórica).

Los bloques. En la tabla 56, se observa que el valor-p es mayor al nivel de significancia establecida ($\text{Sig.} = 0.986 > \alpha = 0.05$) por lo que acepto la hipótesis nula (H_0) y concluyo que los bloques no tienen influencia sobre calidad de los parámetros químicos – pH del compost.

Los tratamientos. En la tabla 56, se muestra que el valor-p, es menor al valor del nivel de significancia asumida ($\text{Sig.} = 0.000 < \alpha = 0.05$), por lo que se rechazó la hipótesis nula y aceptó la hipótesis alterna, y considero que hay un efecto atribuido a los microorganismos eficientes y roca fosfórica, en la calidad de los parámetros químicos – pH del compost de residuos sólidos orgánicos en Chuquibambilla – Grau.

Para conocer cuál de los tratamientos, T1: Nivel Alto (3 L. EM+10 kg RF), T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF), T3: Nivel Bajo (1 L. EM+10 kg RF) y T4: Testigo (0 L. EM+0 kg RF), tiene un efecto mayor sobre calidad de los

parámetros químicos – pH del compost, realice la prueba de Tukey al 95% de probabilidad (comparación de medias), cuyo resultado lo muestro.

Tabla 57 — Prueba de Tukey al 95% pH del compost

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF)	3	7,9300		
T3: Nivel Bajo (1.L. EM+10 kg RF)	3	7,9667	7,9667	
T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF)	3		8,0200	
T4: Testigo (0.L. EM+0 kg RF)	3			8,8700
Sig.		,232	,062	1,000

En la tabla 57, el sub conjunto homogéneo de las medias observadas, me permite concluir que el tratamiento que tiene mayor promedio en la calidad de los parámetros químicos – pH del compost, es el tratamiento T4: Testigo (0 L. EM+0 kg RF), seguido por los tratamientos T1: Nivel Alto (3 L. EM+10 kg RF) y tratamiento T3: Nivel Bajo (1 L. EM+10 kg RF) y finalmente el tratamiento T2:Nivel Medio (2 L.EM+10 kg RF).

Concluyo que los tratamientos T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF) y el tratamiento T2:Nivel Medio (2 L.EM+10 kg RF), se acercan a los parámetros de calidad B, es decir < 5 y > 7.5 de pH, según la norma técnica chilena NOCh2880 y Bailón-Rojas y Florida-Rofner, 2021, podemos decir que estos tratamientos se comportan mejor que los otros tratamientos.

b) Prueba de hipótesis conductividad eléctrica (dS/m) del compost

Se efectuó la prueba de hipótesis a través del análisis de varianza

Tabla 58 — Análisis de varianza conductividad eléctrica (dS/m) del compost

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	3201,455 ^a	6	533.576	1422868.822	0.000
Bloque	0.002	2	0.001	2.867	0.134
Tratamiento	80.298	3	26.766	71375.667	0.000
Error	0.002	6	0.000		
Total	3201.457	12			

a. R al cuadrado = 1,000 (R al cuadrado ajustada = 1,000)

El modelo. En la tabla 58, se tiene que el valor-p es menor al valor que se asume ($\text{Sig.} = 0.000 < \alpha = 0.05$), por lo que rechazo la hipótesis nula y acepto la hipótesis alterna, por lo tanto, el modelo general es lineal, y se cumple con el supuesto formulado para el diseño de bloques completos al azar (DBCA). La variable dependiente tiene relación con la variable independiente en un 100.00%, por lo que hay el efecto que se atribuye a la aplicación de los tratamientos (microorganismos eficientes y roca fosfórica).

Los bloques. En la tabla 58, se observa que el valor-p es mayor al nivel de significancia establecida ($\text{Sig.} = 0,134 > \alpha = 0,05$) por lo que acepto la hipótesis nula (H_0) y concluyo que los bloques no tienen influencia sobre calidad de los parámetros químicos – conductividad eléctrica (dS/m).

Los tratamientos. En la tabla 58, se evidencia que el valor-p, es menor al valor del nivel de significancia asumida ($\text{Sig.} = 0,000 > \alpha = 0,05$), por lo que aceptó la hipótesis nula, y considero que hay un efecto atribuido a los microorganismos eficientes y roca fosfórica, en la calidad de los parámetros químicos - conductividad eléctrica (dS/m) del compost de residuos sólidos orgánicos en Chuquibambilla – Grau.

Para conocer cuál de los tratamientos, T1: Nivel Alto (3.L.EM+10 kg RF), T2:Nivel Medio (2.L.EM+10 kg RF), T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF) y T4:Testigo (0.L.EM+0 kg RF), tiene un efecto mayor sobre calidad de los parámetros químicos – conductividad eléctrica (dS/m) del compost, realice la prueba de Tukey al 95% de probabilidad (comparación de medias), cuyo resultados lo muestro.

Tabla 59 — Prueba de Tukey al 95% conductividad eléctrica (dS/m) del compost

Tratamiento	N	Subconjunto para $\alpha = 0.05$			
		1	2	3	4
T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF)	3	14,393			
T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF)	3		14,703		
T2: Nivel Medio (2 L.EM+10 kg RF)	3			14,813	
T4: Testigo (0.L.EM+0 kg RF)	3				20,600
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

En la tabla 59, el sub conjunto homogéneo de las medias observadas, me permite concluir que el tratamiento que tiene mayor promedio en la calidad de los parámetros químicos – Conductividad eléctrica del compost, es el tratamiento T4:Testigo (0.L.EM+0 kg RF), seguido por los tratamientos T2:Nivel Medio (2 L.EM+10 kg RF), el tratamiento T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF) y finalmente el tratamiento T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF).

Concluyo que el tratamiento T2:Nivel Medio (2 L.EM+10 kg RF), tratamiento T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF) y el tratamiento T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF), se acercan a los parámetros de calidad B, es decir ≤ 8 dS/m según la norma técnica chilena NOCh2880 y Soriano, 2016. Podemos decir que estos tratamientos se comportan mejor que el tratamiento testigo.

c) Prueba de hipótesis para nitrógeno (%) del compost

Se efectuó la prueba de hipótesis a través del análisis de varianza

Tabla 60 — Análisis de varianza nitrógeno (%) del compost

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	34,156 ^a	6	5.693	16527.210	0.000
Bloque	0.003	2	0.001	4.161	0.074
Tratamiento	1.845	3	0.615	1785.831	0.000
Error	0.002	6	0.000		
Total	34.158	12			

a. R al cuadrado = 1,000 (R al cuadrado ajustada = 1,000)

El modelo. En la tabla 60, tenemos que el valor-p es menor al valor que se asume (Sig. = 0.000 < alfa = 0.05), por lo que rechazo la hipótesis nula y acepto la hipótesis alterna, por lo tanto, el modelo general es lineal, y se cumple con el supuesto formulado para el diseño de bloques completos al azar (DBCA). La variable dependiente tiene relación con la variable independiente en un 100.00%, por lo que hay el efecto que se atribuye a la aplicación de los tratamientos (microorganismos eficientes y roca fosfórica).

Los bloques. En la tabla 60, se observa que el valor-p es mayor al nivel de significancia establecida (Sig. = 0,074 > alfa = 0,05) por lo que acepto la

hipótesis nula (H_0) y concluyo que los bloques no tienen influencia sobre calidad de los parámetros químicos – nitrógeno (%).

Los tratamientos. En la tabla 60, se muestra que el valor-p, es menor al valor del nivel de significancia asumida ($\text{Sig} = 0,000 < \alpha = 0,05$), por lo que rechazo la hipótesis nula y aceptó la hipótesis alterna, y considero que hay un efecto atribuido a los microorganismos eficientes y roca fosfórica, en la calidad de los parámetros químicos -nitrógeno (%) del compost de residuos sólidos orgánicos en Chuquibambilla – Grau.

Para conocer cuál de los tratamientos, T1: Nivel Alto (3.L.EM+10 kg RF), T2:Nivel Medio (2 L.EM+10 kg RF), T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF) y T4:Testigo (0.L.EM+0 kg RF), tiene un efecto mayor sobre calidad de los parámetros químicos – nitrógeno (%) del compost, realice la prueba de Tukey al 95% de probabilidad (comparación de medias), cuyo resultados lo muestro.

Tabla 61 — Prueba de Tukey al 95% nitrógeno (%) del compost

Tratamiento	N	Subconjunto para $\alpha = 0.05$		
		1	2	3
T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF)	3	1.3267		
T2: Nivel Medio (2 L.EM+10 kg RF)	3	1.3900		
T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF)	3		1.5400	
T4: Testigo (0.L.EM+0 kg RF)	3			2.3067
Sig.		0.056	1.000	1.000

En la tabla 61, el sub conjunto homogéneo de las medias observadas, me permite concluir que el tratamiento que tiene mayor promedio en la calidad de los parámetros químicos – nitrógeno del compost, es el tratamiento T4:Testigo (0.L.EM+0 kg RF), seguido por el tratamiento T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF) y finalmente el tratamiento T2:Nivel Medio (2 L.EM+10 kg RF) y el tratamiento T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF)

Concluyo que el tratamiento T4: Testigo (0.L.EM+0 kg RF) presenta un mayor valor; todos los tratamientos está por encima del valor $>0.8\%$ es decir pertenecen a los parámetros de calidad B, según la norma técnica chilena NOCh2880 y

Bailón-Rojas y Florida-Rofner, 2021.

d) Prueba de hipótesis para Fosforo (%) del compost

Se efectuó la prueba de hipótesis a través del análisis de varianza

Tabla 62 — Análisis de varianza Fosforo (%) del compost

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	199,370 ^a	6	33.228	155353.571	0.000
Bloque	0.003	2	0.001	6.818	0.059
Tratamiento	12.058	3	4.019	18792.455	0.000
Error	0.001	6	0.000		
Total	199.372	12			

a. R al cuadrado = 1,000 (R al cuadrado ajustada = 1,000)

El modelo. En la tabla 62, se tiene que el valor-p es menor al valor que se asume ($\text{Sig.} = 0.000 < \alpha = 0.05$), por lo que rechazo la hipótesis nula y acepto la hipótesis alterna, por lo tanto, el modelo general es lineal, y se cumple con el supuesto formulado para el diseño de bloques completos al azar (DBCA). La variable dependiente tiene relación con la variable independiente en un 100.00%, por lo que hay el efecto que se atribuye a la aplicación de los tratamientos (microorganismos eficientes y roca fosfórica).

Los bloques. En la tabla 62, se observa que el valor-p es mayor al nivel de significancia establecida ($\text{Sig.} = 0,059 > \alpha = 0,05$) por lo que acepto la hipótesis nula (H_0) y concluyo que los bloques no tienen influencia sobre calidad de los parámetros químicos – fosforo (%).

Los tratamientos. En la tabla 62, tenemos que el valor-p, es menor al valor del nivel de significancia asumida ($\text{Sig} = 0,000 > \alpha = 0,05$), por lo que aceptó la hipótesis nula, y considero que hay un efecto atribuido a los microorganismos eficientes y roca fosfórica, en la calidad de los parámetros químicos -nitrógeno (%) del compost de residuos sólidos orgánicos en Chuquibambilla – Grau.

Para conocer cuál de los tratamientos, T1: Nivel Alto (3.L.EM+10 kg RF), T2:Nivel Medio (2 L.EM+10 kg RF), T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF) y

T4:Testigo (0.L.EM+0 kg RF), tiene un efecto mayor sobre calidad de los parámetros químicos – fosforo (%) del compost, realice la prueba de Tukey al 95% de probabilidad (comparación de medias), cuyo resultados lo muestro.

Tabla 63 — Prueba de Tukey al 95% fosforo (%) del compost

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	
T4: Testigo (0.L.EM+0 kg RF)	3	2.2300			
T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF)	3		4.3667		
T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF)	3			4.4733	
T2: Nivel Medio (2 L.EM+10 kg RF)	3				4.7333
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

En la tabla 63, el sub conjunto homogéneo de las medias observadas, me permite concluir que el tratamiento que tiene mayor promedio en la calidad de los parámetros químicos – fosforo del compost, es el tratamiento T2:Nivel Medio (2 L.EM+10 kg RF), seguido por el tratamiento T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF) y el tratamiento T2:Nivel Medio (2 L.EM+10 kg RF) y finalmente el tratamiento y el tratamiento T4: Testigo (0.L.EM+0 kg RF)

Concluyo que el tratamiento T2:Nivel Medio (2 L.EM+10 kg RF), presenta un mayor valor; es decir es el que se comporta mejor frente a los otros tratamientos, asimismo los valores están por debajo del valor <5% es decir pertenecen a los parámetros de calidad A, según la norma técnica chilena NOCh2880 y Bailón-Rojas y Florida-Rofner, 2021.

e) Prueba de hipótesis Potasio (%) del compost

Se desarrollo la prueba de hipótesis a través del análisis de varianza

Tabla 64 — Análisis de varianza Potasio (%) del compost

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	81,330 ^a	6	13.555	32104.132	0.000
Bloque	0.000	2	0.000	0.316	0.741
Tratamiento	7.327	3	2.442	5784.368	0.000
Error	0.003	6	0.000		
Total	81.333	12			

a. R al cuadrado = 1,000 (R al cuadrado ajustada = 1,000)



El modelo. En la tabla 64, se muestra que el valor-p es menor al valor que se asume ($\text{Sig.} = 0.000 < \alpha = 0.05$), por lo que rechazo la hipótesis nula y acepto la hipótesis alterna, por lo tanto, el modelo general es lineal, y se cumple con el supuesto formulado para el diseño de bloques completos al azar (DBCA). La variable dependiente tiene relación con la variable independiente en un 100.00%, por lo que hay el efecto que se atribuye a la aplicación de los tratamientos (microorganismos eficientes y roca fosfórica).

Los bloques. En la tabla 64, se observa que el valor-p es mayor al nivel de significancia establecida ($\text{Sig.} = 0,741 > \alpha = 0,05$) por lo que acepto la hipótesis nula (H_0) y concluyo que los bloques no tienen influencia sobre calidad de los parámetros químicos – potasio (%).

Los tratamientos. En la tabla 64, se muestra que el valor-p, es menor al valor del nivel de significancia asumida ($\text{Sig} = 0,000 < \alpha = 0,05$), por lo que rechazo la hipótesis nula y aceptó la hipótesis alterna, y considero que hay un efecto atribuido a los microorganismos eficientes y roca fosfórica, en la calidad de los parámetros químicos -nitrógeno (%) del compost de residuos sólidos orgánicos en Chuquibambilla – Grau.

Para conocer cuál de los tratamientos, T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF), T2:Nivel Medio (2 L.EM+10 kg RF), T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF) y T4:Testigo (0.L.EM+0 kg RF), tiene un efecto mayor sobre calidad de los parámetros químicos – fosforo (%) del compost, realice la prueba de Tukey al 95% de probabilidad (comparación de medias), cuyo resultados lo muestro.

