



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**“Evaluación de la eficiencia de las dosis de microorganismos en elaboración de compost
a partir de residuos orgánicos, distrito de San Jerónimo, Cusco-2023”**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible

PRESENTADO POR:

Julio Cesar Condori Riveros

Richard Andree Bravo Humpire

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

Ingeniero Ambiental

ASESOR:

Dra. Blga. Violeta Eugenia Zamalloa Acurio

CUSCO – PERÚ – 2023



Metadatos

Datos del autor	
Nombres y Apellidos	Richard Andree Bravo Humpire
Numero de documento de identidad	73194733
URL de Orcid	https://orcid.org/0009-0008-6236-3559
Nombres y Apellidos	Julio Cesar Condori Riveros
Numero de documento de identidad	44475729
URL de Orcid	https://orcid.org/0009-0005-9774-9732
Datos del asesor	
Nombres y Apellidos	Violeta Eugenia Zamalloa Acurio
Numero de documento de identidad	23867865
URL de Orcid	https://orcid.org/0000-0002-7130-3362
Datos del jurado	
Presidente del jurado (jurado 1)	
Nombres y Apellidos	Felio Calderon La Torre
Numero de documento de identidad	25310696
Jurado 2	
Nombres y Apellidos	Teodoro Huarhua Chipani
Numero de documento de identidad	45924301
Jurado 3	
Nombres y Apellidos	Liw Canales Sierra
Numero de documento de identidad	23963936
Jurado 4	
Nombres y Apellidos	Juan Jose Zuniga Negron
Numero de documento de identidad	23989604
Datos de la investigación	
Línea de investigación de la Escuela Profesional	Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible



Informe de revisión de similitud con turnitin

tesis

por Julio Cesar condori riveros

Fecha de entrega: 29-dic-2023 07:58a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2265487226

Nombre del archivo: null_final.pdf (7.07M)

Total de palabras: 32937

Firma del asesor



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**“Evaluación de la eficiencia de las dosis de microorganismos en elaboración de compost
a partir de residuos orgánicos, distrito de San Jerónimo, Cusco-2023”**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible

PRESENTADO POR:

Julio Cesar Condori Riveros

Richard Andree Bravo Humpire

PARA OPTAR EL TITULO PROFIONAL DE

Ingeniero Ambiental

ASESOR:

Dra. Blga. Violeta Eugenia Zamalloa Acurio

CUSCO – PERÚ – 2023

Firma del asesor



tesis

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uandina.edu.pe Fuente de Internet	6%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
3	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.udl.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	1%
8	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	1%
9	repositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	1%

Firma del asesor



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Julio Cesar condori riveros
Título del ejercicio: tesis
Título de la entrega: tesis
Nombre del archivo: null_final.pdf
Tamaño del archivo: 7.07M
Total páginas: 179
Total de palabras: 32,937
Total de caracteres: 168,122
Fecha de entrega: 29-dic.-2023 07:58a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre... 2265487226



Derechos de autor 2024 Turnitin. Todos los derechos reservados.

Firma del asesor



Dedicatoria

A los miembros de mi familia, particularmente a mis padres, por guiarme en cada paso e inculcándome valores esenciales de respeto, dedicación y humildad. Ellos me brindan su apoyo y motivación cuando más lo necesitaba.

Richard Andree Bravo Humpire

A todos los integrantes de mi familia, por el incondicional, en especial a las dos personas que me dieron la vida, Luciano y teresa, que desde niño me brindaron y enseñaron las herramientas necesarias para convertirme en un profesional lleno de valores, así mismo a mi pequeño Jacob Andree quien hoy es mi gran motivo de vida.

Julio Cesar Condori Riveros



Agradecimientos

Agradecemos a nuestras familias, quienes siempre estuvieron apoyando y motivando en nuestra formación universitaria.

Agradecidos con nuestra asesora; Dra. Blga. Violeta Eugenia Zamalloa Acurio, por disponer su tiempo, dedicación y por el apoyo continuo brindado en nuestra investigación.

A nuestro dictaminante, Mgt. Ing. Teodoro Huarhua Chipani, por su contribución, aportación y sugerencias constantes durante el desarrollo de la investigación.

Los investigadores agradecemos a los catedráticos integrantes de la escuela profesional de Ingeniera Ambiental, impartir sus competencias, consejos y brindarnos orientación a lo largo de nuestro camino universitario.



Resumen

La reciente investigación intitulada “Evaluación de eficiencia de las dosis de microorganismos en elaboración de compost a partir de residuos orgánicos, distrito de San Jerónimo, Cusco-2023”, cuyo objetivo es evaluar la eficiencia de las dosis de microorganismos en la elaboración de compost a partir de residuos orgánicos procedentes del mercado Vinocanchón y la empresa “Distribuidor Logístico Z & P”. Se empleo el diseño experimental en un periodo de 50 días, de mayo a junio del 2023, donde se realizó la aplicación de cuatro tratamientos con tres repeticiones cada uno, los cuales contenían diferentes concentraciones de microorganismos eficientes: T₁: tratamiento testigo con 0% de microorganismos eficientes (ME); T₂: con 20% ME, T₃: con 30% ME y T₄: con 40% de ME. Con un peso inicial de 250 kg para cada pila de compostaje. Se realizaron dos monitoreos semanales para los parámetros de (temperatura, humedad y pH) a fin de analizar sus cambios durante el proceso como indica la Norma Técnica Peruana NTP 201.208 y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO); a 30 días de iniciado el estudio se recolectaron muestras para realizar un análisis en laboratorio y así conocer la condición del compost. A los 50 días se verifico que la temperatura, pH y humedad alcanzaron su estabilidad, así mismo se observó el color oscuro y se percibió el olor a tierra fresca (indicadores de un compost maduro), volviendo a recolectar muestras para realizar un análisis final de laboratorio para parámetros físico-químicos (pH, conductividad eléctrica, densidad aparente, nitrógeno total, fosforo total, potasio total, calcio total, magnesio total, materia orgánica y relación C/N) del compost. Por tanto, se determinó que la dosis más eficiente fue el T₄ con una concentración de 40% de microorganismos eficientes que mejoro las propiedades físicos y químicos del compost, teniendo como resultado los promedios finales, Relación C/N 14.8/1, Nitrógeno Total 1.77 %, Fosforo Total 0.50 %, Potasio Total 2.25 % y Materia Orgánica 33.87 %.

Palabras clave: Microorganismos Eficientes, parámetros físico-químicos, compost, residuos orgánicos



Abstract

The recent research entitled "Evaluation of the efficiency of the doses of microorganisms in the elaboration of compost from organic waste, district of San Jeronimo, Cusco-2023", whose objective is to evaluate the efficiency of the doses of microorganisms in the elaboration of compost from organic waste from the Vinocanchon market and the company "Distribuidor Logistico Z & P". The experimental design was used for a period of 50 days, from May to June 2023, where four treatments were applied with three replicates each, each containing different concentrations of efficient microorganisms: T1: control treatment with 0% efficient microorganisms (EM); T2: with 20% EM, T3: with 30% EM and T4: with 40% EM. With an initial weight of 250 kg for each compost pile. The parameters (temperature, humidity and pH) were monitored twice a week in order to analyze changes during the process as indicated in the Peruvian Technical Standard NTP 201.208 and the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO); 30 days after the start of the study, samples were collected for laboratory analysis to determine the condition of the compost. After 50 days, it was verified that the temperature, pH and humidity had reached stability, as well as the dark color and the smell of fresh earth (indicators of mature compost), and samples were collected again for a final laboratory analysis of the physical-chemical parameters (pH, electrical conductivity, bulk density, total nitrogen, total phosphorus, total potassium, total calcium, total magnesium, organic matter and C/N ratio) of the compost. Therefore, it was determined that the most efficient dose was T4 with a concentration of 40% of efficient microorganisms that improved the physical and chemical properties of the compost, resulting in the final averages, C/N ratio 14.8/1, Total Nitrogen 1.77 %, Total Phosphorus 0.50 %, Total Potassium 2.25 % and Organic Matter 33.87 %.

Key words: Efficient microorganisms, physicochemical parameters, compost, organic wastes.



Introducción

Un problema ambiental muy común que se presenta en la mayor parte de ciudades del mundo es la generación de residuos orgánicos, este problema ambiental se vio incrementándose por que la población día a día va aumentando y las actividades económicas del hombre se va diversificando; los residuos orgánicos son el principal componente en los rellenos sanitarios, botaderos o al lugar donde disponen estos residuos, se ha generado la necesidad de implementar un manejo y valorización adecuados para hacer frente a esta problemática ambiental.

Frente al problema actual se está llevando a cabo la innovación tecnológica para lograr la reutilización y/o valorización de los residuos mediante varias prácticas logrando un valor agregado y una economía circular que favorece al medio ambiente ya que puede reducir el volumen en los diferentes lugares de acopio.

Se estableció al compostaje como una alternativa de valorización tal como indica la Ley N° 1278, Gestión Integral de los Residuos Sólidos, siendo posible su utilización como abono natural. Esta innovación biotecnológica visto en el enfoque de medio ambiental, incrementa el tiempo de servicio de los botaderos o rellenos sanitarios, por ello, disminuye la generación de gases de efecto invernadero. En el rubro económico, reduce el costo de uso de fertilizantes en los cultivos, áreas verdes y permite la economía circular. (Leo Portilla, 2022).

De modo que, la presente investigación se posiciona como una alternativa, que se suma a experiencias ya existentes, para ello hemos utilizado un método biológico que es el compostaje, con el empleo de diferentes dosis de microorganismos que permitió mejorar la obtención de compost producido con residuos orgánicos.



Índice General

Dedicatoria.....	7
Agradecimientos.....	8
Resumen.....	9
Abstract.....	10
Introducción	11
Índice General	12
Índice de Tablas	16
Índice de Figuras.....	18
Capítulo I: Planteamiento del Problema	22
1.1. Planteamiento del Problema	22
1.2. Formulación del Problema.....	23
1.2.1. <i>Problema General</i>	23
1.2.2. <i>Problemas Específicos</i>	23
1.3. Justificación	23
1.3.1. <i>Conveniencia</i>	23
1.3.2. <i>Relevancia Social</i>	24
1.3.3. <i>Implicancia Practica</i>	24
1.3.4. <i>Valor Teórico</i>	24
1.3.5. <i>Utilidad Metodológica</i>	24
1.4. Objetivos de Investigación	25
1.4.1. <i>Objetivo General</i>	25
1.4.2. <i>Objetivos Específicos</i>	25
1.5. Delimitación del Estudio	25
1.5.1. <i>Delimitación Espacial</i>	25
1.5.2. <i>Delimitación Temporal</i>	26



Capítulo II: Marco Teórico.....	26
2.1. Antecedentes de la Investigación	26
2.1.1. <i>Antecedentes Internacionales.....</i>	<i>26</i>
2.1.2. <i>Antecedentes Nacionales.....</i>	<i>28</i>
2.2. Bases Teóricas	30
2.2.1. <i>Calidad del compost.....</i>	<i>30</i>
2.2.2. <i>Compostaje.....</i>	<i>33</i>
2.2.3. <i>Proceso de Compostaje.....</i>	<i>34</i>
2.2.4. <i>Factores que Determinan el Proceso de Compostaje.....</i>	<i>37</i>
2.2.5. <i>Principales residuos utilizables para el compostaje.....</i>	<i>41</i>
2.2.6. <i>Tecnología de microorganismo eficientes (EM).....</i>	<i>42</i>
2.3. Marco Conceptual.....	48
2.4. Marco Normativo	50
2.5. Hipótesis de la investigación	52
2.5.1. <i>Hipótesis General.....</i>	<i>52</i>
2.5.2. <i>Hipótesis Específicos.....</i>	<i>52</i>
2.6. Variables e Indicadores	52
2.6.1. <i>Identificación de Variables</i>	<i>52</i>
2.6.2. <i>Cuadro de Operacionalización de Variables.....</i>	<i>53</i>
Capítulo III: Método.....	54
3.1. Alcance del Estudio	54
3.1.1. <i>Enfoque de la Investigación</i>	<i>54</i>
3.2. Diseño de la Investigación.....	55
3.3. Diseño Metodológico	55
3.3.1. <i>Activación de microorganismos Eficientes</i>	<i>55</i>



3.3.2.	<i>Recolección y segregación de los residuos orgánicos</i>	58
3.3.3.	<i>Acondicionamiento de lugar y pilas de compostaje</i>	59
3.3.4.	<i>Monitoreo del proceso de compostaje</i>	63
3.3.5.	<i>Determinación de la calidad del compost</i>	65
3.4.	Flujograma.....	66
3.5.	Población	66
3.6.	Muestra	67
3.7.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	67
3.8.	Validez y confiabilidad de instrumentos	67
3.9.	Análisis de datos.....	68
Capítulo IV: Resultados de la Investigación		69
4.1.	Determinación de la Relación C/N al inicio del proceso de compostaje..	69
4.2.	Resultado respecto a los objetivos específicos	69
4.2.1.	<i>Evaluación los parámetros físicos y químicos en la elaboración de compost empleando diferentes dosis de microorganismos a partir de residuos orgánicos en el distrito de San Jeronimo, Cusco-2023</i>	69
4.2.2.	<i>Determinación de la dosis optima de microorganismos utilizada en la elaboración de compost a partir de residuos orgánicos en el distrito de San Jeronimo, Cusco-2023</i>	109
4.2.3.	<i>Determinación del tiempo en la elaboración de compost empleando diferentes dosis de microorganismos a partir de residuos orgánicos en el distrito de San Jeronimo, Cusco- 2023</i>	111
4.3.	Resultados respecto al objetivo General.....	116
4.3.1.	<i>Evaluación de eficiencia de las dosis de microorganismos en la elaboración de compost a partir de residuos orgánicos en el distrito de San Jeronimo, Cusco-2023</i>	116



Capítulo V: Discusión	138
5.1. Descripción de los hallazgos más relevantes y significativos	138
5.2. Limitaciones del estudio	138
5.3. Comparación crítica con la literatura existente	138
5.4. Implicancias del estudio	140
Conclusiones	141
Recomendaciones	142
Referencias.....	144
ANEXOS	150
Anexo 1: Resultados de Laboratorio.....	151
Anexo 2: Datos procesados.....	155
Anexo 3: Acondicionamiento del lugar de investigación	166
Anexo 4. Activación de los microorganismos eficientes.....	167
Anexo 5. Instalación de pilas	169
Anexo 6. Dosificación de ME activados.....	170
Anexo 7: Volteo de las pilas compostaje y Aplicación de los ME.....	172
Anexo 8: Medición de Ph, temperatura y humedad.....	174
Anexo 9: Tamizaje de las pilas, extracción de muestras y pesado	175
Anexo 10: Muestras para laboratorio.....	177
Anexo 11: Acreditación de Instrumentos	178