Tabla 65 — Prueba de Tukey al 95% potasio (%) del compost

Tratamiento	N	Subconjunto para $\alpha = 0.05$	
		1	2
T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF)	3	2.0200	
T2: Nivel Medio (2.L.EM+10 kg RF)	3	2.0333	
T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF)	3	2.0433	
T4: Testigo (0.L.EM+0 kg RF)	3		3.8367
Sig.		0.466	1.000

En la tabla 65, el sub conjunto homogéneo de las medias observadas, me permite concluir que el tratamiento que tiene mayor promedio en la calidad de los parámetros químicos – potasio del compost, es el tratamiento T4: Testigo (0.L.EM+0 kg RF) seguido por los tratamientos T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF); T2:Nivel Medio (2 L.EM+10 kg RF) y el T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF)

Concluyo que el tratamiento T4: Testigo (0.L.EM+0 kg RF), presenta un mayor valor; es decir es el que se comporta mejor frente a los otros tratamientos, asimismo los valores están por encima del valor $>1\%$ es decir pertenecen a los parámetros de calidad A, según la norma técnica chilena NOCh2880 y Bailón-Rojas y Florida-Rofner, 2021.

f) Prueba de hipótesis Oxido de calcio (%) del compost

Se desarrollo la prueba de hipótesis a través del análisis de varianza

Tabla 66 — Análisis de varianza Oxido de calcio (%) del compost

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	1210,037 ^a	6	201.673	610102.445	0.000
Bloque	0.001	2	0.001	1.538	0.289
Tratamiento	7.834	3	2.611	7900.328	0.000
Error	0.002	6	0.000		
Total	1210.039	12			

a. R al cuadrado = 1,000 (R al cuadrado ajustada = 1,000)

El modelo. En la tabla 66, se muestra que el valor-p es menor al valor que se asume ($\text{Sig.} = 0.000 < \alpha = 0.05$), por lo que rechazo la hipótesis nula y acepto la hipótesis alterna, por lo tanto, el modelo general es lineal, y se cumple con el supuesto formulado para el diseño de bloques completos al azar (DBCA). La variable dependiente tiene relación con la variable independiente en un 100.00%, por lo que hay el efecto que se atribuye a la aplicación de los tratamientos.

Los bloques. En la tabla 66, se observa que el valor-p es mayor al nivel de significancia establecida ($\text{Sig.} = 0,289 > \alpha = 0,05$) por lo que acepto la hipótesis nula (H_0) y concluyo que los bloques no tienen influencia sobre calidad de los parámetros químicos – oxido de calcio (%).

Los tratamientos. En la tabla 66, se evidencia que el valor-p, es menor al valor del nivel de significancia asumida ($\text{Sig} = 0,000 < \alpha = 0,05$), por lo que se rechazó la hipótesis nula y aceptó la hipótesis alterna, y considero que hay un efecto atribuido a los microorganismos eficientes y roca fosfórica, en la calidad de los parámetros químicos – oxido de calcio (%) del compost de residuos sólidos orgánicos en Chuquibambilla – Grau.

Para conocer cuál de los tratamientos, T1: Nivel Alto (3.L.EM+10 kg RF), T2:Nivel Medio (2.L.EM+10 kg RF), T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF) y T4:Testigo (0.L.EM+0 kg RF), tiene un efecto mayor sobre calidad de los parámetros químicos – oxido de calcio (%) del compost, realice la prueba de Tukey al 95% de probabilidad (comparación de medias), cuyo resultados lo muestro.

Tabla 67 — Prueba de Tukey al 95% oxido de calcio (%) del compost

Tratamiento	N	Subconjunto para $\alpha = 0.05$			
		1	2	3	4
T4: Testigo (0.L.EM+0 kg RF)	3	9.173			
T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF)	3		9.450		
T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF)	3			10.146	
T2: Nivel Medio (2 L.EM+10 kg RF)	3				11.266
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

En la tabla 67, el sub conjunto homogéneo de las medias observadas, me permite concluir que el tratamiento que tiene mayor promedio en la calidad de los parámetros químicos – oxido de calcio del compost, es el tratamiento T2:Nivel Medio (2.L.EM+10 kg RF), seguido por el tratamiento T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF), T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF) y finalmente el T4: Testigo (0.L.EM+0 kg RF)

Concluyo que el tratamiento T2:Nivel Medio (2.L.EM+10 kg RF), presenta un mayor valor; es decir es el que se comporta mejor frente a los otros tratamientos, asimismo los valores están por encima del valor $>1\%$ es decir pertenecen a los parámetros de calidad A, según la norma técnica chilena NOCh2880 y Bailón-Rojas y Florida-Rofner, 2021.



g) Prueba de hipótesis óxido de magnesio (%) del compost

Se realizó la prueba de hipótesis a través del análisis de varianza

Tabla 68 — Análisis de varianza óxido de magnesio (%) del compost

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	18,154 ^a	6	3.026	51867.571	0.000
Bloque	0.001	2	0.001	11.286	0.069
Tratamiento	0.047	3	0.016	266.857	0.000
Error	0.000	6	5.833E-05		
Total	18.154	12			

a. R al cuadrado = 1,000 (R al cuadrado ajustada = 1,000)

El modelo. En la tabla 68, se muestra que el valor-p es menor al valor que se asume ($\text{Sig.} = 0.000 < \alpha = 0.05$), por lo que rechazo la hipótesis nula y acepto la hipótesis alterna, por lo tanto, el modelo general es lineal, y se cumple con el supuesto formulado para el diseño de bloques completos al azar (DBCA). La variable dependiente tiene relación con la variable independiente en un 100.00%, por lo que hay el efecto que se atribuye a la aplicación de los tratamientos (microorganismos eficientes y roca fosfórica).

Los bloques. En la tabla 68, se observa que el valor-p es mayor al nivel de significancia establecida ($\text{Sig.} = 0,069 > \alpha = 0,05$) por lo que acepto la hipótesis nula (H_0) y concluyo que los bloques no tienen influencia sobre calidad de los parámetros químicos – MgO (%).

Los tratamientos. En la tabla 68, se tiene que el valor-p, es menor al valor del nivel de significancia asumida ($\text{Sig} = 0,000 < \alpha = 0,05$), por lo que se rechazó la hipótesis nula y aceptó la hipótesis alterna, y considero que hay un efecto atribuido a los microorganismos eficientes y roca fosfórica, en la calidad de los parámetros químicos – óxido de magnesio (%) del compost de residuos sólidos orgánicos en Chuquibambilla – Grau.

Para conocer cuál de los tratamientos, T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF), T2:Nivel Medio (2 L.EM+10 kg RF), T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF) y T4:Testigo (0.L.EM+0 kg RF), tiene efecto mayor sobre calidad de los parámetros químicos – MgO (%) del compost, realice la prueba de Tukey al 95%

de probabilidad (comparación de medias), cuyo resultado lo muestro.

Tabla 69 — Prueba de Tukey al 95% oxido de magnesio del compost

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
T1: Nivel Alto (3.L.EM+10 kg RF)	3	1.1300		
T2: Nivel Medio (2.L.EM+10 kg RF)	3		1.2200	
T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF)	3			1.2733
T4: Testigo (0.L.EM+0 kg RF)	3			1.2900
Sig.		1.000	1.000	0.525

En la tabla 69, el sub conjunto homogéneo de las medias observadas, me permite concluir que el tratamiento que tiene mayor promedio en la calidad de los parámetros químicos – oxido de magnesio del compost, es el tratamiento T4: Testigo (0.L.EM+0 kg RF) y el tratamiento T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF), seguido por el tratamiento T2:Nivel Medio (2.L.EM+10 kg RF) y finalmente el tratamiento, T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF).

Concluyo que el tratamiento T4: Testigo (0.L.EM+0 kg RF) y tratamiento T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF), presenta un mayor valor; es decir se comportan mejor frente a los otros tratamientos, asimismo los valores están por encima del valor >1% es decir pertenecen a los parámetros de calidad A, según la norma técnica chilena NOCh2880 y Bailón-Rojas y Florida-Rofner, 2021.

h) Prueba de hipótesis oxido de sodio (%) del compost

Se realizó la prueba de hipótesis a través del análisis de varianza

Tabla 70 — Análisis de varianza oxido de sodio (%) del compost

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	5,537 ^a	6	0.923	2657.768	0.000
Bloque	0.001	2	0.000	0.936	0.443
Tratamiento	0.028	3	0.009	27.160	0.001
Error	0.002	6	0.000		
Total	5.539	12			

a. R al cuadrado = 1,000 (R al cuadrado ajustada = 1,000)

El modelo. En la tabla 70, se evidencia que el valor-p es menor al valor que se

asume ($\text{Sig.} = 0.000 < \alpha = 0.05$), por lo que rechazo la hipótesis nula y acepto la hipótesis alterna, por lo tanto, el modelo general es lineal, y se cumple con el supuesto formulado para el diseño de bloques completos al azar (DBCA). La variable dependiente tiene relación con la variable independiente en un 100.00%, por lo que hay el efecto que se atribuye a la aplicación de los tratamientos (microorganismos eficientes y roca fosfórica).

Los bloques. En la tabla 70, se observa que el valor-p es mayor al nivel de significancia establecida ($\text{Sig.} = 0,443 > \alpha = 0,05$) por lo que acepto la hipótesis nula (H_0) y concluyo que los bloques no tienen influencia sobre calidad de los parámetros químicos – sodio (%).

Los tratamientos. En la tabla 70, se evidencia que el valor-p, es menor al valor del nivel de significancia asumida ($\text{Sig} = 0,000 < \alpha = 0,05$), por lo que se rechazó la hipótesis nula y aceptó la hipótesis alterna, y considero que hay un efecto atribuido a los microorganismos eficientes y roca fosfórica, en la calidad de los parámetros químicos – sodio (%) del compost de residuos sólidos orgánicos en Chuquibambilla – Grau.

Para conocer cuál de los tratamientos, T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF), T2:Nivel Medio (2.L.EM+10 kg RF), T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF) y T4:Testigo (0.L.EM+0 kg RF), tiene un efecto mayor sobre calidad de los parámetros químicos – sodio (%) del compost, realice la prueba de Tukey al 95% de probabilidad (comparación de medias), cuyo resultados lo muestro.

Tabla 71 — Prueba de Tukey al 95% oxido de sodio (%) del compost

Tratamientos	N	Subconjunto para $\alpha = 0.05$	
		1	2
T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF)	3	0.6367	
T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF)	3	0.6500	
T2: Nivel Medio (2.L.EM+10 kg RF)	3	0.6633	
T4: Testigo (0.L.EM+0 kg RF)	3		0.7600
Sig.		0.354	1.000

En la tabla 71, el sub conjunto homogéneo de las medias observadas, me permite concluir que el tratamiento que tiene mayor promedio en la calidad de los parámetros químicos – sodio del compost, es el tratamiento T4: Testigo (0.L.EM+0 kg RF), seguido por el tratamiento T2:Nivel Medio (2.L.EM+10 kg RF), tratamiento, T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF) y tratamiento T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF)

Concluyo que el tratamiento T4: Testigo (0.L.EM+0 kg RF), presenta un mayor valor; es decir se comportan mejor frente a los otros tratamientos, asimismo los valores están por debajo del valor $<1\%$ es decir todos los tratamientos pertenecen a los parámetros de calidad A, según la norma técnica chilena NOCh2880 y Bailón-Rojas y Florida-Rofner, 2021.

i) Prueba de hipótesis Relación Carbono Nitrógeno del compost

Se desarrolló la prueba de hipótesis a través del análisis de varianza

Tabla 72 — Análisis de varianza relación Carbono Nitrógeno del compost

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	1397,642 ^a	6	232.940	271386.806	0.000
Bloque	0.007	2	0.003	3.913	0.082
Tratamiento	14.323	3	4.774	5562.408	0.000
Error	0.005	6	0.001		
Total	1397.647	12			

a. R al cuadrado = 1,000 (R al cuadrado ajustada = 1,000)

El modelo. En la tabla 72, se evidencia que el valor-p es menor al valor que se asume (Sig. = 0.000 < alfa = 0.05), por lo que rechazo la hipótesis nula y acepto la hipótesis alterna, por lo tanto, el modelo general es lineal, y se cumple con el supuesto formulado para el diseño de bloques completos al azar (DBCA). La variable dependiente tiene relación con la variable independiente en un 100.00%, por lo que hay el efecto que se atribuye a la aplicación de los tratamientos (microorganismos eficientes y roca fosfórica).

Los bloques. En la tabla 72, se observa que el valor-p es mayor al nivel de significancia establecida (Sig. = 0,082 > alfa = 0,05) por lo que acepto la

hipótesis nula (H_0) y concluyo que los bloques no tienen influencia sobre calidad de los parámetros químicos – Relación Carbono Nitrógeno

Los tratamientos. En la tabla 72, se tiene que el valor-p, es menor al valor del nivel de significancia asumida ($\text{Sig} = 0,000 < \alpha = 0,05$), por lo que se rechazó la hipótesis nula y aceptó la hipótesis alterna, y considero que hay un efecto atribuido a los microorganismos eficientes y roca fosfórica, en la calidad de los parámetros químicos – Relación Carbono Nitrógeno del compost de residuos sólidos orgánicos en Chuquibambilla – Grau.

Para conocer cuál de los tratamientos, T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF), T2:Nivel Medio (2.L.EM+10 kg RF), T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF) y T4:Testigo (0.L.EM+0 kg RF), tiene un efecto mayor sobre calidad de los parámetros químicos – Relación Carbono Nitrógeno del compost, realice la prueba de Tukey al 95% de probabilidad (comparación de medias), cuyo resultados lo muestro.

Tabla 73 — Prueba de Tukey al 95% relación carbono nitrógeno del compost

Tratamientos	N	Subconjunto para $\alpha = 0.05$			
		1	2	3	4
T4: Testigo (0.L.EM+0 kg RF)	3	8.976			
T2: Nivel Medio (2 L.EM+10 kg RF)	3		10.710		
T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF)	3			11.430	
T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF)	3				11.830
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

En la tabla 73, el sub conjunto homogéneo de las medias observadas, me permite concluir que el tratamiento que tiene mayor promedio en la calidad de los parámetros químicos – relación carbono nitrógeno del compost, es el tratamiento T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF), seguido por el tratamiento T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF), y este por el tratamiento T2:Nivel Medio (2.L.EM+10 kg RF) y finalmente el tratamiento T4: Testigo (0.L.EM+0 kg RF)

Concluyo que el tratamiento T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF), presenta un mayor valor; es decir se comportan mejor frente a los otros tratamientos,

asimismo los valores están por debajo del valor $\leq$ a 25 es decir todos los tratamientos pertenecen a los parámetros de calidad A, según la norma técnica chilena NOCh2880 y Soriano, 2016.

j) Prueba de hipótesis para Fierro (ppm) del compost

Se realizó la prueba de hipótesis a través del análisis de varianza

Tabla 74 — Análisis de varianza Fierro (ppm) del compost

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	1045036220,167 ^a	6	174172703.36	246829.797	0.000
Bloque	1958.167	2	979.083	1.388	0.320
Tratamiento	32075636.667	3	10691878.889	15152.054	0.000
Error	4233.833	6	705.639		
Total	1045040454.000	12			

a. R al cuadrado = 1,000 (R al cuadrado ajustada = 1,000)

El modelo. En la tabla 74, se tiene que el valor-p es menor al valor que se asume (Sig. = 0.000 < alfa = 0.05), por lo que rechazo la hipótesis nula y acepto la hipótesis alterna, por lo tanto, el modelo general es lineal, y se cumple con el supuesto formulado para el diseño de bloques completos al azar (DBCA). La variable dependiente tiene relación con la variable independiente en un 100.00%, por lo que hay el efecto que se atribuye a la aplicación de los tratamientos (microorganismos eficientes y roca fosfórica).

Los bloques. En la tabla 74, se observa que el valor-p es mayor al nivel de significancia establecida (Sig. = 0,320 > alfa = 0,05) por lo que acepto la hipótesis nula (H₀) y concluyo que los bloques no tienen influencia sobre calidad de los parámetros químicos – fierro (ppm)

Los tratamientos. En la tabla 74, se tiene que el valor-p, es menor al valor del nivel de significancia asumida (Sig =0,000 < alfa = 0,05), por lo que se rechazó la hipótesis nula y aceptó la hipótesis alterna, y considero que hay un efecto atribuido a los microorganismos eficientes y roca fosfórica, en la calidad de los parámetros químicos – fierro (ppm) del compost de residuos sólidos orgánicos en Chuquibambilla – Grau.

Para conocer cuál de los tratamientos, T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF), T2:Nivel Medio (2 L.EM+10 kg RF), T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF) y

T4:Testigo (0.L.EM+0 kg RF), tiene un efecto mayor sobre calidad de los parámetros químicos – hierro (ppm) del compost, realice la prueba de Tukey al 95% de probabilidad (comparación de medias), cuyo resultados lo muestro.

Tabla 75 — Prueba de Tukey al 95% hierro (ppm) del compost

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
T1: Nivel Alto (3.L.EM+10 kg RF)	3	7398.00			
T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF)	3		8113.66		
T4: Testigo (0.L.EM+0 kg RF)	3			9562.33	
T2: Nivel Medio (2.L.EM+10 kg RF)	3				11676.66
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

En la tabla 75, el sub conjunto homogéneo de las medias observadas, me permite concluir que el tratamiento que tiene mayor promedio en la calidad de los parámetros químicos – hierro (ppm) del compost, es el tratamiento T2:Nivel Medio (2.L.EM+10 kg RF), seguido por el tratamiento T4: Testigo (0.L.EM+0 kg RF), el tratamiento T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF) y finalmente el tratamiento T1: Nivel Alto (3.L.EM+10 kg RF).

Concluyo que el tratamiento T2: Nivel Medio (2.L.EM+10 kg RF), presenta un mayor valor; es decir se comportan mejor frente a los otros tratamientos, asimismo los valores están por encima de los promedios de 3500 ppm, es decir todos los tratamientos son superiores a los parámetros de la empresa M&F Orgánicos (CNF) y Bailón-Rojas y Florida-Rofner, 2021.

k) Prueba de hipótesis para cobre (ppm) del compost

Se desarrolló la prueba de hipótesis a través del análisis de varianza

Tabla 76 — Análisis de varianza para cobre (ppm) del compost

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	63681,000a	6	10613.500	2122.700	0.000
Bloque	4.667	2	2.333	0.467	0.648
Tratamiento	9942.250	3	3314.083	662.817	0.000
Error	30.000	6	5.000		
Total	63711.000	12			

a. R al cuadrado = 1,000 (R al cuadrado ajustada = 0,999)

El modelo. En la tabla 76, se tiene que el valor-p es menor al valor que se asume ($\text{Sig.} = 0.000 < \alpha = 0.05$), por lo que rechazo la hipótesis nula y acepto la hipótesis alterna, por lo tanto, el modelo general es lineal, y se cumple con el supuesto formulado para el diseño de bloques completos al azar (DBCA). La variable dependiente tiene relación con la variable independiente en un 99.00%, por lo que hay el efecto que se atribuye a la aplicación de los tratamientos (microorganismos eficientes y roca fosfórica).

Los bloques. En la tabla 76, se observa que el valor-p es mayor al nivel de significancia establecida ($\text{Sig.} = 0,648 > \alpha = 0,05$) por lo que acepto la hipótesis nula (H_0) y concluyo que los bloques no tienen influencia sobre calidad de los parámetros químicos – cobre (ppm)

Los tratamientos. En la tabla 76, se evidencia que el valor-p, es menor al valor del nivel de significancia asumida ($\text{Sig.} = 0,000 > \alpha = 0,05$), por lo que aceptó la hipótesis nula, y considero que hay un efecto atribuido a los microorganismos eficientes y roca fosfórica, en la calidad de los parámetros químicos – cobre (ppm) del compost de residuos sólidos orgánicos en Chuquibambilla – Grau.

Para conocer cuál de los tratamientos, T1: Nivel Alto (3.L.EM+10 kg RF), T2:Nivel Medio (2.L.EM+10 kg RF), T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF) y T4:Testigo (0.L.EM+0 kg RF), tiene un efecto mayor sobre calidad de los parámetros químicos – cobre (ppm) del compost, realice la prueba de Tukey al 95% de probabilidad (comparación de medias), cuyo resultados lo muestro.

Tabla 77 — Prueba de Tukey al 95% cobre (ppm) del compost

Tratamientos	N	Subconjunto para $\alpha = 0.05$	
		1	2
T2: Nivel Medio (2 L.EM+10 kg RF)	3	47.3333	
T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF)	3	51.3333	
T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF)	3	52.3333	
T4: Testigo (0.L.EM+0 kg RF)	3		116.6667
Sig.		0.072	1.000

En la tabla 77, el sub conjunto homogéneo de las medias observadas, me permite concluir que el tratamiento que tiene mayor promedio en la calidad de los parámetros químicos – cobre (ppm) del compost, es el tratamiento T4: Testigo (0.L.EM+0 kg RF) seguido por el tratamiento T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF), el tratamiento T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF) y el tratamiento T2:Nivel Medio (2.L.EM+10 kg RF).

Concluyo que el tratamiento T4: Testigo (0.L.EM+0 kg RF), presenta un mayor valor; es decir se comportan mejor frente a los otros tratamientos, asimismo los valores están por encima de los promedios de 42.00 ppm, es decir todos los tratamientos son superiores a los parámetros de la empresa M&F Orgánicos (CNF) y Bailón-Rojas y Florida-Rofner, 2021.

I) Prueba de hipótesis para Zinc (ppm) del compost

Se desarrolló la prueba de hipótesis a través del análisis de varianza

Tabla 78 — Análisis de varianza para Zinc (ppm) del compost

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	359465,500a	6	59910.917	5941.579	0.000
Bloque	78.167	2	39.083	3.876	0.083
Tratamiento	1622.000	3	540.667	53.620	0.000
Error	60.500	6	10.083		
Total	359526.000	12			

a. R al cuadrado = 1,000 (R al cuadrado ajustada = 1,000)

El modelo. En la tabla 78, se tiene que el valor-p es menor al valor que se asume ($\text{Sig.} = 0.000 < \alpha = 0.05$), por lo que rechazo la hipótesis nula y acepto la hipótesis alterna, por lo tanto, el modelo general es lineal, y se cumple con el supuesto formulado para el diseño de bloques completos al azar (DBCA). La variable dependiente tiene relación con la variable independiente en un 100.00%, por lo que hay el efecto que se atribuye a la aplicación de los tratamientos (microorganismos eficientes y roca fosfórica).

Los bloques. En la tabla 78, se observa que el valor-p es mayor al nivel de significancia establecida ($\text{Sig.} = 0,083 > \alpha = 0,05$) por lo que acepto la

hipótesis nula (H_0) y concluyo que los bloques no tienen influencia sobre calidad de los parámetros químicos – zinc (ppm)

Los tratamientos. En la tabla 78, se tiene que el valor-p, es menor al valor del nivel de significancia asumida ($\text{Sig} = 0,000 < \alpha = 0,05$), por lo que se rechaza la hipótesis nula y aceptó la hipótesis alterna, y considero que hay un efecto atribuido a los microorganismos eficientes y roca fosfórica, en la calidad de los parámetros químicos – zinc (ppm) del compost de residuos sólidos orgánicos en Chuquibambilla – Grau.

Para conocer cuál de los tratamientos, T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF), T2:Nivel Medio (2.L.EM+10 kg RF), T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF) y T4:Testigo (0.L.EM+0 kg RF), tiene un efecto mayor sobre calidad de los parámetros químicos – zinc (ppm) del compost, realice la prueba de Tukey al 95% de probabilidad (comparación de medias), cuyo resultados lo muestro.

Tabla 79 — Prueba de Tukey al 95% zinc (ppm) del compost

Tratamientos	N	Subconjunto para $\alpha = 0.05$	
		1	2
T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF)	3	162.3333	
T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF)	3	166.6667	
T2: Nivel Medio (2 L.EM+10 kg RF)	3	169.3333	
T4: Testigo (0.L.EM+0 kg RF)	3		192.3333
Sig.		0.244	1.000

En la tabla 79, el sub conjunto homogéneo de las medias observadas, me permite concluir que el tratamiento que tiene mayor promedio en la calidad de los parámetros químicos – zinc (ppm) del compost, es el tratamiento T4: Testigo (0.L.EM+0 kg RF) seguido por el tratamiento T2:Nivel Medio (2.L.EM+10 kg RF), el tratamiento T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF) y el tratamiento T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF)

Concluyo que el tratamiento T4: Testigo (0.L.EM+0 kg RF), presenta un mayor valor; es decir se comportan mejor frente a los otros tratamientos, asimismo los valores están por debajo de los promedios de max 200 ppm, es decir todos los

tratamientos son inferiores a los parámetros y corresponden a la clase A, de la norma técnica chilena NOCh2880 y expuesta por Bailón-Rojas y Florida-Rofner, 2021.

m) Prueba de hipótesis para manganeso (ppm) del compost

Se efectuó la prueba de hipótesis a través del análisis de varianza

Tabla 80 — Análisis de varianza para manganeso (ppm) del compost

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	11669782,833a	6	1944963.806	122624.688	0.000
Bloque	55.500	2	27.750	1.750	0.252
Tratamiento	460260.333	3	153420.111	9672.722	0.000
Error	95.167	6	15.861		
Total	11669878.000	12			

a. R al cuadrado = 1,000 (R al cuadrado ajustada = 1,000)

El modelo. En la tabla 80, se evidencia que el valor-p es menor al valor que se asume ($\text{Sig.} = 0.000 < \alpha = 0.05$), por lo que rechazo la hipótesis nula y acepto la hipótesis alterna, por lo tanto, el modelo general es lineal, y se cumple con el supuesto formulado para el diseño de bloques completos al azar (DBCA). La variable dependiente tiene relación con la variable independiente en un 100.00%, por lo que hay el efecto que se atribuye a la aplicación de los tratamientos (microorganismos eficientes y roca fosfórica).

Los bloques. En la tabla 80, se observa que el valor-p es mayor al nivel de significancia establecida ($\text{Sig.} = 0,252 > \alpha = 0,05$) por lo que acepto la hipótesis nula (H_0) y concluyo que los bloques no tienen influencia sobre calidad de los parámetros químicos – manganeso (ppm)

Los tratamientos. En la tabla 80, se tiene que el valor-p, es menor al valor del nivel de significancia asumida ($\text{Sig.} = 0,000 > \alpha = 0,05$), por lo que aceptó la hipótesis nula, y considero que hay un efecto atribuido a los microorganismos eficientes y roca fosfórica, en la calidad de los parámetros químicos – manganeso (ppm) del compost de residuos sólidos orgánicos en Chuquibambilla – Grau.

Para conocer cuál de los tratamientos, T1: Nivel Alto (3.L.EM+10 kg RF), T2:Nivel Medio (2.L.EM+10 kg RF), T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF) y T4:Testigo (0.L.EM+0 kg RF), tiene un efecto mayor sobre calidad de los parámetros químicos – manganeso (ppm) del compost, realice la prueba de Tukey al 95% de probabilidad (comparación de medias), cuyo resultados lo muestro.

Tabla 81 — Prueba de Tukey al 95% manganeso (ppm) del compost

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF)	3	818.33			
T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF)	3		852.66		
T2: Nivel Medio (2.L.EM+10 kg RF)	3			892.33	
T4: Testigo (0.L.EM+0 kg RF)	3				1302.66
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

En la tabla 81, el sub conjunto homogéneo de las medias observadas, me permite concluir que el tratamiento que tiene mayor promedio en la calidad de los parámetros químicos – manganeso (ppm) del compost, es el tratamiento T4: Testigo (0.L.EM+0 kg RF) seguido por el tratamiento T2:Nivel Medio (2 L.EM+10 kg RF), el tratamiento T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF) y finalmente el tratamiento T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF)

Concluyo que el tratamiento T4: Testigo (0.L.EM+0 kg RF), presenta un mayor valor; es decir se comportan mejor frente a los otros tratamientos, asimismo los valores están por encima de los promedios de 230ppm, es decir todos los tratamientos son superiores a los parámetros a los parámetros de la empresa M&F Orgánicos (CNF) y Bailón-Rojas y Florida-Rofner, 2021.

n) Prueba de hipótesis para boro (ppm) del compost

Se desarrolló la prueba de hipótesis a través del análisis de varianza

Tabla 82 — Análisis de varianza para boro (ppm) del compost

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	19886,833a	6	3314.472	1780.910	0.000
Bloque	15.500	2	7.750	4.164	0.073
Tratamiento	671.333	3	223.778	120.239	0.000
Error	11.167	6	1.861		
Total	19898.000	12			

a. R al cuadrado = 1,000 (R al cuadrado ajustada = 0,999)

El modelo. En la tabla 82, se tiene que el valor-p es menor al valor que se asume ($\text{Sig.} = 0.000 < \alpha = 0.05$), por lo que rechazo la hipótesis nula y acepto la hipótesis alterna, por lo tanto, el modelo general es lineal, y se cumple con el supuesto formulado para el diseño de bloques completos al azar (DBCA). La variable dependiente tiene relación con la variable independiente en un 99.00%, por lo que hay el efecto que se atribuye a la aplicación de los tratamientos (microorganismos eficientes y roca fosfórica).

Los bloques. En la tabla 82, se observa que el valor-p es mayor al nivel de significancia establecida ($\text{Sig.} = 0,073 > \alpha = 0,05$) por lo que acepto la hipótesis nula (H_0) y concluyo que los bloques no tienen influencia sobre calidad de los parámetros químicos – boro (ppm)

Los tratamientos. En la tabla 82, se tiene que el valor-p, es menor al valor del nivel de significancia asumida ($\text{Sig} = 0,000 < \alpha = 0,05$), por lo que aceptó la hipótesis nula, y considero que hay un efecto atribuido a los microorganismos eficientes y roca fosfórica, en la calidad de los parámetros químicos – boro (ppm) del compost de residuos sólidos orgánicos en Chuquibambilla – Grau.

Para conocer cuál de los tratamientos, T1: Nivel Alto (3.L.EM+10 kg RF), T2:Nivel Medio (2.L.EM+10 kg RF), T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF) y T4:Testigo (0.L.EM+0 kg RF), tiene un efecto mayor sobre calidad de los parámetros químicos – boro (ppm) del compost, realice la prueba de Tukey al 95% de probabilidad (comparación de medias), cuyo resultados lo muestro.