Índice de Tablas

Tabla 1 Parámetros de un compost de calidad según la NTP 201.208	32
Tabla 2 Parámetros de un compost de calidad según la FAO.....	32
Tabla 3 Temperatura, humedad y pH en el proceso de compostaje	33
Tabla 4 Distribución del total de microorganismos eficientes activados por tratamientos	57
Tabla 5 Distribución de cantidades de microorganismos eficientes activados por frecuencias	57
Tabla 6 Características de los residuos orgánicos.....	58
Tabla 7 Consideraciones generales del diseño de las pilas	60
Tabla 8 Distribución de las pilas.....	61
Tabla 9 Cantidad de repeticiones de las pilas composteras	63
Tabla 10 Instrumentos de recolección de datos	67
Tabla 11 Determinación de la Relación C/N	69
Tabla 12 Análisis de varianza de la evaluación de pH a los 30 días.....	70
Tabla 13 Prueba de Tukey para determinar la significancia del parámetro de pH a los 30 días.	71
Tabla 14 Análisis de varianza de la evaluación de pH a los 50 días.....	72
Tabla 15 Análisis de varianza para conductividad Eléctrica Saturada (dS/m) de 30 días	73
Tabla 16 Análisis de varianza para conductividad Eléctrica Saturada (dS/m) de 50 días	74
Tabla 17 Análisis de varianza de densidad aparente (kg/m ³) de 30 días	74
Tabla 18 Prueba de significancia de Tukey densidad aparente (kg/m ³) de 30 días	75
Tabla 19 Análisis de varianza de densidad aparente (kg/m ³) de 50 días	77
Tabla 20 Prueba de significancia de Tukey densidad aparente (kg/m ³) de 50 días	78
Tabla 21 Análisis de varianza para nitrógeno total % a los 30 días.....	79
Tabla 22	80



Tabla 23 Análisis de varianza de fosforo total (P) % a los 30 días.....	81
Tabla 24 Prueba de significancia de Tukey para fosforo total (P) % a los 30 días.....	82
Tabla 25	83
Tabla 26 Prueba de significancia de Tukey para fosforo total (P) % a los 50 días.....	84
Tabla 27 Análisis de varianza de potasio total (k) % a los 30 días.....	86
Tabla 28 Prueba de significancia de Tukey para potasio total (k) % a los 30 días.....	87
Tabla 29 Análisis de varianza de potasio total (k) % a los 50 días.....	88
Tabla 30 Prueba de significancia de Tukey para potasio total (k) % a los 50 días.....	89
Tabla 31 Análisis de varianza de calcio total (Ca) % a los 30 días	90
Tabla 32 Prueba de significancia de Tukey para calcio total (Ca) % a los 30 días	91
Tabla 33 Análisis de varianza de calcio total (Ca) % a los 50 días	92
Tabla 34 Prueba de significancia de Tukey para calcio total (Ca) % a los 50 días	93
Tabla 35 Análisis de varianza de magnesio total (Mg) % a los 30 días	95
Tabla 36 Prueba de significancia de Tukey magnesio total (Mg) % de 30 días.....	96
Tabla 37 Análisis de varianza de magnesio total (Mg) % a los 50 días	97
Tabla 38 Prueba de significancia de Tukey magnesio total (Mg) % de 50 días.....	98
Tabla 39 Análisis de varianza de materia orgánica % a los 30 días	100
Tabla 40 Prueba de significancia de Tukey para materia orgánica % a los 30 días	101
Tabla 41 Análisis de varianza de materia orgánica % a los 50 días	102
Tabla 42 Prueba de significancia de Tukey para materia orgánica % a los 50 días	103
Tabla 43 Análisis de varianza de relación C/N a los 30 días.....	105
Tabla 44 Prueba de significancia de Tukey para relación C/N a los 30 días.....	105
Tabla 45 Análisis de varianza de relación C/N a los 50 días.....	107
Tabla 46 Prueba de significancia de Tukey para relación C/N a los 50 días.....	107



Tabla 47 Parámetros comparados para la determinación de dosis optima de microorganismos	109
Tabla 48 Datos de monitoreo de Humedad.....	115
Tabla 49 Resultados de parámetros analizados a los 30 días.....	117
Tabla 50 Resultados de parámetros analizados a los 50 días.....	125
Tabla 51 Análisis de varianza producción de compost tamizado kg a los 50 días	134
Tabla 52 Prueba de significancia de Tukey para producción de compost tamizado kg a los 50 días	134

Índice de Figuras

Figura 1 Mapa de ubicación del distrito de San Jerónimo.....	26
Figura 2 Probable aplicación de compost en función al cumplimiento de sus estandares	31
Figura 3 Proceso del compostaje	34
Figura 4 Cuadro de Operacionalización de Variables	53
Figura 5 Materiales para la activación de microorganismos	56
Figura 6 Preparación de los microorganismos para su activación.....	58
Figura 7 Acondicionamiento del lugar	59
Figura 8 Diseño de las pilas.....	60
Figura 9 Medidas de las pilas	61
Figura 10 Distribución de pilas.....	62
Figura 11 Monitoreo pH, Humedad y Temperatura	64
Figura 12 Etapas de la investigación	66
Figura 13 Evaluación de pH a los 30 días	72
Figura 14 Evaluación de densidad aparente (kg/m ³) de 30 días	76
Figura 15 Evaluación de densidad aparente (kg/m ³) de 50 días	79



Figura 16 Evaluación de fósforo total (P) % a los 30 días	83
Figura 17 Evaluación de fósforo total (P) % a los 50 días	85
Figura 18 Evaluación de potasio total (k) % a los 30 días.....	88
Figura 19 Evaluación de potasio total (k) % a los 50 días.....	90
Figura 20 Evaluación de calcio total (Ca) % a los 30 días	92
Figura 21 Evaluación de calcio total (Ca) % a los 50 días	94
Figura 22 Evaluación de magnesio total (Mg) % de 30 días	97
Figura 23 Evaluación de magnesio total (Mg) % de 50 días	99
Figura 24 Evaluación de materia orgánica % a los 30 días	102
Figura 25 Evaluación de materia orgánica % a los 50 días	104
Figura 26 Evaluación de relación C/N a los 30 días.....	106
Figura 27 Evaluación de la relación C/N a los 50 días.....	108
Figura 28 Valores de Relación C/N a los 50 días en función a la optimización de tiempo..	111
Figura 29 Monitoreo de temperatura	113
Figura 30 Monitoreo de pH	114
Figura 31 Contenido de pH a los 30 días del proceso de compostaje en comparación con la NTP 201.208.....	118
Figura 32 Contenido de Conductividad Eléctrica Saturada a los 30 días del proceso de compostaje en comparación con la NTP 201.208.....	119
Figura 33 Contenido de densidad aparente a los 30 días del proceso de compostaje en comparación con la NTP 201.208.....	119
Figura 34 Contenido de nitrógeno total a los 30 días del proceso de compostaje en comparación con la NTP 201.208	120
Figura 35 Contenido de fósforo total a los 30 días del proceso de compostaje en comparación con la NTP 201.208	121



Figura 36 Contenido de potasio total a los 30 días del proceso de compostaje en comparación con la NTP 201.208	121
Figura 37 Contenido de calcio total a los 30 días del proceso de compostaje en comparación con la NTP 201.208	122
Figura 38 Contenido de magnesio total a los 30 días del proceso de compostaje en comparación con la NTP 201.208	123
Figura 39 Contenido de materia orgánica a los 30 días del proceso de compostaje en comparación con la NTP 201.208.....	123
Figura 40 Contenido de relación C/N a los 30 días del proceso de compostaje en comparación con la NTP 201.208	124
Figura 41 Contenido de pH a los 50 días del proceso de compostaje en comparación con la NTP 201.208.....	126
Figura 42 Contenido de conductividad eléctrica saturada a los 50 días del proceso de compostaje en comparación con la NTP 201.208.....	127
Figura 43 Contenido de densidad aparente a los 50 días del proceso de compostaje en comparación con la NTP 201.208.....	128
Figura 44 Contenido de nitrógeno total a los 50 días del proceso de compostaje en comparación con la NTP 201.208	128
Figura 45 Contenido de fósforo total a los 50 días del proceso de compostaje en comparación con la NTP 201.208	129
Figura 46 Contenido de Potasio total a los 50 días del proceso de compostaje en comparación con la NTP 201.208	130
Figura 47 Contenido de Calcio total a los 50 días del proceso de compostaje en comparación con la NTP 201.208	130



Figura 48 Contenido de Magnesio total a los 50 días del proceso de compostaje en comparación con la NTP 201.208.....	131
Figura 49 Contenido de Materia Orgánica a los 50 días del proceso de compostaje en comparación con la NTP 201.208.....	132
Figura 50 Contenido de relación C/N a los 50 días del proceso de compostaje en comparación con la NTP 201.208	133
Figura 51 Evaluación de producción de compost tamizado kg 50 días.....	135
Figura 52 Comparación de residuos inicial, compost a los 50 días, composta tamizado y compost grueso resto de tamizado	136



Capítulo I: Planteamiento del Problema

1.1. Planteamiento del Problema

Según la ONU los residuos orgánicos en promedio representan un 50 % del generado en América Latina y el Caribe. Si no se tiene implementado las técnicas para la valorización de los mismos, estos pueden generar la contaminación del ambiente, incremento del cambio climático y efectos nocivos en la salud (Chávez Porras & Rodríguez Gonzáles, 2016).

La disposición de residuos orgánicos en el Perú no es el adecuado debido a que las instituciones públicas implementan programas de valorización enfocados en su mayoría a los desechos inorgánicos, según el Ministerio del Ambiente (MINAM) la producción de residuos orgánicos fue el 55.7 % del total de los residuos sólidos para el 2020 (COMEXPERU, 2022), representando un problema en la gestión de residuos sólidos.

La generación de residuos sólidos a nivel provincial asciende a 423.98 toneladas por día. En este contexto, el distrito de San Jerónimo ocupa el cuarto lugar con una contribución de 67.4 toneladas diarias. De este total, 28.59 toneladas corresponden a la generación domiciliaria, mientras que 38.82 toneladas provienen de la generación no domiciliaria. (Gerencia de Medio Ambiente, 2020)

Los residuos sólidos generaron 1265 Gigagramos de CO₂eq de gases de efecto invernadero para el año 2014. La mayor fuente de emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de los residuos sólidos es el metano generado por la descomposición de la materia orgánica en los rellenos sanitarios y botaderos, representando cerca del 80% del total (Ministerio del Ambiente (MINAM), 2018).

En el proceso de compostaje como técnica de valorización presenta algunos inconvenientes los cuales son: las situaciones climáticas del lugar de ejecución, residuos orgánicos poco biodegradables, practicas inadecuadas que retrasan la elaboración de compost y alteran las características del compost (Parancán, 2019).



Los microorganismos eficientes (ME) mejoran el contenido de nutrientes y disminuyen el tiempo del proceso de compostaje, según APROLAB (2017) citado en (De la Peña Nolberto, 2019). El proceso de compostaje en zonas frías dura en promedio de cinco a seis meses, debido a que la temperatura baja dificulta la interacción de los microorganismos esto se debe a que las pilas composteras no tienden a conservar la temperatura.

El reciente trabajo de investigación, buscó evaluar la eficiencia de la dosis de microorganismos en la elaboración de compost de residuos orgánicos en el distrito de San Jerónimo.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

¿Cuál es la eficiencia de las dosis de microorganismos en la elaboración de compost a partir de residuos orgánicos en el distrito de San Jerónimo, Cusco-2023?

1.2.2. Problemas Específicos

- ¿Cuál será la variación de los parámetros físicos y químicos en la elaboración de compost empleando diferentes dosis de microorganismos a partir de residuos orgánicos en el distrito de San Jerónimo, Cusco-2023?
- ¿Cuál será la dosis optima de microorganismos utilizada en la elaboración de compost a partir de residuos orgánicos en el distrito de San Jerónimo, Cusco-2023?
- ¿Cuál será el tiempo de la elaboración de compost empleando diferentes dosis de microorganismos a partir de residuos orgánicos en el distrito de San Jerónimo, Cusco-2023?

1.3. Justificación

1.3.1. Conveniencia

Es favorable porque permite obtener compost de calidad y la optimización del tiempo del proceso de compostaje utilizando las dosis de microorganismos.



1.3.2. Relevancia Social

En lo social la investigación tiene el potencial de generar conocimientos científicos valiosos, así como también tiene un impacto directo en la salud del medio ambiente y en la calidad de vida de la comunidad local, mejorando la rentabilidad, la resiliencia y la sostenibilidad de las prácticas agrícolas locales, beneficiando directamente a los agricultores en el distrito de San Jerónimo, Cusco.

1.3.3. Implicancia Practica

El reciente estudio, permitirá que, el uso de dosis de microorganismos para la elaboración de compost, sea replicable en las diferentes instituciones públicas y privadas que están trabajando en la gestión de residuos orgánicos y en la implementación de plantas para su valorización.

1.3.4. Valor Teórico

El estudio aportara información teórica en los avances de la técnica del proceso de compostaje al experimentar el uso de las diferentes dosis de microorganismos. Los hallazgos de esta investigación darán una perspectiva sobre la eficiencia de estas dosis para la elaboración de compost, generando un impacto positivo. Estos resultados pueden generar una base teórica sólida para futuras investigaciones de compostaje y mejorar la comprensión de cómo los microorganismos influyen en la eficiencia del compost.

1.3.5. Utilidad Metodológica

El uso de microorganismos en la elaboración de compost, servirá como una opción eficiente para la obtención de compost, así como los métodos y enfoques para un marco referencial para futuras investigaciones relacionadas. Además, se proporcionarán pautas metodológicas detalladas que podrán ser replicadas en estudios similares.



1.4. Objetivos de Investigación

1.4.1. Objetivo General

Evaluar la eficiencia de las dosis de microorganismos en la elaboración de compost a partir de residuos orgánicos en el distrito de San Jeronimo, Cusco-2023.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Evaluar los parámetros físicos y químicos en la elaboración de compost empleando diferentes dosis de microorganismos a partir de residuos orgánicos en el distrito de San Jeronimo, Cusco-2023.
- Determinar la dosis optima de microorganismos utilizada en la elaboración de compost a partir de residuos orgánicos en el distrito de San Jeronimo, Cusco-2023.
- Determinar el tiempo en la elaboración de compost empleando diferentes dosis de microorganismos a partir de residuos orgánicos en el distrito de San Jeronimo, Cusco-2023.