Tabla 83 — Prueba de Tukey al 95% boro (ppm) del compost

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF)	3	32.6667		
T4: Testigo (0.L.EM+0 kg RF)	3	34.3333		
T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF)	3		41.3333	
T2: Nivel Medio (2 L.EM+10 kg RF)	3			51.6667
Sig.		0.689	1.000	1.000

En la tabla 83, el sub conjunto homogéneo de las medias observadas, me permite concluir que el tratamiento que tiene mayor promedio en la calidad de los parámetros químicos – boro (ppm) del compost, es el tratamiento T2:Nivel Medio (2 L.EM+10 kg RF), seguido por el tratamiento T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF) y finalmente el tratamiento T4: Testigo (0.L.EM+0 kg RF) y el tratamiento T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF)

Concluyo que el tratamiento T2: Nivel Medio (2.L.EM+10 kg RF), presenta un mayor valor; es decir se comportan mejor frente a los otros tratamientos. asimismo, los valores están por debajo de promedios de 200ppm, es decir todos los tratamientos son inferiores a los parámetros considerados por INFOAGRO 2016.

5.2.3. Prueba de hipótesis para la calidad de los parámetros biológicos del compost

Se formula las hipótesis para realizar la prueba, de la calidad de los parámetros biológicos del compost de residuos sólidos orgánicos en Chuquibambilla – Grau, en las variables: Coliformes totales (MNP/g), Coliformes fecales (MNP/g), E. coli (MNP/g), Mohos levaduras (UFC/g), Actinomicetos (UFC/g), como efecto de los tratamientos de microorganismos eficientes y la roca fosfórica en los residuos sólidos; considerando que se realizó para el modelo, tratamientos y bloques:

Para el modelo.

H0: El modelo general no es lineal de la forma: $Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + e_{ij}$

H1: El modelo general es lineal de la forma: $Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + e_{ij}$

Dónde:

Y_{ij} = es la j ésima parcela dentro del i ésimo tratamiento.

μ = es la media general de la calidad de los parámetros biológicos del compost de

residuos sólidos orgánicos

T_i = efecto debido al i ésimo tratamiento.

β_j = efecto del j ésimo bloque.

E_{ij} = error experimental asociado al j ésimo bloque del i ésimo tratamiento.

Para los tratamientos.

Hipótesis nula H_0 : $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$

Hipótesis alterna H_1 : $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4$

Donde:

μ_1 = Media de la calidad de los parámetros biológicos en el tratamiento 1

μ_2 = Media de la calidad de los parámetros biológicos en el tratamiento 2

μ_3 = Media de la calidad de los parámetros biológicos en el tratamiento 3

μ_4 = Media de la calidad de los parámetros biológicos en el tratamiento testigo o control

Para bloques.

Hipótesis nula H_0 : $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3$

Hipótesis alterna H_1 : $\beta_1 \neq \beta_2 \neq \beta_3$

Donde:

β_1 = Media de la calidad de los parámetros biológicos en el bloque I.

β_2 = Media de la calidad de los parámetros biológicos en el bloque II

β_3 = Media de la calidad de los parámetros biológicos en el bloque III

Para probar las hipótesis formuladas, del modelo, tratamientos y bloques, realice la prueba del análisis de variancia, a un nivel de confianza de 95%, el resultado se muestra a continuación:

a) Prueba de hipótesis para coliformes totales (MNP/g) del compost

Se efectuó la prueba de hipótesis a través del análisis de varianza

Tabla 84 — Análisis de varianza de coliformes totales (MNP/g) del compost

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	1055,427a	6	175.905	696.537	0.000
Bloque	0.486	2	0.243	0.961	0.434
Tratamiento	134.265	3	44.755	177.219	0.000
Error	1.515	6	0.253		
Total	1056.942	12			

a. R al cuadrado = 1,000 (R al cuadrado ajustada = ,997)

El modelo. En la tabla 84, tenemos que el valor-p es menor al valor que se asume (Sig. = 0.000 < alfa = 0.05), por lo que rechazo la hipótesis nula y acepto la hipótesis alterna, por lo tanto, el modelo general es lineal, y se cumple con el supuesto formulado para el diseño de bloques completos al azar (DBCA). La variable dependiente tiene relación con la variable independiente en un 99.00%, por lo que hay el efecto que se atribuye a la aplicación de los tratamientos (microorganismos eficientes y roca fosfórica).

Los bloques. En la tabla 84, se observa que el valor-p es mayor al nivel de significancia establecida (Sig. = 0,434 > alfa = 0,05) por lo que acepto la hipótesis nula (H₀) y concluyo que los bloques no tienen influencia sobre calidad de los parámetros biológicos – coliformes totales (MNP/g) del compost.

Los tratamientos. En la tabla 84, se tiene que el valor-p, es menor al valor del nivel de significancia asumida (Sig =0,000 < alfa = 0,05), por lo que rechazo la hipótesis nula y aceptó la hipótesis alterna, y considero que hay un efecto atribuido a los microorganismos eficientes y roca fosfórica, en la calidad de los parámetros biológicos – coliformes totales (MNP/g) del compost de residuos sólidos orgánicos en Chuquibambilla – Grau.

Para conocer cuál de los tratamientos, T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF), T2:Nivel Medio (2.L.EM+10 kg RF), T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF) y T4:Testigo (0.L.EM+0 kg RF), tiene un efecto mayor sobre calidad de los parámetros biológicos – coliformes totales (MNP/g) del compost, realice la prueba de Tukey al 95% de probabilidad (comparación de medias), cuyo resultados lo muestro.

Tabla 85 — Prueba de Tukey al 95% coliformes totales (MNP/g) del compost

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
T4: Testigo (0.L.EM+0 kg RF)	3	3.0100	
T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF)	3		10.0000
T2: Nivel Medio (2.L.EM+10 kg RF)	3		11.0100
T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF)	3		11.0167
Sig.		1.000	0.136

En la tabla 85, el sub conjunto homogéneo de las medias observadas, me permite concluir que los tratamientos que tiene mayor valor promedio en la calidad de los parámetros biológicos – coliformes totales (MNP/g) del compost agrupados con el tratamiento T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF), el tratamiento T2:Nivel Medio (2.L.EM+10 kg RF) y el tratamientos T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF) y finalmente el tratamiento T4:Testigo (0.L.EM+0 kg RF)

Concluyo que los tratamientos T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF), T2:Nivel Medio (2.L.EM+10 kg RF) y T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF), son superiores a los parámetros de 1.0×10^3 - 8.4×10^3 obtenido por Chilón, 2013.

b) Prueba de hipótesis para coliformes fecales (MNP/g) del compost

Se efectuó la prueba de hipótesis a través del análisis de varianza

Tabla 86 — Análisis de varianza de coliformes fecales (MNP/g) del compost

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	53425,962a	6	8904.327	26693.628	0.000
Bloque	0.634	2	0.317	0.950	0.438
Tratamiento	19917.370	3	6639.123	19902.941	0.000
Error	2.001	6	0.334		
Total	53427.964	12			

a. R al cuadrado = 1,000 (R al cuadrado ajustada = 1,000)

El modelo. En la tabla 86, se tiene que el valor-p es menor al valor que se asume (Sig. = 0.000 < alfa = 0.05), por lo que rechazo la hipótesis nula y acepto la hipótesis alterna, por lo tanto, el modelo general es lineal, y se cumple con el supuesto formulado para el diseño de bloques completos al azar (DBCA). La

variable dependiente tiene relación con la variable independiente en un 99.00%, por lo que hay el efecto que se atribuye a la aplicación de los tratamientos (microorganismos eficientes y roca fosfórica).

Los bloques. En la tabla 86, se observa que el valor-p es mayor al nivel de significancia establecida ($\text{Sig.} = 0,438 > \alpha = 0,05$) por lo que acepto la hipótesis nula (H_0) y concluyo que los bloques no tienen influencia sobre calidad de los parámetros biológicos – coliformes fecales (MNP/g) del compost.

Los tratamientos. En la tabla 86, se tiene que el valor-p, es menor al valor del nivel de significancia asumida ($\text{Sig.} = 0,000 < \alpha = 0,05$), por lo que aceptó la hipótesis nula, y considero que hay un efecto atribuido a los microorganismos eficientes y roca fosfórica, en la calidad de los parámetros biológicos – coliformes fecales (MNP/g) del compost de residuos sólidos orgánicos en Chuquibambilla – Grau.

Para conocer cuál de los tratamientos, T1: Nivel Alto (3.L.EM+10 kg RF), T2:Nivel Medio (2.L.EM+10 kg RF), T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF) y T4:Testigo (0.L.EM+0 kg RF), tiene un efecto mayor sobre calidad de los parámetros biológicos – coliformes fecales (MNP/g) del compost, realice la prueba de Tukey al 95% de probabilidad (comparación de medias), cuyo resultados lo muestro.

Tabla 87 — Prueba de Tukey al 95% coliformes fecales (MNP/g) del compost

Tratamientos	N	Subconjunto para $\alpha = 0.05$		
		1	2	3
T4: Testigo (0.L.EM+0 kg RF)	3	3.0100		
T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF)	3		22.350	
T1: Nivel Alto (3.L.EM+10 kg RF)	3			93.000
T2: Nivel Medio (2.L.EM+10 kg RF)	3			93.010
Sig.		1.000	1.000	1.000

En la tabla 87, el sub conjunto homogéneo de las medias observadas, me permite concluir que los tratamientos que tiene mayor valor promedio en la calidad de los parámetros biológicos – coliformes fecales (MNP/g) del compost agrupados con el tratamiento T1: Nivel Alto (3.L. EM+10 kg RF) y el tratamiento T2:Nivel

Medio (2.L.EM+10 kg RF), seguido por el tratamiento T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF) y finalmente el tratamiento T4:Testigo (0.L.EM+0 kg RF)

Concluyo que los tratamientos T1: Nivel Alto (3.L.EM+10 kg RF) y el tratamiento T2:Nivel Medio (2.L.EM+10 kg RF), son superiores a los parámetros y recuentos de $1.00 \times 10^3 - 8.00 \times 10^3$ el tratamiento T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF) y el tratamiento T4:Testigo (0.L.EM+0 kg RF), presenta valores inferiores, obtenido por Chilón, 2013.

c) Prueba de hipótesis para E. coli (MNP/g) del compost

Se desarrolló la prueba de hipótesis a través del análisis de varianza

Tabla 88 — Análisis de varianza de E. coli (MNP/g) del compost

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	7811,990a	6	1301.998	1212.857	0.000
Bloque	2.393	2	1.196	1.114	0.388
Tratamiento	2579.157	3	859.719	800.858	0.000
Error	6.441	6	1.073		
Total	7818.431	12			

a. R al cuadrado = ,999 (R al cuadrado ajustada = ,998)

El modelo. En la tabla 88, se tiene que el valor-p es menor al valor que se asume (Sig. = 0.000 < alfa = 0.05), por lo que rechazo la hipótesis nula y acepto la hipótesis alterna, por lo tanto, el modelo general es lineal, y se cumple con el supuesto formulado para el diseño de bloques completos al azar (DBCA). La variable dependiente tiene relación con la variable independiente en un 99.00%, por lo que hay el efecto que se atribuye a la aplicación de los tratamientos (microorganismos eficientes y roca fosfórica).

Los bloques. En la tabla 88, se observa que el valor-p es mayor al nivel de significancia establecida (Sig. = 0,388 > alfa = 0,05) por lo que acepto la hipótesis nula (HO) y concluyo que los bloques no tienen influencia sobre calidad de los parámetros biológicos – E coli (MNP/g) del compost.

Los tratamientos. En la tabla 88, se tiene que el valor-p, es menor al valor del nivel de significancia asumida ($\text{Sig} = 0,000 < \alpha = 0,05$), por lo que se rechazó la hipótesis nula y aceptó la hipótesis alterna, y considero que hay un efecto atribuido a los microorganismos eficientes y roca fosfórica, en la calidad de los parámetros biológicos – E coli (MNP/g) del compost de residuos sólidos orgánicos en Chuquibambilla – Grau.

Para conocer cuál de los tratamientos, T1: Nivel Alto (3.L.EM+10 kg RF), T2:Nivel Medio (2 L.EM+10 kg RF), T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF) y T4:Testigo (0.L.EM+0 kg RF), tiene un efecto mayor sobre calidad de los parámetros biológicos – E coli (MNP/g) del compost, realice la prueba de Tukey al 95% de probabilidad (comparación de medias), cuyo resultados lo muestro.

Tabla 89 — Prueba de Tukey al 95% E. coli (MNP/g) del compost

Tratamientos	N	Subconjunto para $\alpha = 0.05$			
		1	2	3	4
T4: Testigo (0.L.EM+0 kg RF)	3	3.01			
T1: Nivel Alto (3.L.EM+10 kg RF)	3		15.00		
T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF)	3			22.16	
T2: Nivel Medio (2.L.EM+10 kg RF)	3				43.33
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

En la tabla 89, el sub conjunto homogéneo de las medias observadas, me permite concluir que los tratamientos que tiene mayor valor promedio en la calidad de los parámetros biológicos – E coli (MNP/g) del compost el tratamiento T2:Nivel Medio (2.L.EM+10 kg RF), seguido por el tratamiento T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF), el tratamiento T1: Nivel Alto (3.L.EM+10 kg RF) y finalmente el tratamiento T4:Testigo (0.L.EM+0 kg RF)

Concluyo que los tratamientos T2:Nivel Medio (2.L.EM+10 kg RF), el tratamiento T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF) y el tratamiento T1: Nivel Alto (3.L.EM+10 kg RF) y el tratamiento T4:Testigo (0.L.EM+0 kg RF) son superiores a los parámetros y recuentos de $900 - 3.90 \times 10^3$ UFC/gr. según los reportes obtenido por Chilón, 2013.

d) Prueba de hipótesis para Mohos levaduras (UFC/g) del compost

Se efectuó la prueba de hipótesis a través del análisis de varianza

Tabla 90 — Análisis de varianza de Mohos levaduras (UFC/g) del compost

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	22692,067 ^a	6	3782.011	6694.615	0.000
Bloque	3.498	2	1.749	3.096	0.119
Tratamiento	1758.457	3	586.152	1037.560	0.000
Error	3.390	6	0.565		
Total	22695.457	12			

a. R al cuadrado = 1,000 (R al cuadrado ajustada =1,000)

El modelo. En la tabla 90, se tiene que el valor-p es menor al valor que se asume ($\text{Sig.} = 0.000 < \alpha = 0.05$), por lo que rechazo la hipótesis nula y acepto la hipótesis alterna, por lo tanto, el modelo general es lineal, y se cumple con el supuesto formulado para el diseño de bloques completos al azar (DBCA). La variable dependiente tiene relación con la variable independiente en un 99.00%, por lo que hay el efecto que se atribuye a la aplicación de los tratamientos (microorganismos eficientes y roca fosfórica).

Los bloques. En la tabla 90, se observa que el valor-p es mayor al nivel de significancia establecida ($\text{Sig.} = 0,119 > \alpha = 0,05$) por lo que acepto la hipótesis nula (H_0) y concluyo que los bloques no tienen influencia sobre calidad de los parámetros biológicos – mohos y levaduras (UFC/g) del compost.

Los tratamientos. En la tabla 90, se tiene que el valor-p, es menor al valor del nivel de significancia asumida ($\text{Sig} = 0,000 < \alpha = 0,05$), por lo que se rechaza la hipótesis nula y aceptó la hipótesis alterna, y considero que hay un efecto atribuido a los microorganismos eficientes y roca fosfórica, en la calidad de los parámetros biológicos – mohos y levaduras (UFC/g) del compost de residuos sólidos orgánicos en Chuquibambilla – Grau.

Para conocer cuál de los tratamientos, T1: Nivel Alto (3.L.EM+10 kg RF), T2:Nivel Medio (2.L.EM+10 kg RF), T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF) y T4:Testigo (0.L.EM+0 kg RF), tiene un efecto mayor sobre calidad de los parámetros biológicos – mohos y levaduras (UFC/g) del compost, realice la

prueba de Tukey al 95% de probabilidad (comparación de medias), cuyo resultados lo muestro.

Tabla 91 — Prueba de Tukey al 95% mohos levaduras (UFC/g) del compost

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF)	3	30.0000		
T4: Testigo (0.L.EM+0 kg RF)	3	31.6833		
T2: Nivel Medio (2.L.EM+10 kg RF)	3		45.3500	
T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF)	3			60.0200
Sig.		0.197	1.000	1.000

En la tabla 91, el sub conjunto homogéneo de las medias observadas, me permite concluir que los tratamientos que tiene mayor valor promedio en la calidad de los parámetros biológicos – mohos levaduras (UFC/g) del compost el tratamiento T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF), tiene el mayor valor, seguido por el tratamiento T2:Nivel Medio (2 L.EM+10 kg RF) y finalmente agrupados el tratamiento T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF) y el tratamiento T4:Testigo (0.L.EM+0 kg RF)

Concluyo que el tratamiento T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF) es superiores a los otros tratamientos y superior a los parámetros y recuentos de 1.60×10^3 UFC/gr. según los reportes obtenido por Chilón, 2013.

e) Prueba de hipótesis para Actinomicetos (UFC/g) del compost

Se realizó la prueba de hipótesis a través del análisis de varianza

Tabla 92 — Análisis de varianza de Actinomicetos (UFC/g) del compost

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	6170,025 ^a	6	1028.338	8052.761	0.000
Bloque	1.848	2	0.924	7.236	0.250
Tratamiento	479.241	3	159.747	1250.954	0.000
Error	0.766	6	0.128		
Total	6170.791	12			

a. R al cuadrado = 1,000 (R al cuadrado ajustada =1,000)

El modelo. En la tabla 92, se evidencia que el valor-p es menor al valor que se asume (Sig. = 0.000 < alfa = 0.05), por lo que rechazo la hipótesis nula y acepto

la hipótesis alterna, por lo tanto, el modelo general es lineal, y se cumple con el supuesto formulado para el diseño de bloques completos al azar (DBCA). La variable dependiente tiene relación con la variable independiente en un 100.00%, por lo que hay el efecto que se atribuye a la aplicación de los tratamientos (microorganismos eficientes y roca fosfórica).

Los bloques. En la tabla 92, se observa que el valor-p es mayor al nivel de significancia establecida ($\text{Sig.} = 0,250 > \alpha = 0,05$) por lo que acepto la hipótesis nula (H_0) y concluyo que los bloques no tienen influencia sobre calidad de los parámetros biológicos – Actinomicetos (UFC/g) del compost.

Los tratamientos. En la tabla 92, se evidencia que el valor-p, es menor al valor del nivel de significancia asumida ($\text{Sig.} = 0,000 < \alpha = 0,05$), por lo que aceptó la hipótesis nula, y considero que hay un efecto atribuido a los microorganismos eficientes y roca fosfórica, en la calidad de los parámetros biológicos – Actinomicetos (UFC/g) del compost de residuos sólidos orgánicos en Chuquibambilla – Grau.

Para conocer cuál de los tratamientos, T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF), T2:Nivel Medio (2.L.EM+10 kg RF), T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF) y T4:Testigo (0.L.EM+0 kg RF), tiene un efecto mayor sobre calidad de los parámetros biológicos – Actinomicetos (UFC/g) del compost, realice la prueba de Tukey al 95% de probabilidad (comparación de medias), cuyo resultados lo muestro.

Tabla 93 — Prueba de Tukey al 95% Actinomicetos (UFC/g) del compost

Tratamientos	N	Subconjunto para $\alpha = 0.05$		
		1	2	3
T4: Testigo (0.L.EM+0 kg RF)	3	13.3600		
T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF)	3		18.0000	
T2: Nivel Medio (2.L.EM+10 kg RF)	3			27.3833
T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF)	3			28.3500
Sig.		1.000	1.000	0.241

En la tabla 93, el sub conjunto homogéneo de las medias observadas, me permite concluir que los tratamientos que tiene mayor valor promedio en la calidad de

los parámetros biológicos – Actinomicetos (UFC/g) del compost; agrupados el tratamiento T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF) y el tratamiento T2:Nivel Medio (2.L.EM+10 kg RF), con mayor valor, seguido por tratamiento T1: Nivel Alto (3.L EM+10 kg RF) y finalmente el tratamiento T4:Testigo (0.L.EM+0 kg RF)

Concluyo que los tratamientos agrupados el tratamiento T3: Nivel Bajo (1.L.EM+10 kg RF) y el tratamiento T2:Nivel Medio (2 L.EM+10 kg RF)el tratamiento son superiores a los otros tratamientos y superior a los parámetros y recuentos de 100.00 a 500 UFC/gr. según los reportes obtenido por Chilón, 2013.

5.3 Discusiones

Se desarrolló la discusión en atención a los objetivos de la investigación

5.3.1. Discusión sobre la calidad de los parámetros físicos del compost

El resultado muestra los valores de **Humedad del compost:** los resultados, T1 con una media de $3.38\% \pm 0.01$, el T2 con una media de $3.20\% \pm 0.08$, el T3 con una media de $3.25\% \pm 0.01$ y el T4: con una media de $4.69\% \pm 0.16$. La mayor media de humedad en relación a los otros tratamientos, es el tratamiento T4. **Materia seca del compost:** Los resultados, T1 con una media de $96.62\% \pm 0.02$, el T2 con una media de $96.79\% \pm 0.02$, el T3 con una media de $96.77\% \pm 0.02$ y el T4 con una media de 95.39 ± 0.16 . la mayor media es el tratamiento T2. **Densidad Aparente del compost:** Los resultados, T1 con una media de $0.88 \text{ gr/cc} \pm 0.02$, el T2 con una media de $0.95 \text{ gr/cc} \pm 0.02$, el T3 con una media de $0.96 \text{ gr/cc} \pm 0.01$ y el T4 con una media de 0.82 ± 0.01 . La mayor media es el tratamiento T3. **Densidad real del compost:** Los resultados, T1 con una media de $3.04 \text{ gr/cc} \pm 0.02$, el T2 con una media de $3.18 \text{ gr/cc} \pm 0.02$, el T3 con una media de $3.05 \text{ gr/cc} \pm 0.05$ y el T4: con una media de $2.92 \text{ gr/cc} \pm 0.01$. La mayor media lo tiene el tratamiento T2. **Porosidad del compost** Los resultados, T1: con una media de $71.06\% \pm 0.01$, el T2 con una media de $70.12\% \pm 0.01$, el T3 con una media de $70.05\% \pm 0.05$ y el T4: con una media de $71.91\% \pm 0.01$. La mayor media lo tiene el tratamiento T4. **Materia orgánica del compost:** los resultados, T1 con una media de $30.36\% \pm 0.04$, el T2 con una media de $25.61\% \pm 0.02$, el T3 con una media de $25.75\% \pm 0.03$ y el T4 con una media de $35.63\% \pm 0.02$. la mayor media lo tiene el tratamiento T4.



Los mismo que tienen relación con los hallazgos de **Bailón-Rojas y Florida-Rofner (2021)** que obtuvo valores mínimos y máximos de: humedad 27.28 - 34.80% y materia orgánica 29.35 – 36.62%. Asimismo, **Pérez (2020)**, logro mínimos y máximos por tratamiento: en M.O, 12.90%17.40%; de igual manera **Castillo, (2020)**, en materia orgánica logro valores entre 26.81% y 28.85 %, en el rango de calidad de la FAO y NTCH, **Soriano (2016)**, logro en humedad 30% a 40%, en materia orgánica el 39.56% y finalmente **Chilon, (2013)** logro en Densidad aparente 1.28-156 gr/cc y porosidad: 41-52%.

5.3.2. Discusión sobre la calidad de los parámetros químicos del compost

El resultado muestra los valores en **Potencial de hidrogeniones (pH)**: Los resultados, T1 con una media de 8.02 ± 0.01 , el T2 con una media de 7.93 ± 0.03 , el T3 con una media de 7.97 ± 0.03 y el T4: con una media de 8.87 ± 0.12 . El nivel óptimo de pH los tiene el tratamiento T2. **Conductividad eléctrica (CE)**: Los resultados, T1 con una media de $14.39 \text{ dS/m} \pm 0.02$, el T2 con una media de $14.81 \text{ dS/m} \pm 0.02$, el T3 con una media de $14.70 \text{ dS/m} \pm 0.03$ y el T4 con una media de $20.60 \text{ dS/m} \pm 0.03$. La media mayor de CE lo tiene el tratamiento T4. **Nitrógeno (N)**: Los resultados, T1 con una media de $1.54\% \pm 0.04$, el T2 con una media de $1.39\% \pm 0.02$, el T3 con una media de $1.33\% \pm 0.02$ y el T4 con una media de $2.31\% \pm 0.02$. la mayor media de N, lo tiene el tratamiento T4. **Fosforo (P₂O₅)**: Los resultados, T1 con una media de $4.47\% \pm 0.03$, el T2 con una media de $4.37\% \pm 0.02$, el T3 con una media de $4.37\% \pm 0.02$ y el T4 con una media de $2.23\% \pm 0.02$. la media mayor lo tiene el tratamiento T2. **Potasio (K₂O)**: Los resultados, T1 con una media de $2.04\% \pm 0.02$, el T2 con una media de $2.03\% \pm 0.02$, el T3 con una media de $2.02\% \pm 0.01$ y el T4 con una media de $3.84\% \pm 0.03$. La mayor media lo tiene el tratamiento T4. **Oxido de calcio (CaO)**: Los resultados, T1 con una media de $9.45\% \pm 0.02$, el T2 con una media de $11.27\% \pm 0.03$, el T3: con una media de $10.15\% \pm 0.02$ y el T4 con una media de $9.17\% \pm 0.02$. la mayor media lo tiene el tratamiento T2. **Oxido de magnesio (MgO)**: Los resultados, T1 con una media de $1.13\% \pm 0.02$, el T2 con una media de $1.22\% \pm 0.01$, el T3 con una media de $1.27\% \pm 0.02$ y el T4 con una media de $1.29\% \pm 0.01$. La mayor media lo tiene el tratamiento T4. **Sodio (Na)**: Los resultados, T1 con una media de $0.65\% \pm 0.01$, el T2 con una media de $0.66\% \pm 0.02$, el T3 con una media de $0.64\% \pm 0.02$ y el T4 con una media de $0.76\% \pm 0.01$. la mayor media lograda es el tratamiento T4. **Relación Carbono Nitrógeno (C/N)**: Los resultados, T1 con una media de 11.83

± 0.07 , el T2: con una media de 10.71 ± 0.02 , el T3 con una media de 11.43 ± 0.02 y el T4 con una media de 8.98 ± 0.02 . La mayor media lograda fue del tratamiento T1. **Hierro (Fe):** Los resultados, T1 con una media de $7398.00 \text{ ppm} \pm 54.95$, el T2 con una media de $11676.67 \text{ ppm} \pm 7.64$, el T3 con una media de $8113.67 \text{ ppm} \pm 3.15$ y el T4 con una media de $9562.33 \text{ ppm} \pm 5.52$. La mayor media lograda es del tratamiento T2. **Cobre (Cu):** Los resultados, T1 con una media de $52.33 \text{ ppm} \pm 2.52$, el T2 con una media de $47.33 \text{ ppm} \pm 1.53$, el T3 con una media de $51.33 \text{ ppm} \pm 1.53$ y el T4: con una media de $116.67 \text{ ppm} \pm 2.52$. La mayor media lo tiene el tratamiento T4. **Zinc (Zn):** Los resultados, T1 con una media de $166.67 \text{ ppm} \pm 7.64$, el T2 con una media de $169.33 \text{ ppm} \pm 2.52$, el T3 con una media de $162.33 \text{ ppm} \pm 1.53$ y el T4: con una media de $192.33 \text{ ppm} \pm 1.53$. La mayor media representa el tratamiento T4. **Manganeso (Mn):** Los resultados, T1 con una media de $818.33 \text{ ppm} \pm 7.64$, el T2: con una media de $892.33 \text{ ppm} \pm 2.52$, el T3: con una media de $852.67 \text{ ppm} \pm 2.52$ y el T4: con una media de $1302.67 \text{ ppm} \pm 2.08$. La mayor media lograda fue de del tratamiento T4. **Boro (B):** los resultados, T1 con una media de $32.67 \text{ ppm} \pm 5.52$, el T2 con una media de $51.67 \text{ ppm} \pm 1.53$, el T3 con una media de $41.33 \text{ ppm} \pm 1.53$ y el T4 con una media de $34.33 \text{ ppm} \pm 1.53$. La mayor media lograda lo tiene el tratamiento T2. Los hallazgos tienen relación con los resultados de **Bailón-Rojas y Florida-Rofner (2021)** en los indicadores químicos: pH 7.9 – 8.33, N:1.43% - 2.48%, P2O5: 1.2%-1.76%; K: 3.01%-4.47%, Ca: 1.18%-2.67%, Mg: 1.13%-1.49%; Na: 0.56%-1.11%, Fe:2992ppm—5138ppm; Cu: 38.5ppm-57.75ppm, Zn: 621ppm- 845ppm; Mn: 399ppm-648ppm, asimismo valores promedios de Oxido de magnesio (MgO): 1.4%: Asimismo **Pérez (2020)**, obtuvo los resultados como la relación C/N: 11.51% - 11.60%; N: 0.65%-0.87; P: 257.3ppm-289.9ppm; K: 14.76 meg/100gr- 21.94 meg/100gr, Mg: 6.60 meg/100gr- 13.20 meg/100gr, Ca: 13.20 meg/100gr- 16.40 meg/100gr, S: 195.63ppm- 322.56ppm; Fe: 112.50ppm-152.50ppm, B: 1.27ppm- 4.29ppm; Cu: 1.20ppm- 5.20ppm; Mn: 383.75 ppm-481.25ppm y Zn: 28.75ppm-78.75ppm. de igual manera Galindo; **Martínez y Estrada (2018)**, El compost final tuvo los siguientes resultados: pH valores de 7.52-8.44, Na: 2.41-4.63 mg/kg, K: 31.80-78.69 mg/kg; Mg: 4.40-11.40 mg/kg; C: 51.55-108.50mg/kg; MO: 8.89-20.66%; P: 1034.00-1745.95 mg kg⁻¹, N: 4.24-8.89 g/kg; relación C:N:11.59-14.03; CE:9.39-18.84