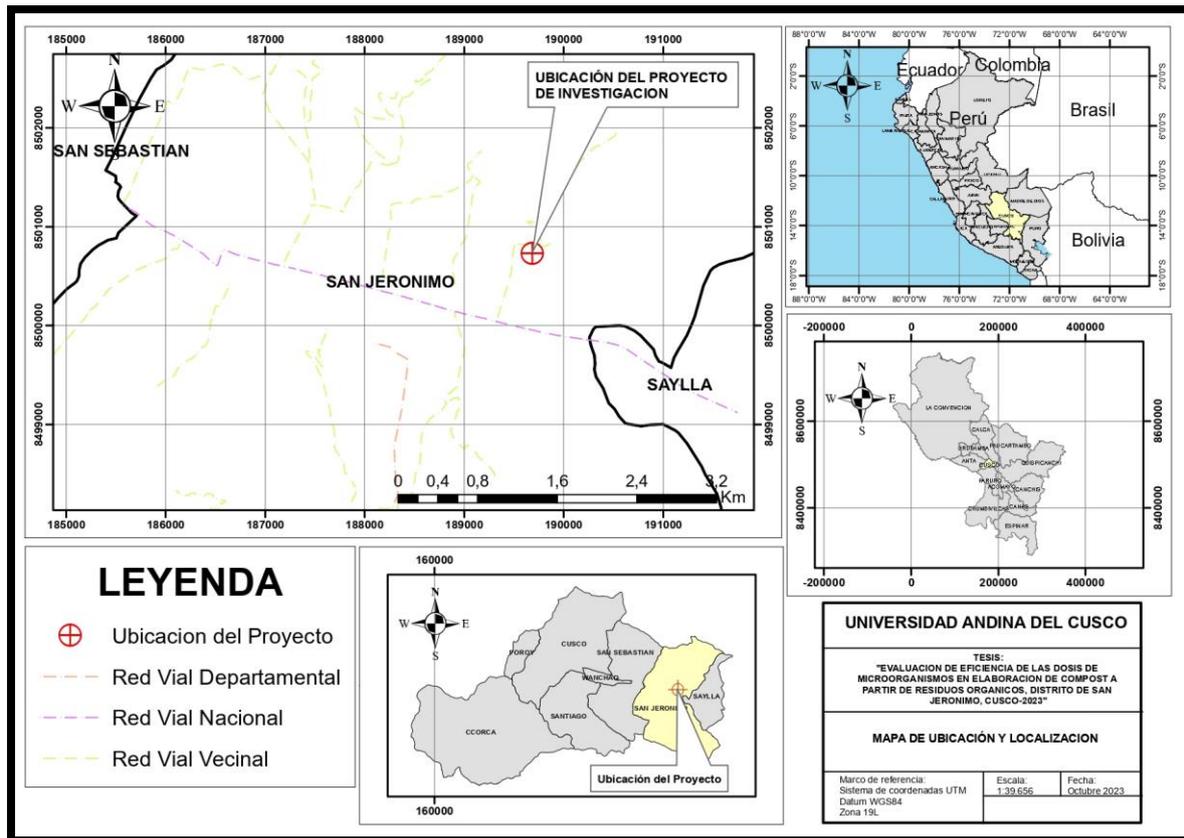
1.5. Delimitación del Estudio

1.5.1. Delimitación Espacial

El reciente estudio de investigación se realizó en la APV Anden Anden, distrito de San Jerónimo, donde se tuvo el espacio apropiado para garantizar los resultados.

Figura 1

Mapa de ubicación del distrito de San Jerónimo



1.5.2. Delimitación Temporal

El actual trabajo de investigación se realizó en un periodo de 50 días, de mayo a junio del año 2023, todos los datos y mediciones de campo de la parte experimental fueron obtenidos en ese tiempo.

Capítulo II: Marco Teórico

2.1. Antecedentes de la Investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Lara Yucta, (2018). En su tesis titulada “Evaluación del comportamiento de los microorganismos eficientes para acelerar la transformación de los desechos sólidos orgánicos originados en el mercado San Alfonso – Riobamba - Ecuador”, como objetivo se tuvo, la evaluación del comportamiento de los Microorganismos Eficientes (EM) para



acelerar la descomposición de los desechos orgánicos originados del Mercado San Alfonso de la ciudad de Riobamba. los resultados obtenidos determinaron la eficiencia de los microorganismos, puesto que minimizo a 56 días el proceso de compostaje para una dosificación de 120ml y 180 ml, mientras que usando el método tradicional se logra el compost en 180 días, por consiguiente, se aseveró que la dosis óptima se encuentra en el rango de 120 a 180 ml.

Pérez Aguilar, 2020. En su tesis intitulada **“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”**. Teniendo como objetivo, evaluar el efecto de la aplicación de microorganismos eficientes en la calidad física y química del abono compost elaborado en la finca los Recuerdos de la Guaracura, realizado con residuos orgánicos generados de la finca las cuales fueron recolectadas durante un mes, siendo estos distribuidos en las 7 camas elaboradas con una dimensión de 1 m² por 70 cm de alto cada uno. De la siguiente manera: estiércol de vacuno 50.00 kg, desechos del cultivo de plátano 25 .00 kg, hojarasca 22.00 kg, restos de cocina 19.00 kg, papa 4.00 kg, plátano 6.00 kg, yuca 3.00 kg, piña 2.00 kg, mizta 3.00 kg. Se concluyo que la diferencia entre los diferentes tratamientos con respecto al uso de microorganismos eficientes no fue significativa, evidenciándose valores relativamente semejantes en sus características física y químicas. La relación a C/N fue optima desde su inicio que tuvo un valor de 31.9/1 y un valor final en el rango de 11.5/1 y 11.6/1, logrando una disponibilidad correcta de alimentos para los microorganismos.

Noboa Gavilanes, (2021). En su tesis intitulada **“Uso de microorganismos eficientes para acelerar la descomposición de residuos vegetales de cacao (*Theobroma cacao L*), Echeandía- Bolívar-A”**, realizada en la ciudad de Guayaquil - Ecuador, tuvo como objetivo



analizar el uso de *Azobacter spp*, *Lactobacillus spp*, *Saccharomyces spp* como estimuladores en la degradación del material vegetal del cultivo de cacao, se realizó 7 tratamientos y 5 repeticiones. Los resultados mostraron que el tratamiento 2 (*Azobacter spp*) presento un pH de 5.88, temperatura 40.28 °C, las cuales se encuentran dentro del rango para descomposición a la séptima semana. Por otro lado, el % de humedad del tratamiento 4 (*Saccharomyces spp*) tuvo un promedio de 27.46 % teniendo un rango adecuado de descomposición. En el tratamiento 6 (*Lactobacillus spp*) la relación C: N el porcentaje fue de 12.3, siendo este el que presento mayor descomposición, en el tratamiento 5 (*Lactobacillus spp*) se obtuvo una relacion ideal de C: N 25.2/1.2

2.1.2. Antecedentes Nacionales

García Pérez (2018), en su investigación intitulada **“Calidad y tiempo de obtención del compost aplicando microorganismos eficientes en la universidad Cesar Vallejo, Filial-Chiclayo – Perú”**, cuyo objetivo principal fue determinar la calidad y el tiempo de obtención del compost para residuos de poda (césped) , empleado microorganismos eficientes (em-compost), se instalaron 15 pilas aeróbicas para dicha investigación, se emplearon dos métodos; primero el tradicional que consiste en la mezcla de residuos de poda (césped), estiércol de ganado y agua con melaza, el segundo conteniendo microorganismos eficientes (EM), aplicándose tres diferentes dosis, de 1000 ml ,500 ml y 250 ml en las pilas composteras. obteniendo los siguientes resultados con microorganismos eficientes (CEM) y sin microorganismos eficientes (SEM), la humedad presento valores de 49.13% (con EM) y 37.76% (sin EM), la relación C/N con 13.90%(sin EM) y 12.84%(con EM),un PH de 8 (con EM) Y 7 (sin EM),Conductividad eléctrica de 3.97 (con EM) Y 3.26 (sin EM), Materia Orgánica de 39.80%(con EM) y 32.76%(sin EM),N con 1.48%(con EM) y 1.66% (sin EM), P con 1.18%(con EM) y 1.26%(sin EM),k con 1.10%(con EM) y 0.85%(sin EM), Ca con 0.76



%(con EM) y 0.37 %(sin EM), los índices de germinación para cada tratamiento fueron 90%(T1), 70 %(T2) y 65%(T3),45%(T0).

Castillo Huaman (2019). En su investigación intitulada **“Evaluación de la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) en el distrito de Huayucachi, Huancayo, 2019”**, realizada en la ciudad de Huancayo – Perú, tuvo como objetivo, la evaluación de la calidad de compost a partir de la mezcla de cuatro tipos de desechos orgánicos (estiércol vacuno y ovino, desechos de mercado y restos de cosecha) y tres dosis de Microorganismos Eficaces (EM) en el distrito de Huayucachi. Empleó el método experimental, para ello se realizó 12 pilas composteras de 0.8 m x 0.6 m cada uno, donde se realizó el monitoreo permanente para la temperatura, pH, humedad y conductividad eléctrica. La incorporación de EM en las pilas incrementó el contenido de humedad de 31.63 % a 50.50 %, la conductividad eléctrica alcanzo un rango de 3.26 y 3.97 dS.m⁻¹, calcio estuvo en el rango de 6.90 y 7.39 %, magnesio estuvo en los rangos de 0.76 % y 1.01 %, relación C:N estuvo en el rango de 16.54:1 y 17.08:1 en el producto final compost , en comparación al producto final sin aplicación de microorganismo eficientes.

Montero Ramírez (2019), en su tesis intitulada **“Eficacia de los microorganismos eficientes en la elaboración de compost con materia orgánica generados en los mercadillos de Cayhuayna, distrito de Pillco Marca, Departamento de Huánuco - Perú”** tuvo como objetivo evaluar la eficacia de los microorganismos eficientes en la elaboración de compost con materia orgánica generado en los mercadillos de Cayhuayna, distrito Pillco Marca del departamento de Huánuco, con un total de 3200 kg, que contenían residuos orgánicos de cuatro mercadillos, estiércol y aserrín; tomándose 4 muestras de compostaje la cuales fueron divididas en dos tratamientos uno con microorganismos eficientes y el otro sin microorganismos eficientes, según resultados se concluyó la eficacia de los microorganismos eficientes en la degradación de la materia orgánica, porque disminuyeron el tiempo habitual



que suele ser de 4 a 6 meses según las situaciones climáticas de cada zona. Obteniendo el compost maduro en 45 días.

Maldonado Rojas. (2020), en su tesis intitulada **“Comparación de la calidad del compost resultante del proceso realizado por microorganismos eficientes comerciales y naturales en el distrito de Jepelacio, región San Martín - Perú”** tuvo como objetivo, comparar la calidad del compost resultante del proceso realizado con microorganismos eficientes (EM) comerciales y naturales en el distrito de Jepelacio, región San Martín. Se instaló pilas composteras de 0.90 m³, con materia orgánica domiciliaria, las pilas fueron inoculadas con microorganismo eficiente naturales y comerciales, finalmente se realizó el monitoreo continuo de los parámetro de temperatura, humedad, así como el tiempo de descomposición, los resultados mostraron que el tratamiento con microorganismos eficientes naturales tuvo un valor de 0.405 % para nitrógeno total, 13.234 % en la relación C/N, 0.0325 % para fósforo, y 0.4213 % para potasio, alcanzando su maduración a los 31 días; así mismo, el tratamiento con microorganismos eficientes comerciales obtuvo 0.3260 % para nitrógeno total, 14.637 % de relación C/N, 0.0382 % de fósforo, y 0.4337 % de potasio, llegando a su fase de maduración a los 28 días. Concluyendo que el compost de mejor calidad fue la que se generó suministrando microorganismos eficientes comerciales.

2.2. Bases Teóricas

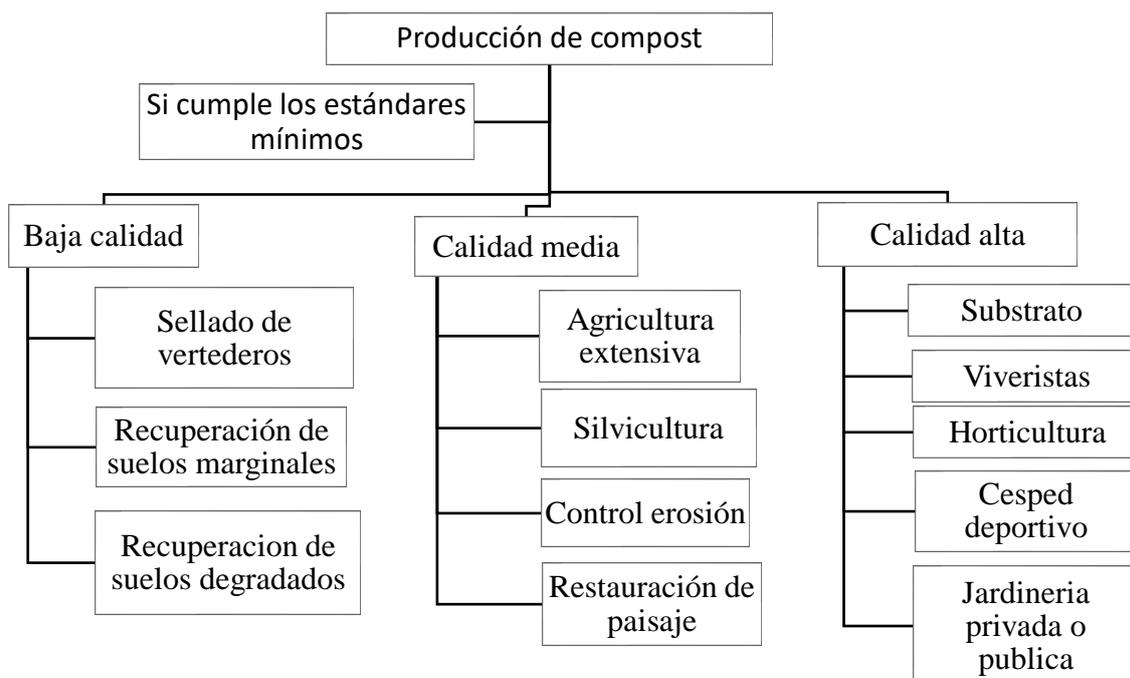
2.2.1. Calidad del compost

La calidad del compost como producto final se determina mediante la evaluación de diversos parámetros físicos, químicos y microbiológicos, los cuales certifican sus cualidades para el uso y la comercialización. Es esencial considerar que la calidad del compost está directamente vinculada a la composición de materia orgánica y nutrientes proporcionados por los materiales iniciales. (Sanchez Gonzales, 2015)

La Figura 2 ilustra la importancia de definir diversos niveles de calidad del compost, teniendo en cuenta las exigencias de los distintos mercados a los que podría dirigirse; pero siempre habrá unos criterios a cumplir para cualquier aplicación. Aunque se deben definir parámetros diferenciados para usos específicos, es crucial establecer mínimos cumplimientos para cualquier aplicación (Soliva & López, 2004).

Figura 2

Probable aplicación de compost en función al cumplimiento de sus estándares



Nota. Elaboración propia basada en Soliva & López (2004)

La Norma Técnica Peruana (NTP) 201.208:2021 establece los requisitos que debe cumplir el compost elaborado a partir de residuos sólidos orgánicos municipales. Esta norma tiene como objetivo garantizar la calidad del compost y su seguridad para el uso agrícola.

La tabla 1 presenta los requisitos físicos y químicos que debe cumplir el compost para cumplir con la NTP 201.208:2021.