5.3.3. Discusión sobre la calidad de los parámetros biológicos

El resultado muestra que los **Coliformes totales (MNP/g)** tiene los resultados, T1: con una media de 10.00×10^2 MNP/g ± 1.00 , el T2 con una media de 11.02×10^2 MNP/g ± 0.03 , el T3 con una media de 11.02×10^2 MNP/g ± 0.03 y el T4 con una media de 3.01×10^2 MNP/g ± 0.01 . La mayor media lo tiene el tratamiento T3. **Coliformes fecales (MNP/g)**: Los resultados, T1 con una media de 93.00×10^2 MNP/g ± 1.00 , el T2 con una media de 93.01×10^2 MNP/g ± 0.01 , el T3 con una media de 22.35×10^2 MNP/g ± 0.56 y el T4 con una media de 3.01×10^2 MNP/g ± 0.01 . La mayor media lo tiene el tratamiento T2. **E Coli (MNP/g)**: los resultados, T1 con una media de 15.00×10^2 MNP/g ± 1.00 , el T2 con una media de 43.33×10^2 MNP/g ± 1.53 , el T3 con una media de 22.17×10^2 MNP/g ± 1.04 y el T4 con una media de 3.01×10^2 MNP/g ± 0.01 . La mayor media lo tiene el tratamiento T2. **Mohos levaduras (UFC/g)**: Los resultados, T1 con una media de 30.00×10^4 UFC/g ± 1.00 , el T2 con una media de 45.35×10^4 UFC/g ± 0.30 , el T3: con una media de 60.02×10^4 UFC/g ± 0.02 y el T4: con una media de 31.68×10^3 UFC/g ± 1.53 . La mayor media lograda lo tiene el tratamiento T3. **Actinomicetos (UFC/g)**: los resultados, T1 con una media de 18.00×10^4 UFC/g ± 1.00 , el T2 con una media de 27.38×10^4 UFC/g ± 0.34 , el T3 con una media de 28.35×10^4 UFC/g ± 0.30 y el T4 con una media de 13.36×10^3 UFC/g ± 0.31 . La mayor media lograda es el tratamiento T3. Los mismos que tienen relación con los hallazgos de **Galindo; Martínez y Estrada (2018)**, que logro resultados en compost como Bacterias solubilizadoras: 0.33278- 0.62667 Log bases 10 de UFC/gr. de igual manera **Chilon, (2013)**, logro resultados de las características biológicas como organismos Mesofilos totales 9.8×10^4 y $> 10^5$ UFC/gr; Coliformes totales 1.0×10^4 y 8.0×10^3 UFC/gr; E coli: 900- 3.9×10^3 UFC/gr; Klebsiella spp 600 UFC/gr, Hongos y levaduras 1.6×10^3 y Staphylococcus 100 y 500 UFC/gr.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Primero. En cumplimiento al objetivo general, concluyo que existe el efecto atribuible a los tratamientos de microorganismos eficaces con adición de roca fosfórica, frente al tratamiento testigo o control en la elaboración de compost de residuos organismos municipales en Chuquibambilla, Grau; encontrando una relación positiva y significativa ($\text{Sig.} < 0.05$) entre las variables en estudio; el tratamiento T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF), tiene un mejor comportamiento en el proceso de compostaje en relación al testigo.

Segundo. En cumplimiento al objetivo específico 1, concluyo que existe el efecto atribuible a los tratamientos de microorganismos eficaces con adición de roca fosfórica, frente al tratamiento testigo o control en la calidad de los parámetros físicos del compost de residuos organismos municipales en Chuquibambilla, Grau; encontrando una relación positiva y significativa ($\text{Sig.} < 0.050$) entre las variables en estudio; el tratamiento T2: Nivel Medio (2.L. EM+10 kg RF), tiene un mejor comportamiento en el proceso de compostaje en relación al testigo, asimismo se concluye que los valores son cercanos a la calidad de clase B, según la norma técnica chilena (NOCh 2880)

Tercero. En cumplimiento al objetivo específico 2, concluyo que existe el efecto atribuible a los tratamientos de microorganismos eficaces con adición de roca fosfórica, frente al tratamiento testigo o control en la calidad de los parámetros químicos del compost de residuos organismos municipales en Chuquibambilla, Grau; encontrando una relación positiva y significativa ($\text{Sig.} < 0.050$) entre las variables en estudio; el tratamiento T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF), tiene un mejor comportamiento en el proceso de compostaje en relación al testigo, asimismo se concluye que los valores son cercanos a la calidad de clase B, según la norma técnica chilena (NOCh 2880) y la Norma técnica colombiana (NTC 5167/2011)

Cuarto. En cumplimiento al objetivo específico 3, concluyo que existe el efecto atribuible a los tratamientos de microorganismos eficaces con adición de roca fosfórica, frente al tratamiento testigo o control en la calidad de los parámetros biológicos del compost de



residuos organismos municipales en Chuquibambilla, Grau; encontrando una relación positiva y significativa ($\text{Sig.} < 0.050$) entre las variables en estudio; el tratamiento T2: Nivel Medio (2 L. EM+10 kg RF), tiene un mejor comportamiento en el proceso de compostaje en relación al testigo, asimismo se concluye que los valores son cercanos a logrado por Chilon, (2013), se puede afirmar que es un compost de calidad



6.2 Recomendaciones

Según los resultados logrados, los tratamientos de microorganismos eficaces con adición de roca fosfórica, frente al tratamiento testigo o control en la calidad de los parámetros biológicos del compost de residuos organismos municipales en Chuquibambilla, Grau, presenta efectos favorables, por lo que es recomendable utilizar este tipo de tecnología.

Para obtener un compost de calidad con parámetros físicos y químicos óptimos de acuerdo a las normas internacionales como la norma técnica chilena (NOCh 2880) y la Norma técnica colombiana (NTC 5167/2011), se recomienda utilizar dosis de microorganismos eficaces con adición de roca fosfórica.

Para obtener un compost de calidad con parámetros biológicos óptimos se recomienda utilizar dosis de microorganismos eficaces con adición de roca fosfórica, en las normas técnicas internacionales de calidad de compost, un no consideran estos parámetros que son importantes para evaluar la calidad

Se debe continuar con investigación probando tratamientos mejorados para obtener un compost de calidad con parámetros físicos, químicos y biológicos de acuerdo a las normas internacionales como la norma técnica chilena (NOCh 2880) y la Norma técnica colombiana (NTC 5167/2011) y otras normas.

Se recomienda realizar el análisis de trazas a fin de poder evidenciar restos de metales pesados y microorganismos patógenos presentes. Asimismo, se recomienda aplicar el abono obtenido con los tiramientos en un cultivo para ver sus efectos.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANSORENA, J. BATALLA, E. MERINO, D. (2014). Evaluación de la calidad y usos del compost como componente de sustratos, enmiendas y abonos orgánicos [consultado 14 agosto 2020]. Disponible en: https://www.blueberrieschile.cl/subidas/2015/07/pdf_000304.pdf

ARIAS CHAMBE, L. M., & PARIZACA FLORES, M. B. (2021). Valorización de residuos orgánicos mediante el compostaje para la biofertilización del suelo agrícola-Distrito de Ichuña, Moquegua 2021.

AVENDAÑO, D. El proceso de compostaje. Tesis [de grado], Santiago: Pontificia Universidad de Chile, Chile. 2003. [consultado 20 agosto 2020]. Disponible en: <http://www.inventati.org/columnanegra/ecoagricultura/wordpress/wp-content/uploads/2010/10/Compostaje.pdf>

BAILÓN-ROJAS, M. R., & FLORIDA-ROFNER, N. (2021). Caracterización y calidad de los compost producidos y comercializados en Rupa Rupa-Huánuco. Enfoque UTE, 12(1), 1-11.

BARBARO L., MÓNICA KARLANIAN, PEDRO RIZZO, NICOLAZ RIERA, Caracterización de diferentes compost para uso como componente de sustrato. Fecha de recepción: 30 de octubre de 2018 - Fecha de revisión: 14 de enero de 2019. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de Argentina. [consultado 10 julio 2020]. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/chjaasc/v35n2/0719-3890-chjaasc-00309.pdf>

BASAURE, P (2011), Manual de Lombricultura. [consultado 05 agosto 2020]. Disponible en: <http://www.manualdelombricultura.com/foro/mensajes/22523.html>

BEJARANO, E. DELGADILLO, S., Evaluación de un tratamiento para la producción de compost a partir de residuos orgánicos provenientes del rancho de comidas del establecimiento carcelario de Bogota “La Modelo” por medio de la utilización de Microorganismos Eficientes. Tesis [de grado] Bogotá: Universidad de la Salle, Colombia. 2007. [consultado 10 julio 2020]. Disponible en:

<http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/14945/41021072.pdf;jsessionid=21B131F80AAAC26563FD49E437455649?sequence=1>



BOBADILLA HENAO, CATALINA, RINCÓN VANEGAS SANDRA CAROLOINA, Aislamiento y producción de bacterias fosfato solubilizadoras a partir de compost obtenido de residuos de Plaza, Tesis [de grado], Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana. Colombia, 2008. [consultado 01 agosto 2020]. Disponible en: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8433/tesis130.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CABRERA y ROSSI (2016) Propuesta para la elaboración de compost a partir de los residuos vegetales provenientes del mantenimiento de las áreas verdes públicas del distrito de miraflores”. [consultado 05 mayo 2020]. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2251/Q70-C32-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CAJAHUANCA, SARA A. Optimización del manejo de residuos orgánicos por medio de la utilización de microorganismos eficientes (*Saccharomyces cerevisiae*, *Aspergillus* sp., *Lactobacillus* sp.) en el proceso de compostaje en la central hidroeléctrica Chaglla”, Tesis [de grado Ingeniero Ambiental] Huánuco: Universidad Nacional de Huanuco. 2016. [consultado 10 julio 2020]. Disponible en: http://repositorio.udh.edu.pe/bitstream/handle/123456789/58/TESIS_SARA_CAJAHUANCA_FIGUEROA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

CANTANHEDE (2002), Compostificación de residuos de mercado el Lima. [consultado 20 julio 2020]. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsars/fulltext/proyecto.pdf>

CASTILLO, L. (2020), “Evaluación de la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) en el distrito de Huayucachi, Huancayo” Tesis [de grado], Huancayo: Universidad Continental Escuela Académica de Ingeniería Ambiental [consultado 20 febrero 2021]. Disponible en: https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8245/3/IV_FIN_107_TE_Castillo_Huaman_2020.pdf

CHILON, E. (2013). El Compost altoandino como sustento de la Fertilidad del suelo frente al cambio climático. *Journal de Ciencia y Tecnología Agraria*, 2, 456.



COCHACHI, E. Vargas, M. Determinación del efecto de la relación C/N y la humedad en la calidad de compost obtenido a partir del tratamiento de residuos orgánicos del Distrito de San Pedro de Saño mediante el proceso de degradación aerobia a nivel laboratorio. Tesis [de grado]. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú. 2008. [consultado 10 junio 2020]. Disponible en: http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/228/T-08_9.pdf?sequence=1&isAllowed=y

GALINDO C., Luz Adriana, Martínez Osorio, John Wilson, Estrada Bonilla, Germán Andrés, Compostaje enriquecido con fósforo como método de reaprovechamiento de los residuos orgánicos. Fecha de recepción: 04 de junio de 2018 - Fecha de revisión: 21 de junio de 2018. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. [consultado 10 julio 2020]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/327369168_Compostaje_enriquecido_con_fosforo_como_metodo_de_reaprovechamiento_de_los_residuos_organicos

GALINDO C., LUZ ADRIANA; MARTÍNEZ OSORIO, JOHN WILSON, ESTRADA BONILLA, GERMÁN ANDRÉS. 2018, Compostaje enriquecido con fósforo como método de reaprovechamiento de los residuos orgánicos. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia; Facultad de ciencias. Maestría en Ciencias Biológicas. Tunja-Boyacá-Colombia. [consultado 10 julio 2020]. Disponible en: <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/2209/1/TGT-922.pdf>

GARCÍA CÉSPEDES DI; LIMA CAZORLA L.A.; RUÍZ GUTIÉRREZ L y CALDERÓN PEÑALVER P.A. (2014) Métodos y parámetros para determinar la madurez en el compost a nivel de fincas. Instituto Superior de Tecnología y Ciencias Aplicadas Universidad Internacional del Ecuador. [consultado 10 julio 2020]. Disponible en: <http://ama.redciencia.cu/articulos/26.03.pdf>

GILBERT, M. WENDELL, E. (2008), Introducción a la Ingeniería Medioambiental, 3ª Edición; España: Pearson Educación. S.A. pp. 679. Disponible en: https://www.academia.edu/20196483/Introduccion_A_La_Ingenieria_Medioambiental

GOMEZ, J. ESTRADA, I. (2005), II Congreso sobre Residuos Biodegradables y compost, el reto de fomentar el consumo de los productos finales. [consultado 10 mayo 2020]. Disponible en: http://www.bpeninsular.com/pdfs/Ponencia_ISR_Sevilla.pdf



GORDILLO, F., CHAVEZ, E. (2010). Evaluación comparativa de la calidad de compost producido a partir de diferentes combinaciones de desechos agroindustriales azucareros. Centro de investigación Biotecnológica del Ecuador; Escuela Superior Politécnica del Litoral-Ecuador. [consultado 11 julio 2020]. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/9112/1/Evaluaci%C3%B3n%20Comparativa%20de%20la%20calidad%20del%20compost.pdf>

HERNÁNDEZ, FERNÁNDEZ, BAPTISTA. Metodología de la Investigación Científica, Quinta Edición, Mc Grw Hill, Mexico. www.free.libros.com. 2003. Disponible en: https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf

HIGA, T. (2010). Beneficial an Effective Microorganisms for a sustainable Agricultural and Environmental. INFRC (International Nature Farming Research Center). [consultado 10 abril 2020]. Disponible en: <https://jci.uniautonoma.edu.co/2010/2010-7.pdf>

INFOAGRO (2016) El boro en el suelo, extraído de: <https://mexico.infoagro.com/el-boro-en-el-suelo/#:~:text=El%20contenido%20de%20boro%20total,asimilable%20es%20inferior%20a%205%25>.

INTEC, (1999), Manual de Compostaje, Santiago de Chile. [consultado 05 julio 2020]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/370255012/Manual-Compostaje-Cl>

LEY 27314, (2008, 28 de junio). Ley general de Residuos Sólidos. [consultado 25 julio 2020]. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/modificatoria-ley-residuos-solidos>

MALDONADO, J. (2020) “Comparación de la calidad del compost resultante del proceso realizado por microorganismos eficientes comerciales y naturales en el distrito de Jepelacio, región San Martín”, Tesis [de grado], San Martin: Universidad Católica Sedes Sapientiae.2020 [consultado 10 julio 2021]. Disponible en: <http://repositorio.ucss.edu.pe/bitstream/handle/UCSS/1026/Tesis%20-%20Maldonado%20Rojas%2C%20Jeisy%20Del%20Pilar.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



MANUAL PARA LA PRODUCCIÓN DE COMPOST CON MICROORGANISMOS EFICACES. [consultado 01 julio 2020]. Disponible en: http://www.em-la.com/archivos-de-usuario/base_datos/manual_para_elaboracion_de_compost.pdf

NARANJO, E. Aplicación de microorganismos para acelerar la transformación de desechos orgánicos en compost. Tesis [de Grado], Ambato: Universidad Técnica de Ambato. Ecuador. [consultado 19 abril 2020]. Disponible en: [2013.http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/5310/1/Tesis-52%20%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20173.pdf](http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/5310/1/Tesis-52%20%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20173.pdf)

NORMA CHILENA DE CALIDAD DE COMPOST (2003). [consultado 15 julio 2020]. Disponible en: <http://www.sinia.cl/1292/printer-32296.html>

PÉREZ J. (2020) “Evaluación de la calidad del compost y efecto de la implementación de microorganismo benéficos (Bio-Heral) en la producción de abono, a partir de los residuos orgánicos generados en la finca “Los Recuerdos” en la vereda Guaracura del municipio de San Luis de Palenque”. Colombia: Universidad Nacional Abierta y a Distancia [consultado 10 abril 2021]. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/jspui/bitstream/10596/37222/3/JAPEREZAG.pdf>

PORTAL OFICIAL DE LA TECNOLOGÍA EM EN AMÉRICA LATINA, 2015. [consultado 01 julio 2020]. Disponible en: <http://www.em-la.com/agricultura.php?idioma=1>

PUERTA (2004) _artículo Los residuos sólidos municipales como acondicionadores de suelos. [consultado 10 agosto 2020]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/695/69511009.pdf>

RAFAEL, A. MARÍA DEL PILAR. Proceso de producción y aplicación del producto microorganismos eficaces en la calidad de compost a partir de la mezcla de tres tipos de residuos orgánicos. Sapallanga: Universidad Nacional del Centro Huancayo. 2015. [consultado 10 julio 2020]. Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3511/Rafael%20Avila.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

RIVERA, L. JESÚS. (2011). Evaluación de Microorganismos Eficaces en procesos de compostaje de residuos de maleza. Tesis de Grado Ingeniero Ambiental]Lima: Universidad Cesar Vallejo.2011. Recuperado el 25 de febrero de 2015. [consultado 02 agosto 2020].



Disponible en: <https://es.slideshare.net/JESUS5758/evaluacion-de-microorganismos-eficaces-en-procesos-de-compostaje-de-residuos-de-maleza-39050330>

SÁNCHEZ, C. (2011). Abonos Orgánicos y Lombricultura. Edición Ripalme E.I.R.L. Lima-Perú. 35pp.

SANTOS, C. (2007/2008), Modulo: Contaminación por Residuos, Compostaje y Biometanización, Master en Ingeniería y Gestión Medioambiental. [consultado 05 julio 2020]. Disponible en: [file:///C:/Users/Concasa/Downloads/componente45607%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Concasa/Downloads/componente45607%20(2).pdf)

SORIANO, V. Yakelin A. Tiempo y calidad del compost con aplicación de tres dosis de “microorganismos eficaces”- Concepción. Tesis [de grado Ingeniero Forestal]. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo-Perú. 2016. [consultado 10 julio 2020]. Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3487/Soriano%20Vilcahuman.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

SZTERN, D. PRAVIA, M. (1999), Manual para la Elaboración de Compost Bases Conceptuales y Procedimientos. [consultado 26 junio 2020]. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsars/fulltext/compost.pdf>

VARGAS, Y. (2017), “Calidad del Compost Producidos a Partir de Residuos Sólidos Orgánicos Municipales en el Centro de Protección Ambiental “Santa Cruz”, Ciudad de Concepción” Tesis [de posgrado], Junín: Universidad Nacional del Centro del Perú. 2015. [consultado 10 julio 2020]. Disponible en: <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/4145/Ytavclerh%20Vargas.pdf?sequence=1>

VERA, J, VERA, J, (2018) Resumen de principios de diseños experimentales, Editorial Grupo Compás, Guayaquil Ecuador, 102 pag. [consultado 15 julio 2020]. Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/3764>

VILLEE. C. (1996) Biología, Octava Edición, Editorial Mexicana. 943. pp.



ANEXOS

Anexo 1 — Matriz de consistencia metodológica

“Microorganismos eficaces, enriquecido con roca fosfórica en la calidad del compost de residuos sólidos orgánicos municipales, Chuquibambilla Grau”

Problemas	Objetivos	hipótesis	Variables	Indicadores	Índices
Problema General ¿Cuál será el efecto de los microorganismos eficientes enriquecido con roca fosfórica en la calidad del compost de residuos sólidos orgánicos municipales en Chuquibambilla - Grau?	Objetivo general. Evaluar el efecto de los microorganismos eficientes enriquecido con roca fosfórica en la calidad del compost de residuos sólidos orgánicos municipales en Chuquibambilla – Grau.	Hipótesis general. Existen diferencias en el efecto de los microorganismos eficientes enriquecido con roca fosfórica en la calidad del compost de residuos sólidos orgánicos municipales en Chuquibambilla – Grau.	Niveles de microorganismos eficaces EM-compost, enriquecidos con roca fosfórica.	Nivel Alto Nivel Medio Nivel Bajo Testigo	3 L EM + 10 kg RF en 0.3 m ³ de RO 2 L EM + 10 kg RF en 0.3 m ³ de RO 1 L EM + 10 kg RF en 0.3 m ³ de RO 0 L EM + 0 kg RF en 0.3 m ³ de RO
Problema específico 1 ¿Cuál será el efecto de los microorganismos eficientes enriquecido con roca fosfórica en la calidad de los parámetros físicos del compost de residuos sólidos orgánicos municipales en Chuquibambilla - Grau?	Objetivo específico 1 Evaluar el efecto de los microorganismos eficientes enriquecido con roca fosfórica en la calidad de los parámetros físicos del compost de residuos sólidos orgánicos municipales en Chuquibambilla – Grau.	Hipótesis específica 1 Existen diferencias significativas en el efecto de los microorganismos eficientes enriquecido con roca fosfórica en la calidad de los parámetros físicos del compost de residuos sólidos orgánicos municipales en Chuquibambilla – Grau.	Calidad de los parámetros físicos	Humedad Materia Seca Densidad Aparente Densidad real Porosidad Materia orgánica	% % (gr/cc) (gr/cc) % %
Problema específico 2 ¿Cuál será el efecto de los microorganismos eficientes enriquecido con roca fosfórica en la calidad de los parámetros químicos del compost de residuos sólidos orgánicos municipales en Chuquibambilla - Grau?	Objetivo específico 2 Evaluar el efecto de los microorganismos eficientes enriquecido con roca fosfórica en la calidad de los parámetros químicos del compost de residuos sólidos orgánicos municipales en Chuquibambilla – Grau.	Hipótesis específica 2 Existen diferencias significativas en el efecto de los microorganismos eficientes enriquecido con roca fosfórica en la calidad de los parámetros químicos del compost de residuos sólidos orgánicos municipales en Chuquibambilla – Grau.	Calidad de los parámetros químicos	pH Conductividad eléctrica Nitrógeno Fosforo Potasio Oxido de calcio Oxido de magnesio Sodio Relación C/N Fierro Cobre Zn Manganeso Boro	Escala (dS/m) % % % % % % Escala ppm ppm ppm ppm ppm ppm ppm
Problema específico 3 ¿Cuál será el efecto de los microorganismos eficientes enriquecido con roca fosfórica en la calidad de los parámetros biológicos del compost de residuos sólidos orgánicos municipales en Chuquibambilla - Grau?	Objetivo específico 3 Evaluar el efecto de los microorganismos eficientes enriquecido con roca fosfórica en la calidad de los parámetros biológicos del compost de residuos sólidos orgánicos en Chuquibambilla – Grau.	Hipótesis específica 3 Existen diferencias significativas en el efecto de los microorganismos eficientes enriquecido con roca fosfórica en la calidad de los parámetros biológicos del compost de residuos sólidos orgánicos municipales en Chuquibambilla – Grau.	Calidad de los parámetros biológicos	Coliformes totales Coliformes fecales E coli Mohos levaduras Actinomicetos	MNP/g NMP/g NMP/g UFC/g UFC/g

Anexo 2 — Reporte de análisis de laboratorio de las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del compost en estudio.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA LABORATORIO DE ECOLOGÍA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGÍA



INFORME DE ENSAYO N° 2112321 - LMT

SOLICITANTE : RUDY POCCORI JUAREZ
DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO
MUESTRA : COMPOST - TRATAMIENTO 1
PROCEDENCIA : Planta de residuos sólidos
TIPO DE ENVASE : Bolsa con cierre hermético
CANTIDAD DE MUESTRA : 03 muestra x 03 und. x 500 g. aprox.
ESTADO Y CONDICIÓN : En buen estado y cerrado
FECHA DE MUESTREO : 2021 - 11 - 30
FECHA DE RECEPCIÓN : 2021 - 12 - 02
FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2021 - 12 - 03
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2021 - 12 - 15

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA

Tratamiento 1	Análisis Microbiológico	Muestra 2112321
I	¹ Enumeración de coliformes totales (NMP/g)	$> 11 \times 10^2$
	¹ Enumeración de coliformes fecales (NMP/g)	93
	¹ Enumeración de <i>E.coli</i> (NMP/g)	15
	¹ Recuento de mohos y levaduras (UFC/g)	30×10^4
	² Recuento de actinomicetos (UFC/g)	17×10^4
II	¹ Enumeración de coliformes totales (NMP/g)	$> 11 \times 10^2$
	¹ Enumeración de coliformes fecales (NMP/g)	92
	¹ Enumeración de <i>E.coli</i> (NMP/g)	15
	¹ Recuento de mohos y levaduras (UFC/g)	30×10^4
	² Recuento de actinomicetos (UFC/g)	17×10^4
III	¹ Enumeración de coliformes totales (NMP/g)	$> 11 \times 10^2$
	¹ Enumeración de coliformes fecales (NMP/g)	93
	¹ Enumeración de <i>E.coli</i> (NMP/g)	14
	¹ Recuento de mohos y levaduras (UFC/g)	30×10^4
	² Recuento de actinomicetos (UFC/g)	17×10^4

Métodos:

¹International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983. 2da Ed. Vol 1 Part II, (Tred. 1988) Reimp. 2000. Editorial Acribia.

²American Public Health Association. 1992. Compendium of methods for the Microbiological Examination of Foods. 3rd Ed. Chapter 13.

Observaciones:

Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante. Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita. Validez del documento:

Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.

DRA. DORIS ZÚRIGA DÁVILA

Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana
 y Biotecnología "Marino Tabasco"
 Universidad Nacional Agraria La Molina
 Teléfono: 6147800 anexo 274
 E-mail: lm@lamolina.edu.pe

La Molina, 16 de diciembre de 2021

Av. La Molina s/n La Molina, Código Postal 15024 - Lima - Perú
 ☎ (511) 614-7800 anexo 274 - E-mail: lm@lamolina.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
LABORATORIO DE ECOLOGÍA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGÍA



INFORME DE ENSAYO N° 2112322 - LMT

SOLICITANTE : RUDY POCCORI JUAREZ
DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO
MUESTRA : COMPOST - TRATAMIENTO 2
PROCEDENCIA : Planta de residuos sólidos
TIPO DE ENVASE : Bolsa con cierre hermético
CANTIDAD DE MUESTRA : 03 muestra x 03 und. x 500 g. aprox.
ESTADO Y CONDICIÓN : En buen estado y cerrado
FECHA DE MUESTREO : 2021 - 11 - 30
FECHA DE RECEPCIÓN : 2021 - 12 - 02
FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2021 - 12 - 03
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2021 - 12 - 15

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA

Tratamiento 1	Análisis Microbiológico	Muestra 2112322
I	¹ Enumeración de coliformes totales (NMP/g)	> 11 x 10 ²
	¹ Enumeración de coliformes fecales (NMP/g)	93
	¹ Enumeración de <i>E.coli</i> (NMP/g)	42
	¹ Recuento de mohos y levaduras (UFC/g)	45 x 10 ⁴
	² Recuento de actinomicetos (UFC/g)	27 x 10 ⁴
II	¹ Enumeración de coliformes totales (NMP/g)	> 11 x 10 ²
	¹ Enumeración de coliformes fecales (NMP/g)	91
	¹ Enumeración de <i>E.coli</i> (NMP/g)	43
	¹ Recuento de mohos y levaduras (UFC/g)	45 x 10 ⁴
	² Recuento de actinomicetos (UFC/g)	27 x 10 ⁴
III	¹ Enumeración de coliformes totales (NMP/g)	> 11 x 10 ²
	¹ Enumeración de coliformes fecales (NMP/g)	93
	¹ Enumeración de <i>E.coli</i> (NMP/g)	45
	¹ Recuento de mohos y levaduras (UFC/g)	45 x 10 ⁴
	² Recuento de actinomicetos (UFC/g)	27 x 10 ⁴

Métodos:

¹International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983. 2da Ed. Vol 1 Part II, (Tred. 1988) Reimp. 2000. Editorial Acirbia.

²American Public Health Association. 1962. Compendium of methods for the Microbiological Examination of foods. 3rd Ed. Chapter 13.

Observaciones:

Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante. Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita. Validez del documento:

Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.


DRA. DORIS ZÚÑIGA DÁVILA

Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología "Marino Tabacco"
Universidad Nacional Agraria La Molina

Teléfono: 6147800 anexo 274
E-mail: lmt@lamolina.edu.pe

La Molina, 16 de diciembre de 2021

Av. La Molina s/n La Molina, Código Postal 15024 - Lima - Perú



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

LABORATORIO DE ECOLOGÍA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGÍA



INFORME DE ENSAYO N° 2112323 - LMT

SOLICITANTE : RUDY POCCORI JUAREZ
DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO
MUESTRA : COMPOST - TRATAMIENTO 3
PROCEDENCIA : Planta de residuos sólidos
TIPO DE ENVASE : Bolsa con cierre hermético
CANTIDAD DE MUESTRA : 03 muestra x 03 und. x 500 g. aprox.
ESTADO Y CONDICIÓN : En buen estado y cerrado
FECHA DE MUESTREO : 2021 - 11 - 30
FECHA DE RECEPCIÓN : 2021 - 12 - 02
FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2021 - 12 - 03
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2021 - 12 - 15

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA

Tratamiento 1	Análisis Microbiológico	Muestra 2112323
I	¹ Enumeración de coliformes totales (NMP/g)	$> 11 \times 10^2$
	¹ Enumeración de coliformes fecales (NMP/g)	23
	¹ Enumeración de <i>E.coli</i> (NMP/g)	21
	¹ Recuento de mohos y levaduras (UFC/g)	60×10^4
	² Recuento de actinomicetos (UFC/g)	28×10^4
II	¹ Enumeración de coliformes totales (NMP/g)	$> 11 \times 10^2$
	¹ Enumeración de coliformes fecales (NMP/g)	23
	¹ Enumeración de <i>E.coli</i> (NMP/g)	23
	¹ Recuento de mohos y levaduras (UFC/g)	60×10^4
	² Recuento de actinomicetos (UFC/g)	28×10^4
III	¹ Enumeración de coliformes totales (NMP/g)	$> 11 \times 10^2$
	¹ Enumeración de coliformes fecales (NMP/g)	22
	¹ Enumeración de <i>E.coli</i> (NMP/g)	23
	¹ Recuento de mohos y levaduras (UFC/g)	60×10^4
	² Recuento de actinomicetos (UFC/g)	28×10^4

Métodos:

¹International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983. 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Reimp. 2000. Editorial Acribia.