Tabla 1

Parámetros de un compost de calidad según la NTP 201.208

Indicador	NTP 201.208
Contenido de nutrientes	
Nitrógeno	0,3 - 1,5
Fosforo	0,1 - 1,0
Potasio	0,3 - 1,0
Magnesio	0,2 - 0,7
Calcio	2 - 6
Olores	No debe presentar malos olores
Humedad	35% - 50%
Densidad aparente	550kg/m ³ - 850kg/m ³
Tamaño de partículas	16mm
pH	6.5 - 8.5
Relación C/N	25:1 - 35:1
Materia Orgánica	>=20

Nota. Datos tomados de la NTP 201.208

De acuerdo con la FAO (2013), el compost obtenido a partir de residuos orgánicos exhibe valores específicos en sus parámetros. La Tabla 2 muestra los valores característicos de un compost maduro de calidad.

Tabla 2

Parámetros de un compost de calidad según la FAO

PARAMETRO	RANGO IDEAL AL COMIENZO	RANGO IDEAL DE COMPOST MADURO
	(2-5 DIAS)	(3-6 MESES)
C/N	25:1 - 35:1	10:1 - 15:1
Humedad	50% - 60%	30% - 40%
Contracción de oxígeno	~10%	~10%
Tamaño de partícula	<25 cm	<1,6 cm
pH	6,5 - 8,0	6,5 - 8,5
Temperatura	45 - 60°C	Temperatura ambiente
Densidad	250-400 kg/m ³	<700 kg/m ³
Materia Orgánica	50%-70%	>20%
Nitrógeno Total	--	0,3%-1,5%
Fosforo Total	--	0,1%-1,0%
Potasio Total	--	0,3%-1,0%

Nota. Datos tomados del Manual del compostaje FAO (2013).



La tabla 3, establece rangos de temperatura, pH y humedad para cada una de las fases del compostaje. Estos rangos son importantes para garantizar que el proceso se lleve a cabo de manera eficiente y segura. (FAO, 2013)

Tabla 3

Temperatura, humedad y pH en el proceso de compostaje

FASES DEL COMPOSTAJE	PARAMETROS		
	Temperatura	pH	Humedad
Fase Mesófila	20 - 50°C	5.0 - 7.5	40 – 60%
Fase Termófila	50 - 70°C	7.0 - 8.5	40 - 50%
Fase de Enfriamiento	30 - 45°C	7.0 - 8.0	30 - 40%
Fase de Maduración	Temperatura ambiente	6.5 - 8.0	30 - 40%

Nota. Datos tomados del Manual del compostaje FAO (2013).

2.2.2. *Compostaje*

Técnica practicada desde hace tiempo y puede ser definida como un sistema biológico donde rápidamente actúan distintos microorganismos sobre los residuos biodegradándolos (residuos de cultivos, excrementos de animales y residuos domiciliarios), para la obtención de un producto final homogéneo llamado compost (O’Ryan Herrera & Riffo Prado, 2006).

“Compostaje es la mezcla de materia orgánica en descomposición en condiciones aeróbicas que se emplea para mejorar la estructura del suelo y proporcionar nutrientes” (FAO, 2013).

El compost, producto obtenido a partir de sustancias orgánicas de distinto origen (lodos de depuradora, estiércol, fracción orgánica de desechos orgánicos y otros), que se someten a una técnica biológica controlada o compostaje. Las técnicas de compostaje han sido reconocidas y practicadas desde instancias antiguas, aunque en la actualidad se tiene mayor control de los procesos, con el consiguiente aumento en la calidad del compost realizado (EGMASA, 2000).



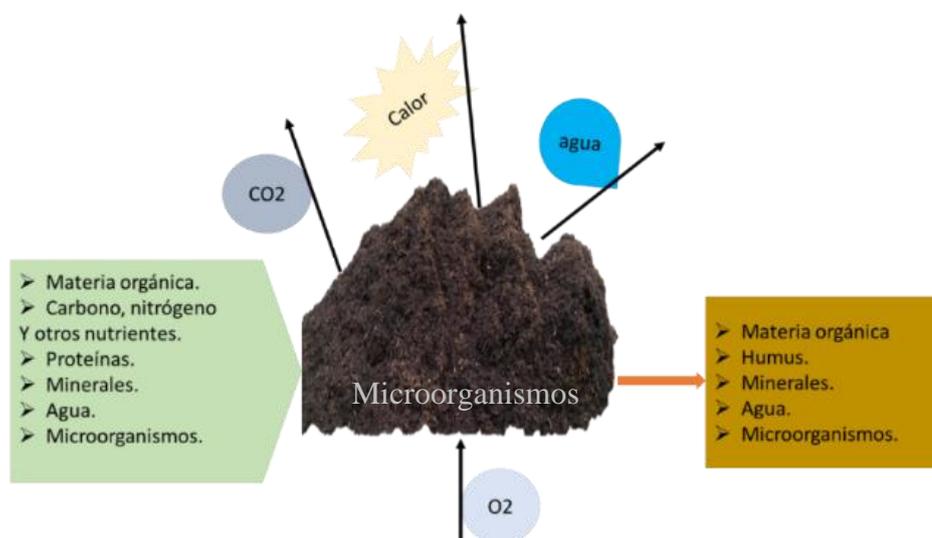
2.2.3. *Proceso de Compostaje*

“Es el procedimiento de la técnica orgánica que se produce en circunstancias aerofílicas. Con niveles óptimos de humedad y temperatura, asegurando una transformación higiénica del residuo orgánico en un material uniforme que puede ser asimilable por la vida vegetal” (FAO, 2013).

En la figura 3, se describe a la fase del compostaje como la oxidación biológica de los desechos naturales bajo situaciones reguladas de temperatura, humedad y aireación, completada a través de microorganismos. Estos utilizan al nitrógeno y el carbón de los residuos, para liberar energía y producir mediante una secuencia de reacciones bioquímicas, agua, humos, dióxido de carbono y sales minerales (O’Ryan Herrera & Riffo Prado, 2006).

Figura 3

Proceso del compostaje



El producto final en este proceso se denomina compost y puede ser utilizado como enmienda orgánica en el suelo, con la intención de mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del mismo, como la humedad, la aireación, estructura, entre otros, eliminando los patógenos y de esta manera mejorar el desarrollo de las plantas (O’Ryan Herrera & Riffo Prado, 2006).



“Las fases del compostaje comprenden la degradación de la materia residual orgánica a través de la oxidación y el movimiento de diferentes microorganismos presentes dentro de los residuos, la cual dura aproximadamente de cinco a seis meses” (MARM; Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2009). Y se distingue las siguientes fases:

2.2.3.1. Fase mesófila

Es el tiempo en el cual los microorganismos se aclimatan a su nuevo entorno y el comienzo de la reproducción y colonización de los residuos. Este segmento dura de dos a cuatro días y comienza con la degradación por parte del microorganismo de los residuos más biodegradables. Como resultado del movimiento de las primeras bacterias mesófilas (actúan a temperaturas medias, de hasta 50° C), la pila de residuos comienza a calentarse y se puede observar el escape de vapor de agua en la pila compostera (MARM; Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2009).

Los elementos de partida inician la elaboración de compost a temperatura ambiente, y en pocos días (e incluso horas), la temperatura incrementa hasta los cuarenta y cinco grados. Este incremento en la temperatura es causado por la actividad microbiana, ya que en esta fase los microorganismos usan las fuentes de C y N mediante la producción de calor. La descomposición de los compuestos solubles, como los azúcares, produce ácidos naturales, y en consecuencia, el pH llega a descender (hasta aproximadamente 4 – 4.5). Esta fase dura algunos días (entre dos y ocho días) (FAO, 2013).

2.2.3.2. Fase termófila

Dependiendo del material con el cual se inicia y de las situaciones ambientales, esta fase puede durar desde una semana en los sistemas mejorados hasta 1 o 2 meses en los sistemas con fermentación lenta. En el transcurso de esta fase la temperatura alcanzada asegura la limpieza y la depuración de gérmenes patógenos, larvas y semillas. al cabo de unos días, disminuye la



actividad biológica y el medio se estabiliza (MARM; Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2009).

Cuando la pila logra temperaturas superiores a los 45 °C, los microorganismos mesófilos crecen a temperaturas medias y cambian por aquellas que crecen a temperaturas superiores, principalmente bacterias (bacterias termófilas), quienes ejercen la aceleración de la degradación de fuentes de C más complicadas, como es el caso de la celulosa y la lignina. Estos microorganismos actúan utilizando el cambio del nitrógeno en amoníaco, provocando que el pH suba. En concreto, desde los 60 °C aparecen el actino bacterias generadoras de esporas, responsables de descomponer las hemicelulosas, ceras y otros compuestos complicados de C. La fase termofílica puede desarrollarse entre algunos días hasta meses, dependiendo del residuo orgánico inicial, factores del clima, su ubicación, y diferentes factores (FAO, 2013).

2.2.3.3. Fase de enfriamiento

Cuando se ha convertido prácticamente todo el material orgánico, la temperatura comienza a disminuir, por la razón de que el calor generado dentro de la pila es inferior que el perdido. A raíz de esta baja en la temperatura, los microorganismos y los hongos mesófilos reinvaden el compost y degradan la celulosa y la lignina finales; la fase se identifica mientras que una vez volteada la pila no puede haber un incremento de la temperatura (O'Ryan Herrera & Riffo Prado, 2006).

Tras el agotamiento de los suministros de carbono y, en particular, de nitrógeno dentro de la pila compostera, la temperatura vuelve a bajar a 40 y 45 °C. Durante esta fase, se mantiene la degradación de los polímeros, incluida la celulosa, y aparecen algunos hongos que se ven a simple vista. A medida que la temperatura se reduce por debajo de los 40 °C, los organismos mesófilos reanudan su actividad y el pH se reduce apenas, aunque en la tendencia el pH sigue siendo apenas alcalino. Esta fase dura numerosas semanas y puede ser malinterpretada con la etapa de maduración (FAO, 2013).



2.2.3.4. Fase de maduración

“Es un plazo que persiste durante meses a temperatura ambiente, a través del cual se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos de carbono para la formación de ácidos húmicos y fúlvicos” (FAO, 2013).

“En esta etapa también se degradan algunos ácidos orgánicos producidos en la fase termófila, que pueden ser fitotóxicos” (O’Ryan Herrera & Riffo Prado, 2006).

En la pila disminuye lentamente la temperatura al igual que la actividad de los microorganismos, dando lugar a la colonización de la pila por parte de todo un conjunto de organismos y microorganismos que ayudan a la degradación de los componentes menos biodegradables de los residuos (MARM; Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2009).

2.2.4. Factores que Determinan el Proceso de Compostaje

“El compostaje está basado principalmente en la técnica biológica que se logra mediante el uso de microorganismos, todos los factores que inciden en el crecimiento y la actividad de estos microorganismos sufren variaciones” (O’Ryan Herrera & Riffo Prado, 2006).

Una actividad vital en cada etapa de los niveles específicos del sistema de compostaje es el seguimiento de los factores mencionados (humedad, aireación, temperatura, pH, relación C: N, entre otros), podemos garantizar que los valores estén dentro de un intervalo más favorable y que tengamos una sólida visión de alcanzar con éxito nuestro procedimiento.

2.2.4.1. Aireación

“El compostaje y la descomposición por microorganismos se llevan a cabo en presencia de oxígeno. Así que, la aireación es fundamental para el compostaje, ya que ayuda a que los microorganismos tengan acceso al oxígeno que necesitan” (O’Ryan Herrera & Riffo Prado, 2006).



La saturación de oxígeno en el medio debe mantenerse entre el 5% y el 15%, siendo el nivel óptimo alrededor del 10%. Un exceso de aireación puede resultar en la disminución de la temperatura y una mayor pérdida de la humedad por evaporación, deteniendo el proceso de descomposición debido a la falta de agua. En este caso, la solución vendría a ser el picado del material a fin de reducir el tamaño de poro y así reducir la aireación. Es crucial regular la humedad mediante la adición de agua al material o añadiendo material fresco con mayor contenido de agua. Por el contrario, una baja aireación, impide la suficiente evaporación de agua, generando exceso de humedad y un ambiente anaeróbico. Esto puede llevar a la formación de malos olores y acidez por la presencia de compuestos como el ácido acético, ácido sulfídrico (H₂S) o metano (CH₄) en exceso. La solución en este caso vendría a ser el volteo de la pila y/o incrementar el material estructurante que permita la aireación (FAO, 2013)

2.2.4.2. Humedad

Es muy importante que el nivel de humedad oscile en torno al 40 y 60 %. Si sobrepasa el rango, los poros estarán ocupados por agua y, en consecuencia, el procedimiento se convierte en anaeróbico (sin oxígeno), en consecuencia, el material se empezará podrir. Si la humedad es muy limitada, la acción de los microorganismos se reduce y la velocidad de descomposición disminuye (O'Ryan Herrera & Riffo Prado, 2006).

El parámetro de humedad está estrechamente relacionado con los microorganismos, indicando también que el mejor contenido de humedad para el compost este alrededor del 55 %, aunque varía en función de las condiciones físicas, dimensión de las partículas, al igual que del proceso utilizado para el compostaje. Si la humedad alcanza valores menores al 45 %, la actividad microbiana reduce, generando que no se lleven a cabo todas las etapas de compostaje, lo que provoca que el compost sea inestable biológicamente. En este caso la solución sería proporcionar agua al material o añadir material fresco con mayor contenido de agua. Por el contrario, si es alta (por encima del 60%) los poros se saturan de agua y se interferirá en la



oxigenación del material. La solución en este caso vendría a ser el volteo de la pila y/o adición de material con bajo contenido de humedad y con alto valor en carbono (FAO, 2013).

2.2.4.3. Temperatura

En la elaboración de compost la temperatura muestra la actividad biológica llevado a cabo por los microorganismos; las temperaturas logradas en el transcurso de la técnica están asociadas a las dimensiones de la pila, a su material, contenido de humedad y a la proporción de carbono y nitrógeno dentro de las pilas; en consecuencia, cuanto menor sea la proporción de carbono/nitrógeno, mayores serán las temperaturas alcanzadas. Por lo tanto, es muy crucial monitorear la temperatura en todo el procedimiento (O´Ryan Herrera & Riffo Prado, 2006).

El compostaje tiene una temperatura inicial similar al ambiente y puede ascender hasta los 65 °C sin ninguna intervención externa (calentamiento externo), para alcanzar de nuevo la temperatura ambiente en algún momento de la sección de maduración. Es recomendable que la temperatura no se reduzca demasiado rápido, por lo que cuando sea estable la temperatura en el tiempo, mejor será la velocidad de descomposición y mayor será la limpieza del producto final (FAO, 2013).

2.2.4.4. pH

El valor del pH en la elaboración de compost dependerá de las sustancias suministradas a la pila y son variadas en cada nivel del procedimiento (de 4,5 a 8,5). En las etapas iniciales del compostaje, si el pH disminuye, el causante es la formación de ácidos orgánicos. En la sección termófila, por motivo de la modificación del amonio en amoníaco, el pH aumenta y el medio se alcaliniza, alcanzando un valor cercano a 7. La supervivencia de los microorganismos depende del pH y cada grupo alcanza un pH óptimo para aumentar y multiplicarse. La máxima actividad bacteriana ocurre a pH 6 y 7.5, incluso la mejor actividad fúngica tiene lugar a pH 5.5 y 8. El mejor rango es de 5.8 a 7,2, (FAO, 2013).



Es crucial destacar que el pH varía en cada nivel de compostaje, a un inicio tiende a bajar a consecuencia de la producción de ácidos orgánicos en la fase mesófila después aumentará en el segmento termófilo, posteriormente el pH vuelve a disminuir y se estabiliza dentro de la fase de maduración (O’Ryan Herrera & Riffo Prado, 2006).

La disminución del pH por debajo de 4.5 se debe al exceso de ácidos orgánicos y su posible solución es la adición de material rico en nitrógeno hasta conseguir una adecuada relación C/N. Por otro lado, el incremento de pH por encima de 8.5 se debe al exceso de nitrógeno en la pila compostera con una deficiente relación C/N, la solución en este caso es la adición de material más seco y con mayor contenido en carbono. (FAO, 2013)

2.2.4.5. Relación carbono / nitrógeno

La proporción de carbono y nitrógeno es factor esencial en la descomposición microbiana, ya que conforman un componente fundamental de los lípidos, proteínas y carbohidratos que representan los microorganismos. La relación C/N también proporciona información sobre el ritmo de descomposición y así estimar la temporalidad de la elaboración de compost, en el caso de que los parámetros de humedad, aireación y temperatura alcancen su estabilidad. En la obtención de un buen compost, es esencial tener una proporción equilibrada entre cada uno de los elementos; teóricamente una proporción C/N de 25/1 – 35/1 es lo correcto, sin embargo, esto varía en función de los residuos utilizados en el compost (O’Ryan Herrera & Riffo Prado, 2006).

“La relación C/N varía de acuerdo al material inicial y la relación numérica se adquiere dividiendo el contenido de C (% C total) entre el contenido global de N (% N total) de los desechos a compostar” (FAO, 2013).

Si la relación C/N supera los 35/1 se debe al exceso de carbono en la pila y el proceso tiende a enfriarse y ralentizarse, en este caso la solución se da con la adición de material rico en nitrógeno hasta conseguir una adecuada relación C/N. Por otro lado, cuando la relación C/N



es inferior a 15/1, la principal razón es la abundante presencia de nitrógeno en la pila ocasionando que se caliente en exceso y generando malos olores por el amoníaco liberado, la posible solución es la adición de material con mayor contenido en carbono. (FAO, 2013)

2.2.4.6. Tamaños de partículas

La actividad microbiana está asociada a la longitud del tamaño de las partículas, es decir, con que facilidad se accede al sustrato. Si las partículas son pequeñas, puede haber un lugar extra de superficie específica, que permite conseguir la admisión al sustrato. La longitud ideal de las sustancias para comenzar el proceso debe estar entre 5 a 20 cm (FAO, 2013).

También la dimensión de la partícula del residuo compostado puede generar inconvenientes a lo largo del compostaje, a menor tamaño de la partícula, la pila tiende a estar más compactada, por ende, menor aireación y ralentizando el compostaje; por otro lado, con un mayor tamaño de partícula las pilas pueden perder más humedad (O’Ryan Herrera & Riffo Prado, 2006).

Si el tamaño de las partículas supera los 30 cm es por el exceso de aireación que hacen bajar la temperatura y desacelerar el proceso, en este caso la posible solución es picar el material. Por otra parte, si el tamaño es menor a 5 cm la principal causa es la compactación del material y restringiendo el flujo de aire, la posible solución es voltear y/o añadir material de mayor tamaño y volteos para homogenizar. (FAO, 2013)

2.2.5. Principales residuos utilizables para el compostaje

Para la obtención de un compost adecuado lo recomendado es emplear un amplio tipo de residuos. Cuanto más adecuadas sean el tamaño de las partículas, el compost se generará de forma más rápida. Todo el residuo utilizado tiene que ser orgánica. Es aconsejable combinar materiales que se descomponen rápidamente con aquellos que tienen una descomposición más lenta. (O’Ryan Herrera & Riffo Prado, 2006).



2.2.5.1. Fuentes de materiales rico en carbono

El aserrín, ramas y hojas cecas de arbustos y forraje para animales, residuos de maíz, recortes de maleza, rastrojos de cereales (arroz, trigo, cebada), basura urbana, residuos de cocina.

2.2.5.2. Fuentes de materiales rico en nitrógeno

Estiércoles de vacuno, ovino y otros animales, así como residuos de camales, malezas jóvenes.

2.2.5.3. Fuente de materia mineral

Roca fosfórica, cal agrícola, ceniza vegetal, tierra común y agua.

2.2.5.4. Tipos de residuos en función al tiempo de descomposición

“Para obtener un compost en un periodo corto, es necesario combinar residuos que se descomponen rápidamente, con las que se demoran mayor tiempo, se tiene los siguientes residuos de acuerdo a sus características de descomposición” (MARM; Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2009).

2.2.5.4.1. Residuos de rápido descomposición

Malezas jóvenes, residuos de podados frescas, estiércol de animales de corral.

2.2.5.4.2. Residuos de una lenta descomposición

Residuos de verdura y frutas, bolsitas de infusiones como los pozos de café, resto de forrajes seco, residuos de plantas, estiércol de animales como de los caballos, burros y vacas, lechos de viruta para conejos y otros animales domésticos.

2.2.5.4.3. Residuos de descomposición muy lenta

Residuos de setos duros, virutas de madera sin procesar, cascaras de huevo, pelos y plumas, cascaras de frutos secos, residuos de frutos como del durazno, palta, aceitunas.

2.2.6. Tecnología de microorganismo eficientes (EM)

EM que en castellano significa microorganismos eficientes. La conceptualización y generación fueron investigados por el Dr. Teruo Higa en la Universidad de Ryukyus, Okinawa, Japón, y la observación se concluyó en 1982. La fundamentación de este estudio se centró en



la incorporación de una colección de microorganismos útiles para enriquecer el suelo, eliminando los microbios de la putrefacción (como enfermedades) y así incrementar el desempeño de la utilización de la materia orgánica por los vegetales (EMPROTEC, 2020).

Los Microorganismos eficientes, es el producto de la mezcla de 3 clases de microorganismos absolutamente naturales, descubiertos en suelos y alimentos, (Banco Interamericano de Desarrollo, 2009). Esta tecnología tiene el propósito de descomponer los residuos orgánicos producidos por diversas actividades (pulpa de café, excremento de animales, desechos de cocina, entre otros) mediante la introducción de microorganismos eficientes (ME), especialmente bacterias lácticas, levaduras, fototróficas, especie de hongos y en general contiene diferentes microorganismos, que aceleran el procedimiento de descomposición, haciendo viable la obtención del compost en un tiempo de 25 a 45 días, dependiendo del control y las situaciones climatológicas de la zona (Soluciones prácticas, 2016).

Según (Tanya Morocho & Leiva Mora, 2019), da como conocimiento la tecnología eficiente presenta más de 80 microorganismos, dentro de ellas las más empleadas, son tres especies de microorganismos:

- **Bacterias fototróficas**

Son bacterias anaerobias o anaerobias facultativas que utilizan la energía lumínica como donador de electrones para fijar dióxido de carbono mediante fotosíntesis anoxigénica, contribuyendo así a la descomposición de la materia orgánica durante el proceso de compostaje. Estas bacterias fototróficas, al no requerir oxígeno, pueden vivir en los microambientes anaerobios que se generan dentro de la masa en descomposición. Mediante la fotofosforilación oxidan los compuestos orgánicos liberando dióxido de carbono y agua, ayudando así a la mineralización de los residuos compostados. (EMPROTEC, 2020).



- **Bacterias ácido lácticas**

Las bacterias lácticas desempeñan un papel fundamental en la producción de ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos. Este proceso ha sido utilizado desde tiempos antiguos en la elaboración de alimentos y bebidas como el yogur y los encurtidos. Además, el ácido láctico tiene propiedades esterilizantes que ayudan a eliminar microorganismos perjudiciales, y contribuye a la descomposición de sustancias que contienen lignina y celulosa a través de la fermentación. Esto evita resultados no deseados de la materia orgánica que no se descompone por completo (EMPROTEC, 2020).

También cabe mencionar que los microorganismos del ácido láctico tienen el potencial de suprimir las enfermedades, junto con los microorganismos, incluido el Fusarium, que aparecen en los cultivos sin parar y bajo situaciones naturales, deterioran las plantas, las revelan a las enfermedades y a las grandes poblaciones de plagas que incluyen los nematodos. El uso de bacterias lácticas disminuye las poblaciones de nematodos, controla el despliegue, y la dispersión de Fusarium; gracias a esto, induce un entorno más alto para el crecimiento de los cultivos (Luna Feijoo & Mesa Reinaldo, 2017).

- **Levaduras**

Encargadas de sintetizar las sustancias antimicrobianas y otras sustancias beneficiosas necesarias para las plantas en su crecimiento a partir de aminoácidos y azúcares segregados por microorganismos fototróficos, materia natural y raíces de plantas (EMPROTEC, 2020). Estos microorganismos requieren amoníaco, urea y/o sales de amonio y combinaciones de aminoácidos como suministro de nitrógeno. No son capaces de captar nitratos y nitritos y como otros nutrientes fósforo, magnesio, calcio y hierro, según Fayemi y Ojokoh, 2014 citado por (Tanya Morocho & Leiva Mora, 2019).

La variedad de especies de microorganismos eficientes (Bacterias fototróficas, ácido lácticas y levaduras) cumplen una determinada función, considerando a las bacterias



fototrópicas como el núcleo de la actividad del ME, las bacterias fototrópicas intensifican las actividades de otros microorganismos. A este fenómeno se le conoce como “coexistencia y coprosperidad” (EMPROTEC, 2020).

2.2.6.1. Funcionamiento de los microorganismos eficientes (EM)

En funcionamiento de los microorganismos eficientes en el proceso de compostaje comprende debido a las tres bacterias (bacterias fototróficas, lacto bacilos, levaduras), el primero cumple la función de eliminar los malos olores que se pueden generar durante el compostaje y con ello se previene ese inconveniente transformándoles en ácidos orgánicos las cuales no generan olores desagradables y previenen la contaminación ambiental y no son tóxicos para los trabajadores o encargados de esta actividad. Las bacterias ácido lácticas son las encargadas de aceleran la producción del compost debido a que producen sustancias que favorecen la descomposición de los residuos utilizados en las pilas, también mediante esas sustancias permiten eliminar patógenos. Por ultimo las levaduras actúan como hormonas naturales debido a que generan sustancias y con ello promueven la adecuada descomposición de los residuos orgánicos y el crecimiento de las plantas.

- *Lactobacillus sp.*

Es un género de bacteria que está constituido por una cantidad especies benéficas, que significa “Lactis” leche y “Bacillus” pequeños bacilos. Presenta propiedades fermentativas y tienen una característica de crecer en un medio liquido precipitando rápidamente cuando esto cesa, también ciertas especies pueden reducir el nitrato a pH mayores de 6 pero normalmente no reducen nitratos. Los medios de cultivo de estas bacterias deben contener carbohidratos fermentables como el extracto de carne, extracto de levadura; también estas especies se desarrollan óptimamente en un pH de 5.5 - 6.2 y en temperaturas de 30 a 40 °C y no crecen por debajo de 15 °C, teniendo como su hábitat en productos lácteos, quesos, granos, aguas cloacales, cervezas, vinos, etc. (Equipo Editorial, 2022).



Categoría Taxonómica

Dominio: *Bacteria*

División: Firmicutes

Clase: Bacilli

Orden: Lactobacillales

Familia: Lactobacillaceae

Género: *Lactobacillus*

Especie: *Lactobacillus sp.*

- *Saccharomyces cerevisiae*

Levadura de cerveza es una especie de hongo unicelular las cuales se pueden encontrar en diferentes hábitats como son las hojas, flores, suelo y agua. Que presenta la característica de desarrollarse en condiciones de escasa presencia de oxígeno en esta situación ambiental la glucosa lo convierten en etanol, CO₂, glicerol; el cual tiene la siguiente clasificación taxonómica que pertenece al filo *Ascomicota*, clase *Hermiascomicete* y al orden *Saccharomicetales*. (Cajal, 2022).

Categoría Taxonómica

Reino: Hongo

División: Amastogomycota

Clase: Ascomycota

Orden: Endomycetales

Familia: Sacchaomycetaceae

Género: *Saccharomyces*

Especie: *Saccharomyces cerevisiae*



- *Rhodopseudomonas spp.*

Estas bacterias convierten nitrógeno contenido en la atmosfera y bióxido de carbono en moléculas orgánicas, como carbohidratos y aminoácidos; asimismo descomponen elementos bioactivos, con lo que proporcionan una disponibilidad a las plantas para que éstas aumenten sus procesos complejos para producir nutrientes, “carbohidratos”, “aminoácidos” y no necesita de la luz solar. (Leo Portilla, 2022)

Categoría Taxonómica

Reino: Bacteria

División: Proteobacteria

Clase: Alfaproteobacterias

Orden: Hipomicrobianos

Familia: Nitrobacteráceas

Género: *Rhodopseudomonas*

Especie: *Rhodopseudomonas spp.*

2.2.6.2. Beneficios de utilizar microorganismos eficientes

Los beneficios de utilizar microorganismos eficientes es que inducen la descomposición rápida de los residuos compostados mediante la fermentación, en lugar del pudrimiento. Dado que es el hábitat que prefieren las moscas para expandirse, el uso de microorganismos eficientes disminuye la población de moscas. El microorganismo eficiente tiene la ventaja sobre los insecticidas por ser absolutamente seguro y no presenta ningún peligro de intoxicación, lo que lo hace adecuado para los locales que se realizan esta actividad y favoreciendo en gran medida a los trabajadores y población en general (EMPROTEC, 2020). Uno de los beneficios de usar los microorganismos eficientes es obtener compost de calidad en periodos cortos, esto será ayudado a las condiciones climáticas del lugar.



Si el proceso de compostaje no realiza de manera adecuada, pueden generarse vectores debido a los malos olores generados durante las diferentes etapas de compostaje.

Es importante seleccionar los residuos adecuados para el proceso de compostaje, caso contrario puede generarse costos durante las diferentes etapas.

2.3. Marco Conceptual

- Dosis de microorganismos:

“Cantidad de inóculo microbiano que se incorpora a un sustrato para iniciar o acelerar el proceso de descomposición de la materia orgánica. La dosis óptima depende de factores como el tipo de microorganismo, sustrato, condiciones ambientales, etc.” (Lopez, Cascone, & Polo Sánchez, 2018).

Cantidad de inóculo microbiano que se añade a la mezcla inicial de residuos orgánicos en el proceso de compostaje, con el fin de acelerar la descomposición de la materia prima y obtener compost de calidad en menos tiempo. La dosis eficaz depende de factores como el tipo de microorganismos, las características fisicoquímicas de los residuos y las condiciones ambientales (Mazuela Anguita, Urrestarazu Gavilán, & Salas Peralta, 2012).

- Microorganismos eficientes

“Es una mezcla de organismos favorables de origen natural y es un cultivo variado de microorganismos favorables naturales, presentes en hábitats naturales y fisiológicamente compatibles entre sí” (Leo Portilla, 2022).

Consortios microbianos constituidos por diferentes especies de bacterias ácido lácticas, levaduras, actinomicetos y otros microorganismos, que en su conjunto secretan sustancias antimicrobianas, enzimas, ácidos orgánicos, péptidos y otros compuestos que contribuyen a incrementar la fertilidad del suelo, acelerar la descomposición de la materia orgánica y promover el crecimiento de las plantas. (Cruz Hernández & Hernández Jiménez, 2021)

- Residuos Orgánicos:



“Conjunto de desechos de diferente origen pueden comprender residuos vegetales, animales entre otros” (INACAL, 2021)

“Son los desechos que provienen de organismos vivos, de origen vegetal o animal, los cuales sufren un proceso de descomposición natural por la acción de microorganismos. Incluyen restos de alimentos, podas de jardines, estiércol de animales, entre otros. Se caracterizan por ser biodegradables” (Días Bastos, 2016)

- Compostaje:

De acuerdo con la NTP 201.208 (2021), “Es el proceso controlado de transformación física, química y microbiológica de la materia orgánica en condiciones aerobias y termofílicas, que genera un producto rico en sustancias húmicas, estable, maduro, por lo general de color marrón oscuro, sin olores desagradables, denominado compost”.

“Es una alternativa que ayudará a aprovechar mejor la materia orgánica; trasformando los desechos orgánicos en un producto con mejor contenido nutricional ya que se podrá utilizar para recuperar los suelos áridos y a todos lo que presenten pobreza nutricional.” (Garcia Perez, 2018).

- Compost:

“Producto orgánico estabilizado y sanitizado, obtenido mediante la biotransformación aeróbica de residuos orgánicos, el cual mejora la fertilidad física, química y biológica del suelo” (Jara Samaniego, 2020).

“Enmienda orgánica producto de la degradación biológica, en condiciones controladas, de material orgánico propio de desecho, el cual se aplica al suelo con el fin de mejorar sus propiedades físicas y aportarle elementos nutritivos”. (Díaz, 2017)

- Eficiencia:



“La eficiencia es la capacidad de hacer las cosas bien, la eficiencia percibe un sistema de pasos e instrucciones con los que se puede avalar la calidad en el producto final de cualquier labor” (Leo Portilla, 2022).

- Evaluación:

“La evaluación es un proceso sistemático y planificado de recogida de información orientado a valorar la calidad y los logros de un programa, como base para la posterior toma de decisiones de mejora tanto del programa como del personal implicado y de los recursos empleados” (Casanova, 2022).

- BIOEM

“BIOEM es el productor exclusivo, auténtico y certificado de la Tecnología EM para el mercado peruano bajo la licencia de EMRO Japón” (BIOEM, 2020).

2.4. Marco Normativo

➤ Constitución Política del Perú de 1993

(Asamblea Constituyente, 1993) en el “Título I, Artículo 2 e Inciso 22 indica que todo individuo tiene derecho a la paz, tranquilidad, y al disfrute de su tiempo libre y al descanso, así como a disfrutar de un ambiente adecuado para desarrollo de su vida”.

➤ Ley General del Ambiente N° 28611,

“Artículo I del derecho y deber fundamental, Artículo V del principio de sostenibilidad, Artículo VI del principio de prevención, Artículo VII del principio precautorio, Artículo 119 del manejo de los residuos sólidos” (Congreso de la República del Perú, 2005).

➤ D. L 1278 Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos

Según el (Poder Ejecutivo del Perú, 2016):

Artículo 1.- Objeto. El presente Decreto Legislativo que establece los derechos, obligaciones, atribuciones y responsabilidades de la sociedad en su conjunto, con el propósito de disponer hacia la maximización constante de la eficiencia en el uso de los materiales,



asegurando una gestión y manejo de los residuos sólidos económica, sanitaria y ambientalmente adecuada, con ligadura a las obligaciones, principios y lineamientos de este Decreto Legislativo.

Residuos sólidos urbanos (R.S.U). Los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) se refieren de manera general a los desechos generados por las actividades en centros urbanos, comercios, oficinas y servicios, sin considerar la calificación de residuos peligrosos y que por su naturaleza o composición puedan asemejarse a los producidos en los lugares o actividades antes mencionados, nos ocuparemos rápidamente solo de aquellos residuos urbanos donde el factor orgánico predomina como son los siguientes; Residuos procedentes de la limpieza de vías públicas, residuos del mantenimiento de arbolado, zonas verdes, áreas recreativas públicas y privadas.

Artículo 51.- Valorización de los residuos orgánicos municipales. Las municipalidades deben valorizar, prioritariamente, los residuos orgánicos provenientes del mantenimiento de áreas verdes y mercados municipales, así como, de ser factible, los residuos orgánicos de origen domiciliario. Los programas de parques y jardines de las municipalidades son beneficiarios prioritarios del compost, humus o bio producido con los residuos orgánicos que se generan a partir del servicio de limpieza pública. En caso de excedentes estos podrán ser destinados a donación en general o intercambio con otras municipalidades.

➤ **Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM.**

“Artículo 103. Plantas de valorización de residuos sólidos: Las plantas de valorización son infraestructuras donde se realizan la siguiente operación: Uso de residuos orgánicos para el desarrollo de compostaje” (Ministerio del Ambiente (MINAM), 2017).

“Artículo 66.- Actividades de acondicionamiento de residuos sólidos no municipales: Las actividades de acondicionamiento de residuos sólidos no municipales se pueden realizar



en plantas de valorización o en las instalaciones del generador no municipal” (Ministerio del Ambiente (MINAM), 2017).

- “NTP 201.208 (Fertilizantes. Compost a partir de residuos sólidos orgánicos municipales. Requisitos), instaure las condiciones de compost a partir de residuos orgánicos municipales y se aplica al compost elaborado” (INACAL, 2021).

2.5. Hipótesis de la investigación

2.5.1. Hipótesis General

Las dosis de microorganismos son eficientes en la elaboración de compost a partir de residuos orgánicos en el distrito de San Jeronimo, Cusco-2023.

2.5.2. Hipótesis Específicas

- Existen diferencias de los parámetros físicos y químicos en la elaboración de compost empleando diferentes dosis de microorganismos a partir de residuos orgánicos en el distrito de San Jeronimo, Cusco-2023.
- Existe al menos una dosis optima de microorganismos utilizada en la elaboración de composta a partir de residuos orgánicos en el distrito de San Jeronimo, Cusco-2023.
- El tiempo en la elaboración del compost empleando diferentes dosis de microorganismos a partir de residuos orgánicos en el distrito de san Jeronimo, Cusco-2023, es menor.

2.6. Variables e Indicadores

2.6.1. Identificación de Variables

2.6.1.1. Variable Independiente

- ↻ Dosis de Microorganismos

2.6.1.2. Variable Dependiente

- ↻ Elaboración de Compost



2.6.2. Cuadro de Operacionalización de Variables

Figura 4

Cuadro de Operacionalización de Variables

Variable	Definición conceptual de las variables	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Índice	Instrumento
VI: Dosis de Microorganismos	Los EM se presentan en tres grupos de microorganismos absolutamente naturales las cuales son bacterias lácticas, fototróficas y levaduras las más utilizadas en el compostaje (BID; Banco Interamericano de Desarrollo, 2009).	Los microorganismos eficientes ayudan a mejorar la calidad de compost, estos serán aplicados en tres dosis diferentes.	Diferentes dosis de microorganismos	Dosis 1		Ficha Cuaderno de campo
				Dosis 2	Litros	
				Dosis 3	Litros	
				Dosis 4	Litros	
VD: Elaboración de compost	La obtención del compost depende en gran manera de la técnica y monitoreo realizado durante el proceso de compostaje, esto consiste en el análisis de diferentes parámetros como pH, humedad, relación C: N, ventilación, temperatura, tamaño de partículas, porosidad y sustrato (O’Ryan Herrera & Riffo Prado, 2006) y (FAO, 2013). Otro factor importante es el tiempo de obtención del compost (Soluciones prácticas; Fondoempleo, 2016).	La elaboración de compost en el presente trabajo se determinó con la evaluación de los parámetros físicos (humedad, temperatura y densidad aparente), químicos (pH, relación C/N, macronutrientes, micronutrientes y Materia Orgánica), cantidad de compost producido y el periodo del proceso de compostaje.	Periodo	Tiempo	Días y semanas	Ficha
			Propiedades Físicas	Humedad	%	Reporte de laboratorio
				Temperatura	°C	
				Densidad Aparente	kg/m ³	
			Propiedades Químicas	pH		Monitoreo
				Relación C/N	C/N	
				Macronutrientes	%	
				Micronutrientes	%	
				Materia Orgánica	%	
	Conductividad Eléctrica	dS/m				
Cantidad de compost producido	Compost tamizado	Kg	Ficha			



Capítulo III: Método

La metodología nos permite seguir un procedimiento ordenado del trabajo de investigación, el cual le brinda una coherencia a un estudio para lograr los propósitos planteados al inicio de la investigación (Reynosa Navarro, 2018). De esta manera el presente trabajo de investigación se llevó a cabo en base al método científico realizando las experimentaciones de manera ordenada y sistemática para lograr los resultados esperados.

3.1. Alcance del Estudio

“Un trabajo de investigación es de carácter explicativo, cuando busca la determinación de los procesos ocurridos, esto debido a una relación causa y efecto entre las variables de la investigación” (Ramos Galarza, 2020).

En el presente estudio de carácter explicativo se busca determinar los cambios ocurridos por la variable independiente (causas) en la variable dependiente (efecto), se estudió los cambios suscitados por la implementación de las dosis de microorganismos en el proceso de compostaje que nos permitió obtener un compost de calidad en un determinado tiempo.

3.1.1. Enfoque de la Investigación

La investigación cuantitativa se caracteriza por recopilar datos para comprobar la hipótesis a través de mediciones numéricas y posterior análisis estadístico (Hernández Sampieri, 2018).

De acuerdo a la definición, el presente trabajo de investigación es de enfoque cuantitativo, ya que se realizó un trabajo sistemático siguiendo un orden establecido de acuerdo a las características del estudio, empezando con la preparación de los microorganismos, recolección y segregación de los residuos orgánicos, acondicionamiento del lugar y pilas de compostaje. La realización del proceso de compostaje y análisis de la calidad del compost obtenido, son



actividades que permitió obtener datos que ayudaron a analizar y describir los acontecimientos que tuvieron lugar a lo largo de la investigación.

3.2. Diseño de la Investigación

El presente trabajo de investigación de acuerdo a sus características, es de tipo experimental. Con un estudio controlado en donde se realizó cambios de manera intencional en la variable independiente para analizar los cambios o fenómenos ocurridos en la variable dependiente después del proceso de experimentación (Hernández Sampieri, 2018).

Se empleo un diseño Completamente al Azar (DCA) con un total de cuatro (4) tratamientos incluyendo el testigo, y se llevaron a cabo tres (3) repeticiones para cada tratamiento.

3.3. Diseño Metodológico

Durante el desarrollo de este trabajo de investigación, se realizó las siguientes actividades:

3.3.1. Activación de microorganismos Eficientes

- **Materiales y equipos**
 - 1 litro de melaza de caña de azúcar.
 - Microorganismos eficientes (EM-COMPOST)
 - Agua sin presencia de cloro (o dejar durante 24 horas).
 - Contenedor con tapa o galonera
 - Equipos de protección personal (EPPS)

Figura 5

Materiales para la activación de microorganismos



- **Procedimiento**

El procedimiento de activación de microorganismos eficientes (ME) se llevó a cabo en función a la ficha técnica EM-COMPOST de la empresa BIOEM.

- En un recipiente se mezcló 0.5 litro de melaza de caña que representa el (5%), 9 litros de agua sin presencia de cloro que representa el (90%) y 0.5 litro de EM-COMPOST que representa el (5%).
- La mezcla se colocó en una galonera con cierre hermético previamente desinfectado.
- La mezcla se deja reposar la mezcla durante siete días y transcurrido el tiempo se obtuvo 10 litros de microorganismos eficientes activados.

Según BIOEM, se usa 20 litros de microorganismos eficientes activado por cada 10 toneladas de materia orgánica a compostar. En nuestra investigación se emplearon 3 toneladas de materia orgánica, que fueron recolectadas del mercado vinocanchón así como de la empresa distribuidora Z&P de las cuales 2.25 toneladas fueron inoculadas con microorganismos eficientes,



el 0.75 toneladas represento al testigo quien no contenía ningún producto que mejore o acelere el proceso; en el trabajo se utilizaron 4.5 litros de microorganismos eficientes activados para 2.25 toneladas de materia orgánica a compostar. La tabla siguiente presenta la distribución de los 4.5 litros de microorganismos eficientes activados por tratamiento para las tres repeticiones.

Tabla 4

Distribución del total de microorganismos eficientes activados por tratamientos

Concentraciones	Microorganismos eficientes activados (Litros)	Agua (Litros)	Peso residuos orgánicos (Kilogramos)
T2 (20% de ME)	0.9	20	750
T3 (30% de ME)	1.35	20	750
T4 (40% de ME)	1.8	20	750

La tabla 5 presenta las cantidades de una única aplicación de microorganismos eficientes, realizada con una frecuencia de aplicación de cuatro veces en cada tratamiento, de manera semanal durante las primeras cuatro semanas del estudio.

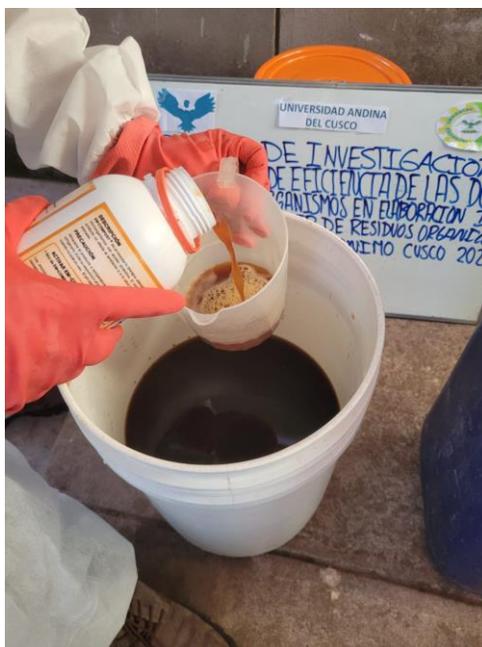
Tabla 5

Distribución de cantidades de microorganismos eficientes activados por frecuencias

Concentraciones	Frecuencia de aplicación	Microorganismos eficientes activados (Litros)	Agua (Litros)	Peso residuos orgánicos (Kilogramos)
T2 (20% de ME)	4	0.075	1.667	250
T3 (30% de ME)	4	0.1125	1.667	250
T4 (40% de ME)	4	0.15	1.667	250

Figura 6

Preparación de los microorganismos para su activación



3.3.2. *Recolección y segregación de los residuos orgánicos*

Se recolectó los residuos orgánicos con el apoyo de la Sub Gerencia de Medio Ambiente de la municipalidad de San Jeronimo, siendo nuestros puntos de recolección el mercado Vinocanchón y la empresa Distribuidor Logístico Z & P.

Los residuos utilizados en el proceso de compostaje se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 6

Características de los residuos orgánicos

Residuo orgánico	Característica
Residuos de frutas	Residuos de frutas de fácil biodegradabilidad, menos residuos cítricos que alteren el pH del compost
Residuos de verduras	Todos los residuos de verduras
Residuos de cocina	Residuos de cocina de mayor biodegradabilidad.



3.3.3. *Acondicionamiento de lugar y pilas de compostaje*

Se llevó a cabo el movimiento de tierra para establecer una pendiente adecuada que facilitara el drenaje de los lixiviados. Además, se realizó la limpieza y el ordenamiento del lugar, seguido por el recubrimiento con plástico para la implementación de las pilas de compostaje, asegurando así un desarrollo óptimo del proceso de compostaje.

Figura 7

Acondicionamiento del lugar



En relación a la biobibliografía revisada, es importante el dimensionamiento de las pilas para realizar el proceso de compostaje porque permite la facilidad del manejo del compost durante su elaboración.



↗ Dimensiones de las Pilas Composteras

Las pilas composteras fueron diseñadas de acuerdo a la FAO, la cual indica que el volumen mínimo de una pila compostera no debe ser menor a 1 m³ (equivalente a 250 kg/m³).

Tabla 7

Consideraciones generales del diseño de las pilas

Consideraciones generales del diseño de las pilas composteras	
Consideraciones	Tratamientos T1, T2, T3 y T4
Largo	1.5 m
Ancho	0.80 m
Altura	0.90 m
Porcentaje de materiales a compostar	Capa 1: aserrín 2% Capa 2: residuo orgánico 43 % Capa 3: estiércol de cuy 10 % Capa 4: aserrín 2% Capa 5: residuo orgánico 43 %

En el trabajo de investigación, se implementaron cuatro tratamientos, cada uno con tres repeticiones, dando lugar a un total de doce pilas composteras. Todas las pilas se sometieron a las mismas condiciones, cuyas dimensiones se detallan en la figura siguiente.

Figura 8

Diseño de las pilas

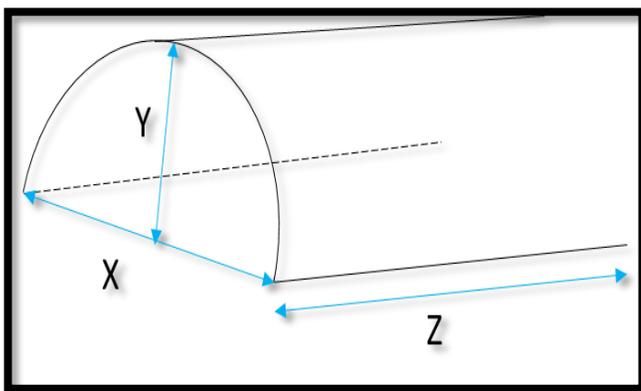
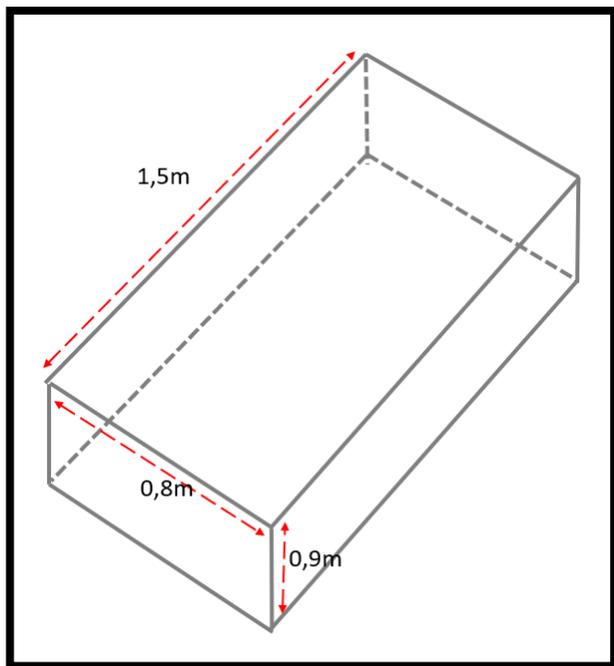


Figura 9

Medidas de las pilas



Para llevar a cabo el compostaje, se tuvo en cuenta la composición de los residuos, determinando las cantidades de los materiales a compostar, las cuales se detallan a continuación:

Tabla 8

Distribución de las pilas

Residuo a compostar	Porcentaje (%)	Cantidad (kg) Para 1 pila	Residuo total Para 12 pilas
Residuo orgánico (Lechuga, apio, poro, perejil, pimentón, camote, frutas)	86%	215kg	2580kg
Estiércol de cuy	10%	25	300kg
Aserrín	4%	10	120 kg

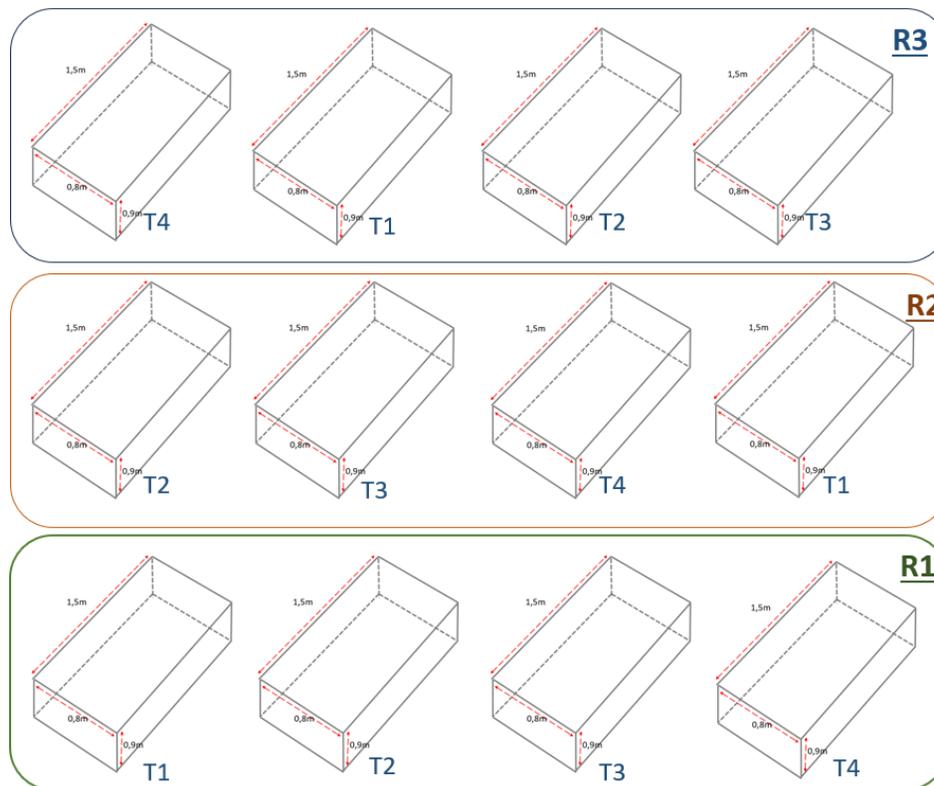
La disposición adecuada de las pilas facilitó su monitoreo, volteo y limpieza, además de prevenir la proliferación de vectores en el lugar de trabajo



En cuanto a la disposición de las pilas, se organizaron por repeticiones, donde cada repetición incluía de manera aleatoria los tratamientos T1, T2, T3 y T4.

Figura 10

Distribución de pilas



En el presente trabajo de investigación se realizará con las siguientes dosis de 20 % como dosis baja, 30 % dosis media y 40 % dosis alta. Como se muestra en la siguiente tabla:



Tabla 9

Cantidad de repeticiones de las pilas composteras

Tratamiento	Factores	Niveles del factor	Montaje	Numero de replicas
T1	Sin microorganismos eficientes	Sin ME: 0 %	N.A.	03
T2	% de dosis de microorganismos eficientes	Nivel bajo: 20 %	0.90 L de ME en 20 L de agua	03
T3	% de dosis de microorganismos eficientes	Nivel Medio: 30 %	1.35 L de ME en 20 L de agua	03
T4	% de dosis de microorganismos eficientes	Nivel alto: 40 %	1.80 L de ME en 20 L de agua	03
TOTAL, DE PILAS COMPOSTERAS				12

Para llevar a cabo un proceso de compostaje adecuado, es fundamental determinar la Relación C/N al inicio del proceso, la cual, según la FAO, debería oscilar entre 25:1 y 35:1. Para este propósito, se utilizó la siguiente fórmula:

$$Relacion\ C/N = \Sigma (\% \text{ del residuo} \times Relacion\ C/N \text{ del residuo})$$

Es relevante destacar que los intervalos de relación C/N proporcionados en la NTP 201.208 muestran diferencias en comparación con los valores observados en otros estudios previos. Por esta razón, se optó por utilizar el manual de la FAO, que indica que el rango óptimo para la relación C/N en un compost maduro es de 10:1 a 15:1.

3.3.4. Monitoreo del proceso de compostaje

Los trabajos de monitoreo en el presente trabajo de investigación se realizaron dos veces por semana. Durante las cuatro semanas iniciales, se efectuó el volteo de las pilas una vez por semana, y en cada volteo se llevó a cabo el riego de microorganismos eficientes.

Materiales y equipos

- Pala o rastrillo



- Cinta métrica
- Equipos de protección personal
- Bomba de espalda
- Multiparámetro de suelo (modelo YH-Soil4in1)

Figura 11

Monitoreo pH, Humedad y Temperatura



A. Humedad

La humedad juega un papel fundamental en el proceso de compostaje, en la metodología de toma de humedad se realizó con una frecuencia de dos veces por semana con el uso del equipo multiparámetro modelo YH-Soil4in.

B. Temperatura

La temperatura es de mucha importancia ya que nos describe las etapas del proceso de compostaje, en la metodología de toma de temperatura se realizó con una frecuencia de dos veces



por semana en el centro de la pila de compostaje, con el uso del equipo multiparámetro modelo YH-Soil4in1. Los monitoreos de temperatura se tomaron en el horario entre las 11:00 am y 13:00 pm.

C. pH

Para la medición del pH se determinó con el uso del equipo multiparámetro modelo YH-Soil4in1, se introdujo en el centro de la pila de compostaje y automáticamente se determinó el pH de la pila, se realizó dos veces por semana el monitoreo de pH.

D. Control de parámetros cualitativos

Es importante realizar el control de las características cualitativas de las pilas de compostaje como el color, presencia de olores y textura, cuales nos ayudaron a mejorar el control del proceso de compostaje, estos parámetros fueron tomados antes, durante y después del volteo de las pilas de compostaje.

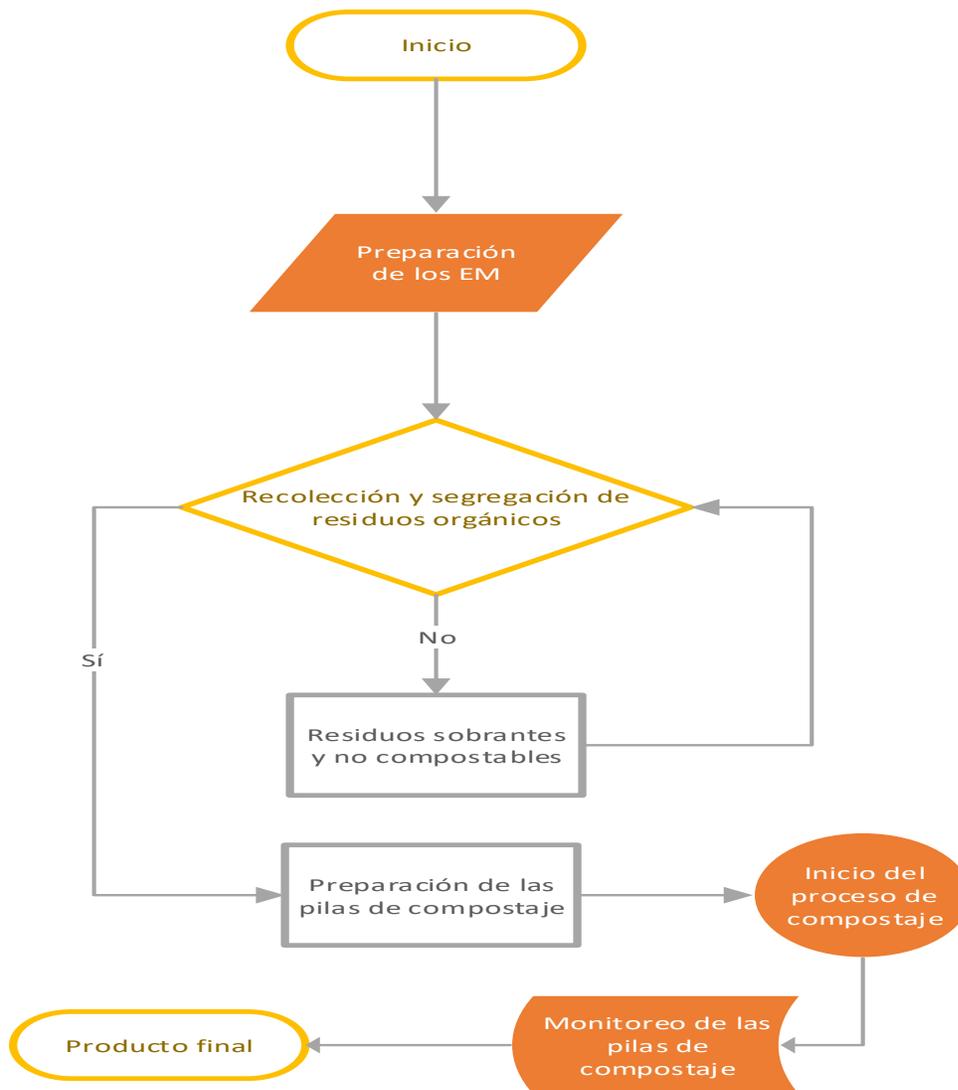
3.3.5. Determinación de la calidad del compost

Terminado el proceso del compostaje y teniendo el producto final, se determinaron las propiedades del compost en un laboratorio acreditado para garantizar la fiabilidad de los datos. Esto nos permitió realizar un análisis detallado del compost

3.4. Flujograma

Figura 12

Etapas de la investigación



3.5. Población

La población hace referencia al conjunto total que presentan similares coincidencias con determinadas especificaciones (Hernández Sampieri, 2018).

La población en este estudio se refiere a la totalidad de los residuos orgánicos producidos en el distrito de San Jerónimo.



3.6. Muestra

La muestra es el subconjunto de la población total de la cual se recopilan datos y es esencial que esta selección sea representativa. (Hernández Sampieri, 2018).

La muestra utilizada en esta investigación son los residuos orgánicos que fueron obtenidos del mercado Vinocanchón y la empresa Distribuidor Logístico Z & P.

3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica a utilizar en la investigación es la experimentación, la cual permite el registro sistemático, válido y confiable de los cambios y condiciones observables, a través de una serie de categorías y subcategorías (Hernández Sampieri, 2014).

Tabla 10

Instrumentos de recolección de datos

Técnica	Instrumento de recolección de datos	
Experimental	Ficha 1. Monitoreo de campo.	Esta ficha permitirá realizar el registro sistemático de las fases del compostaje y los parámetros (temperatura, pH y humedad) medidos en campo.
	Reporte de laboratorio	El reporte del laboratorio nos permitirá determinar la calidad del compost obtenido después del proceso de compostaje implementando ME.

3.8. Validez y confiabilidad de instrumentos

Para la validación de los instrumentos, se utilizan metodologías o manuales internacionales como el de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO), la NTP 201.208 (Fertilizantes. Compost a partir de residuos sólidos orgánicos municipales.



Requisitos), el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y trabajos de investigaciones realizadas respecto al tema.

La confiabilidad de los procesos de experimentación y análisis de datos se llevaron a cabo en coordinación y supervisión del asesor de la tesis y consulta con especialistas, con ello se garantizó la veracidad de los datos de campo y la aceptación de la hipótesis del trabajo de investigación.

3.9. Análisis de datos

A través de software estadísticos como SPSS, INFOSTAT Y Microsoft Excel se realizaron operaciones de procedimientos de los datos recopilados de la implementación de microorganismos en la elaboración de compost a partir de residuos orgánicos. Estos datos fueron tomados a los 30 y 50 días del proceso de compostaje, para así determinar la eficiencia de los microorganismos con los parámetros físicos y químicos. Para evaluar la validez de las hipótesis planteadas en esta investigación, se emplearon métodos estadísticos paramétricos, incluyendo el análisis de varianza (ANOVA) lo cual nos posibilitó la identificación de la eficiencia de las dosis de microorganismos en la elaboración de compost. Además, se aplicó la prueba TUKEY para demostrar una diferencia significativa entre las dosis de microorganismos, se realizaron las pruebas estadísticas conocidas como pruebas de rangos múltiples, con un enfoque especial en la prueba de Tukey, que compara promedios de tratamiento y determina su significancia.



Capítulo IV: Resultados de la Investigación

4.1. Determinación de la Relación C/N al inicio del proceso de compostaje

Para la presente investigación, se calculó la relación C/N de acuerdo a los materiales utilizados al inicio del proceso de compostaje, con el fin de determinar si se encuentra dentro de lo establecido por la FAO (2013).

Tabla 11

Determinación de la Relación C/N

Residuo	Kg (1pila)	%	C/N Residuo (Vazquez, 2018)	
Residuos Orgánicos	215	86	12/1	10.32/1
Estiércol de cuy	25	10	20/1	2/1
Aserrín	10	4	500/1	20/1
Peso total (1 pila)	250	100	Relación C/N total:	32,32/1

La tabla 11 demuestra la determinación del porcentaje de cada residuo, multiplicado por el valor correspondiente de Relación C/N de cada uno. La suma de estos valores proporciono como resultado la Relación C/N de 32.32/1 al comienzo del proceso de compostaje (Vazquez, 2018).

La relación C/N de 32.32/1 al inicio del proceso de compostaje, obtenida en este estudio, se encuentra en concordancia con los rangos establecidos por la FAO (25/1 – 35/1). Este resultado favorece la descomposición eficiente de la materia orgánica y contribuye a la obtención de un compost de alta calidad.

4.2. Resultado respecto a los objetivos específicos

4.2.1. Evaluación los parámetros físicos y químicos en la elaboración de compost empleando diferentes dosis de microorganismos a partir de residuos orgánicos en el distrito de San Jeronimo, Cusco-2023.



Los resultados para este objetivo se obtuvieron mediante la evaluación de los parámetros físicos y químicos a los 30 y 50 días de cada tratamiento. Los datos específicos utilizados para estas evaluaciones se extrajeron del Anexo 2 para un análisis detallado.

4.2.1.1. Resultado de la evaluación del parámetro pH a los 30 días

Tabla 12

Análisis de varianza de la evaluación de pH a los 30 días

Fuentes de variación	GL	SC	CM	FC	FT		Sig.	P-valor
					0,05	0,01		
Tratamientos	3	0.43	0.14	10.20	4,08	7,59	**	0,0042
Error Exp.	8	0.11	0.01					
Total	11	0.55						

Nota: CV: 1,38 %; GL = grados de libertad; SC = suma de cuadrados; CM = media cuadrática; FC = F calculada; FT = F tabular; Sig = **. (altamente significativo). P-valor: 0,0042

La tabla 12 corresponde al análisis de varianza llevado a cabo en la evaluación del parámetro de pH a los 30 días, se puede observar un valor altamente significativo a un nivel de significancia $\alpha = 0,05$ ya que $FC=10,20$, tiene un valor mayor que $FT=4,08$ por consiguiente, se puede interpretar que estadísticamente hay una disparidad entre las medias de los tratamientos. Además, el coeficiente de variabilidad se tiene un valor de $CV= 1,38 \%$ lo cual se deduce que existe una mayor uniformidad del valor de la variable.

Para el parámetro de pH a los 30 días, aceptamos la hipótesis alterna (H_a) y rechazamos la hipótesis nula (H_0), a causa de $P\text{-valor}=0.0042$ es inferior al nivel de significancia.



Tabla 13

Prueba de Tukey para determinar la significancia del parámetro de pH a los 30 días.

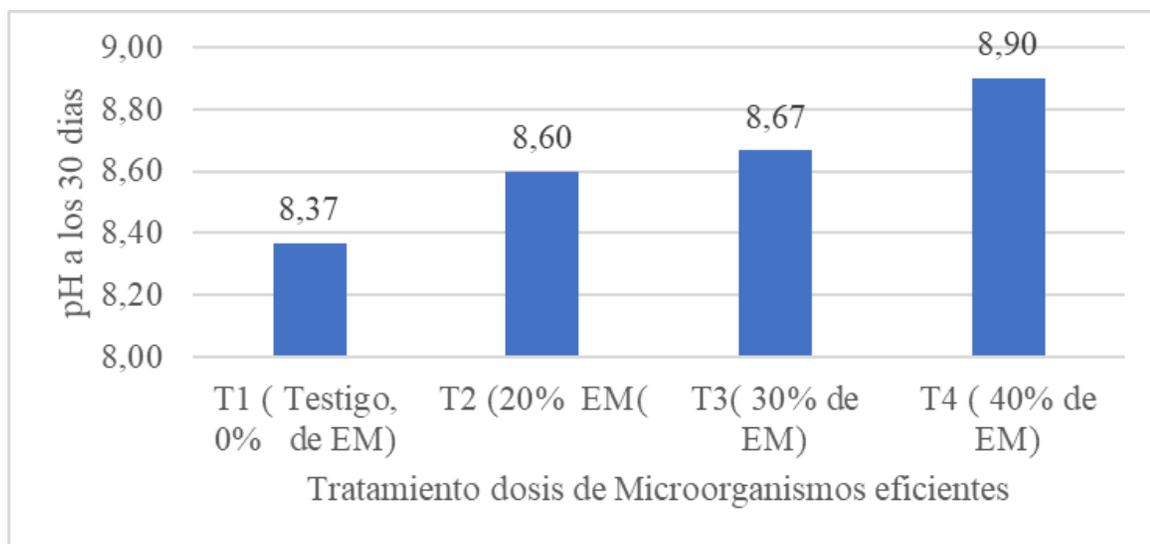
Nº	Tratamiento	Promedio (unidad)	Sig	O M
1	T4 (40% de EM)	8.90	a	1er lugar
2	T3 (30% de EM)	8.67	ab	2do lugar
3	T2 (20% EM)	8.60	ab	2ro lugar
4	T1 (Testigo, 0% de EM)	8.37	b	3ro lugar

La tabla 13 presenta la confrontación de las medias y los resultados de la prueba de significancia de Tukey empleada en el parámetro de pH a los 30 días, donde se hace patente la diferencia sustancial entre las unidades experimentales, donde el tratamiento T4, con un 40% de microorganismos eficientes y una media de (8,90), se sitúa en el primer lugar y se representa con la letra (a). Los tratamientos T3: 30 % de Microorganismos eficientes y T2: 20 % de Microorganismos eficientes y valores de (8,63 y 8.60) sitúan el segundo lugar en orden de mérito y se representa con la letra (ab) ya que tiene una igualdad estadística con los tratamientos T3y T2; el T1: testigo (0 % de ME) ocupa el tercer lugar con una media de (8,37) representada con la letra (b). Esta jerarquía se estableció mediante el método de Tukey con un nivel de significancia de $\alpha=0,05$.



Figura 13

Evaluación de pH a los 30 días



La figura 13 muestra el contenido de pH después de 30 días, el cual tiene valores que van desde 8,90 al 8,37, existe diferencias entre los valores de pH de cada tratamiento lo cual avala los resultados de la prueba ANOVA

4.2.1.2. Resultado de la evaluación del parámetro pH a los 50 días

Tabla 14

Análisis de varianza de la evaluación de pH a los 50 días

Fuentes de variación	GL	SC	CM	FC	FT		Sig.	P-valor
					0,05	0,01		
Tratamientos	3	0.61	0.20	2.90	4,08	7,59	NS	0,1015
Error Exp.	8	0.56	0.07					
Total	11	1.17						

Nota. CV: 3,29 %; GL = grados de libertad; SC = suma de cuadrados; CM = media cuadrática; FC = F calculada; FT = F tabular; Sig = NS. (No significativo). P-valor: 0,1015

La tabla 14 corresponde al análisis de varianza llevado a cabo en la evaluación del parámetro de pH a los 50, se puede observar un valor no significativo a un nivel de significancia $\alpha = 0,05$ ya que



FC=2,90, tiene un valor menor que FT=4,08 por consiguiente, podemos deducir que no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias de los tratamientos. Además, el coeficiente de variabilidad se tiene un valor de CV= 3,29 % lo cual se deduce que existe una mayor uniformidad del valor de la variable.

Para el parámetro de pH a los 50 días, mantenemos la hipótesis nula (Ho) y descartamos la hipótesis alterna (Ha), a causa de P-valor=0.1015.

4.2.1.3. Resultado de la evaluación del parámetro Conductividad Eléctrica Saturada (dS/m) de 30 días

Tabla 15

Análisis de varianza para conductividad Eléctrica Saturada (dS/m) de 30 días

Fuentes de variación	GL	SC	CM	FC	FT		Sig.	P-valor
					0,05	0,01		
Tratamientos	3	0.27	0.09	1.77	4,08	7,59	NS	0,23
Error Exp.	8	0.41	0.05					
Total	11	0.68						

Nota. CV: 4,92 %; GL = grados de libertad; SC = suma de cuadrados; CM = media cuadrática; FC = F calculada; FT = F tabular; Sig = NS. (No significativo). P-valor: 0,1015

La tabla 15 corresponde al análisis de varianza llevado a cabo en la evaluación del parámetro conductividad eléctrica saturada (dS/m) a los 30 días, se puede observar un valor no significativo a un nivel de significancia $\alpha = 0,05$ ya que FC=1,77 tiene un valor menos que FT=4,08 por consiguiente, podemos deducir que no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias de los tratamientos. Además, el coeficiente de variabilidad se tiene un valor de CV= 4,92 % lo cual se deduce que existe una mayor uniformidad del valor de la variable.

Para la conductividad eléctrica saturada (dS/m) de 30 días, mantenemos la hipótesis nula (Ho) y descartamos la hipótesis alterna (Ha), a causa de P-valor=0.230.



4.2.1.4. Resultado de monitoreo del parámetro Conductividad Eléctrica Saturada (dS/m) de 50 días

Tabla 16

Análisis de varianza para conductividad Eléctrica Saturada (dS/m) de 50 días

Fuentes de variación	de GL	SC	CM	FC	FT	Sig.	P-valor
					0,05	0,01	
Tratamientos	3	0.24	0.08	0.97	4,08	7,59	NS
Error Exp.	8	0.67	0.08				0,4530
Total	11	0.91					

Nota. CV: 8,04 %; GL = grados de libertad; SC = suma de cuadrados; CM = media cuadrática; FC = F calculada; FT = F tabular; Sig = NS. (No significativo). P-valor: 0,1015

La tabla 16 del análisis de varianza del parámetro conductividad eléctrica saturada (dS/m) de 50 días de monitoreo de eficiencia de las dosis de microorganismos en elaboración de compost a partir de residuos orgánicos, se puede observar un valor no significativo a un nivel de significancia $\alpha = 0,05$ ya que $FC = 0,97$ tiene un valor menos que $FT = 4,08$ por consiguiente, se puede interpretar que estadísticamente no existe una diferencia entre las medias de los tratamientos, por otro lado, el coeficiente de variabilidad es tiene un valor de $CV = 8,04 \%$ lo cual se deduce que existe una mayor uniformidad del valor de la variable.

Para la conductividad eléctrica saturada (dS/m) de 50 días, en el monitoreo del proceso de compost a partir de residuos orgánico con diferentes dosis de microorganismos, aceptamos la hipótesis nula (H_0) y rechazamos la hipótesis alterna (H_a), debido a que el $P\text{-valor} = 0.4530$

4.2.1.5. Resultado de la evaluación del parámetro densidad aparente (kg/m³) a los 30 días

Tabla 17

Análisis de varianza de densidad aparente (kg/m³) de 30 días



Fuentes de variación	GL	SC	CM	FC	FT		Sig.	P-valor
					0,05	0,01		
Tratamientos	3	7926.33	2642.11	54.95	4,08	7,59	**	0,0001
Error Exp.	8	384.67	48.08					
Total	11	8311.00						

Nota. CV: 1,59 %; GL = grados de libertad; SC = suma de cuadrados; CM = media cuadrática; FC = F calculada; FT = F tabular; Sig = **. (altamente significativo). P-valor: 0,0001

La tabla 17 corresponde al análisis de varianza llevado a cabo en la evaluación del parámetro de densidad aparente (kg/m³) a los 30 días, se puede observar un valor altamente significativo a un nivel de significancia $\alpha = 0,05$ ya que FC=54,95, tiene un valor mayor que FT=4,08 por consiguiente, se puede interpretar que estadísticamente que hay una disparidad entre las medias de los tratamientos, Además, el coeficiente de variabilidad es tiene un valor de CV= 1,59 % lo cual se deduce que existe una mayor uniformidad del valor de la variable.

Para el parámetro de densidad aparente (kg/m³) de 30 días, mantenemos la hipótesis alterna (H_a) y descartamos la hipótesis nula (H₀), a causa de P-valor=0.0001 es inferior al nivel de significancia.

Tabla 18

Prueba de significancia de Tukey densidad aparente (kg/m³) de 30 días

Nº	