²American Public Health Association. 1992. Compendium of methods for the Microbiological Examination of foods. 3rd Ed. Chapter 13.

Observaciones:

Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante. Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita. Validez del documento:

Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.


DRA. DORIS ZÚRIGA DÁVILA


Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana
 y Biotecnología "Marino Tabares"
 Universidad Nacional Agraria La Molina

Teléfono: 814-7800 anexo 274
 E-mail: lmol@lamolina.edu.pe

La Molina, 16 de diciembre de 2021

Av. La Molina s/n La Molina, Código Postal 15024 - Lima - Perú
 ☐ (511) 814-7800 anexo 274 - E-mail: lmol@lamolina.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
LABORATORIO DE ECOLOGIA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGIA



INFORME DE ENSAYO N° 2112324 - LMT

SOLICITANTE : RUDY POCCORI JUAREZ
DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO
MUESTRA : COMPOST - TRATAMIENTO 4
PROCEDENCIA : Planta de residuos sólidos
TIPO DE ENVASE : Bolsa con cierre hermético
CANTIDAD DE MUESTRA : 03 muestra x 03 und. x 500 g. aprox.
ESTADO Y CONDICIÓN : En buen estado y cerrado
FECHA DE MUESTREO : 2021 - 11 - 30
FECHA DE RECEPCIÓN : 2021 - 12 - 02
FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2021 - 12 - 03
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2021 - 12 - 15

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA

Tratamiento 1	Análisis Microbiológico	Muestra 2112324
I	¹ Enumeración de coliformes totales (NMP/g)	< 3
	¹ Enumeración de coliformes fecales (NMP/g)	< 3
	¹ Enumeración de <i>E.coli</i> (NMP/g)	< 3
	¹ Recuento de mohos y levaduras (UFC/g)	30 x 10 ⁴
	² Recuento de actinomicetos (UFC/g)	13 x 10 ³
II	¹ Enumeración de coliformes totales (NMP/g)	< 3
	¹ Enumeración de coliformes fecales (NMP/g)	< 3
	¹ Enumeración de <i>E.coli</i> (NMP/g)	< 3
	¹ Recuento de mohos y levaduras (UFC/g)	33 x 10 ⁴
	² Recuento de actinomicetos (UFC/g)	13 x 10 ³
III	¹ Enumeración de coliformes totales (NMP/g)	< 3
	¹ Enumeración de coliformes fecales (NMP/g)	< 3
	¹ Enumeración de <i>E.coli</i> (NMP/g)	< 3
	¹ Recuento de mohos y levaduras (UFC/g)	33 x 10 ⁴
	² Recuento de actinomicetos (UFC/g)	13 x 10 ³

Métodos:

¹International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983. 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Reimp. 2000. Editorial Acribia.

²American Public Health Association. 1992. Compendium of methods for the Microbiological Examination of Foods. 3rd Ed. Chapter 13.

Observaciones:

Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante. Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita. Validez del documento:

Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.


DRA. DORIS ZÚRIGA DÁVILA


Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana
y Biotecnología "Marino Tabacco"
Universidad Nacional Agraria La Molina

Teléfono: 6147800 anexo 274
E-mail: lm1@lamolina.edu.pe

La Molina, 15 de diciembre de 2021

Av. La Molina s/n La Molina, Código Postal 15024 - Lima - Perú
☐ (511) 614-7800 anexo 274 - E-mail: lm1@lamolina.edu.pe



LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO, FISICO DE SUELOS AGUA Y PLANTAS

CALLE ALMAGRO N° 190
Tel.: 277471-CEL: 984163025
SAN JERÓNIMO-CUSCO



INFORME DE ANÁLISIS

TIPO DE ANÁLISIS : OTROS ANALISIS (EN MUESTRA SECA)
PROCEDENCIA DE MUESTRA : PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS
SÓLIDOS CHUQUIBAMBILLA-GRAU APURÍMAC.
SOLICITANTE : RUDY POCCORI JUAREZ

OTROS ANALISIS:

N°	CLAVE	REPETICIÓN	% HUMEDAD	% M. SECA	gr/c.c Da	gr/c.c Dr	% POROSIDAD
01	TRATAMIENTO 01-T-1	I	3.38	96.62	0.88	3.04	71.05
		II	3.39	96.64	0.86	3.02	71.06
		III	3.37	96.60	0.90	3.06	71.05
02	TRATAMIENTO 02-T-2	I	3.21	96.79	0.95	3.18	70.12
		II	3.22	96.81	0.96	3.19	70.11
		III	3.21	96.78	0.95	3.16	70.13
03	TRATAMIENTO 03-T-3	I	3.25	96.75	0.96	3.00	70.00
		II	3.26	96.76	0.96	3.10	70.10
		III	3.24	96.75	0.95	3.00	70.00
04	TRATAMIENTO 04-T-4	I	4.66	95.34	0.82	2.92	71.91
		II	4.65	95.33	0.81	2.91	71.90
		III	4.66	95.34	0.83	2.92	71.92

CUSCO, 22 DE DICIEMBRE DEL 2021.



ING. ACRD. Marco Antonio Yapura Cayo
CIP - 217801
QUIMICA DE SUELOS Y FERTILIZANTES



PAUSTO YAPURA CONDORI
ANALISIS QUIMICO DE SUELOS AGUAS Y PLANTAS

Anexo 3 — Ubicación del campo experimental

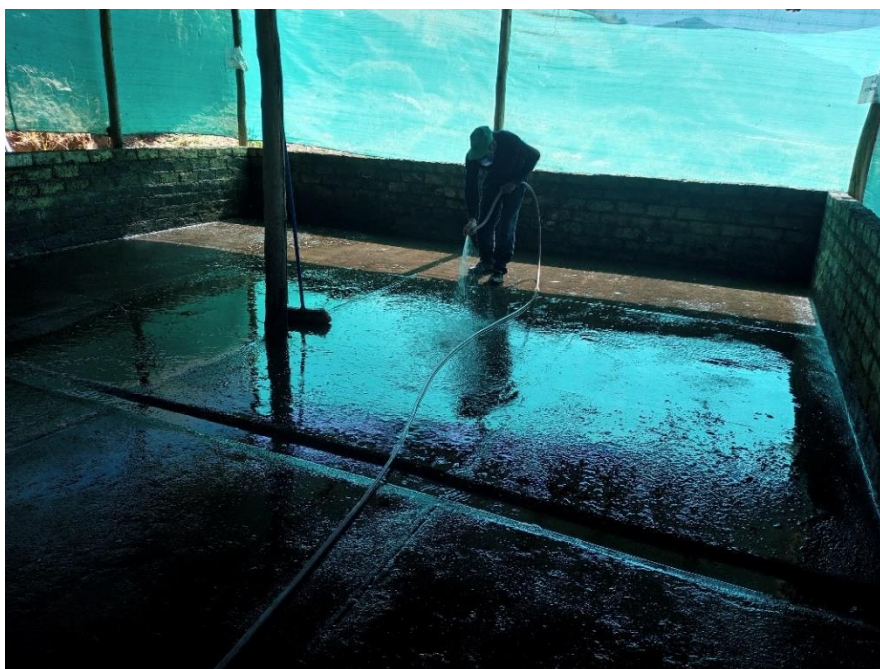
Ubicación	Localidad
Departamento	Apurímac
Provincia	Grau
Distrito	Chuquibambilla
Sector	Chinchillpay (Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos de la Municipalidad Provincial de Grau)
Latitud sur	14° 06´ 4.86"
Latitud oeste	72° 43´ 24.49"
Altitud	3696 msnm

Fuente: PIGARS-Municipalidad provincial de Grau, 2010

Anexo 4 — Procedimiento y duración del experimento (fechas del proceso de ejecución)

Fases de ejecución de investigación	Fecha
Fase de campo	
Recolección de estiércol vacuno	15/08/2021
Recolección de residuos sólidos orgánicos municipales	15-22/09/2021
Picado de residuos sólidos orgánicos recolectados	22/09/2021
Tratamiento de humedad	23/09/2021
Homogenización de residuos sólidos	25/09/2021
Activación de los microorganismos	17/09/2021
Formación de las pilas de compostaje	29/09/2021
Adición de EM activado a las pilas de compostaje	Cada 7 días a partir del día 1
Medición de temperatura	Cada 3 días a partir del día 1 (12:00 horas)
Comprobación de la humedad	Cada 3 días a partir del día 1 (12:00 horas)
Evaluación de pH	Cada 3 días a partir del día 1 (12:00 horas)
Riego de las pilas de compostaje	Realizada
Volteos periódicos de las pilas de compostaje	Cada 3 días a partir del día 3 (12:00 horas)
Cosecha del compost y recojo de muestras	30/11/2021
Fase de laboratorio	
Análisis de muestras en laboratorio	02-22/12/2021
Fase de gabinete	
Ordenamiento y análisis de datos	
Sistematización de tesis	

Anexo 5 — Panel fotográfico



Fotografía 1 — Acondicionamiento del lugar de investigación

Se observa la limpieza y desinfección del área de investigación



Fotografía 2 — Insumo para la activación del caldo microbiano

Se observa EM-Compost, melaza de caña y recipiente para preparar el caldo microbiano



Fotografía 3 — Preparación del caldo microbiano

Se muestra la preparación del caldo microbiano, realizado con insumos y materiales necesarios



Fotografía 4 — Caldo microbiano (EM-COMPOST) activado

Se muestra, el caldo microbiano activado después de 7 días



Fotografía 5 — Distribución del área de investigación

Se muestra la distribución del área de estudio según diseño de investigación



Fotografía 6 — Picado y deshidratación de residuos sólidos orgánicos municipales

Se muestra el picado y deshidratado de residuos sólidos según metodología planteada



Fotografía 7 — Pesaje de los diferentes insumos para la instalación de las pilas
Se muestra el pesaje de insumos para instalar pilas de compostaje, se realizó con balanza eléctrica de 500 Kg.



Fotografía 8 — Instalación y formación de pilas en el ara de investigación
Se muestra la formación de pilas según metodología planteada, se respetó la cantidad y alturas establecidas



Fotografía 9 — Incorporación de EM COMPOST a las pilas composteras

Se muestra la incorporación de EM COMPOST activado según dosis establecido



Fotografía 10 — Tratamientos en lotes composteros distribuidos aleatoriamente

Se muestra el área de estudio con lotes composteros cubiertos con plástico color negro



Fotografía 11 — Control de temperatura durante el proceso de compostaje

Se muestra el control de temperatura realizada con frecuencia de 3 días durante las 22 semanas



Fotografía 12 — Muestras para control de pH durante el proceso de compostaje

Se muestra la actividad de registro de pH, con 3 repeticiones por cada pila utilizando el equipo pH meter Hi 8424



Fotografía 13 — Control de humedad (método puño)

Se muestra el control de humedad realizada en las pilas composteras con la metodología del puño, con una frecuencia de 3 días durante los 90 días



Fotografía 14 — Volteo de pilas (aireación de pilas) durante el proceso de compostaje

Se muestra el volteo de las pilas con la ayuda de una pala tipo cuchara, realizada cada 3 días



Fotografía 15 — Presencia de esporas de hongos en los lotes composteros

Se muestra una imagen de presencia de esporas (color blanco) en la parte media de las pilas composteras efecto de la aplicación de caldo microbiano



Fotografía 16 — Control de temperatura en núcleo de pila compostera (pilas)

Se muestra una imagen registrando la temperatura en el núcleo de la pila con el equipo multiparametro pH-meter Hi 8424



Fotografía 17 — Muestra de hifas de hongos que cubren los residuos orgánicos en proceso de descomposición

Se muestra hifas en las pilas composteras, producto de la actividad microbiana sobre los residuos sólidos



Fotografía 18 — Presencia de invertebrados en pilas composteras

Se muestra presencia de invertebrados, un indicador de que el compost ha retornado a la fase mesófila y está estabilizándose a condiciones ambientales



Fotografía 19 — Lote compostero con temperatura, pH y humedad estable

Se muestra los lotes composteros con humedad y temperatura ambiental y pH cercano al neutro



Fotografía 20 — Toma de muestras de cada pila compostera para análisis de laboratorio

Se muestra la actividad de toma de muestras por cada tratamiento con el apoyo de balanza digital



Fotografía 21 — Muestras rotuladas para análisis en laboratorio

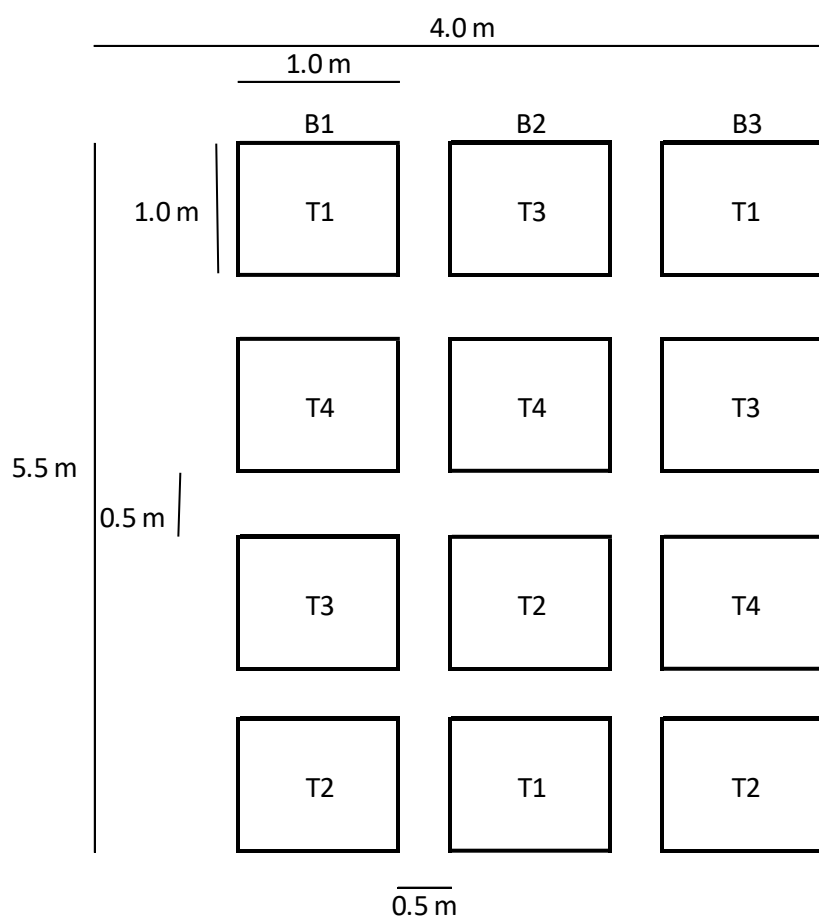
Se presenta las muestras de compost rotuladas para ser entregadas al laboratorio



Fotografía 22 — Cosecha y ensacado de compost

Se muestra los compost ensacados después de la actividad de cosecha y toma de muestras

Anexo 6 — Representación esquemática del Diseño Bloques Completamente al Azar-DBCA



Anexo 7 — Croquis de ubicación de la planta de tratamiento de residuos sólidos de Chuquibambilla-Grau Apurímac.

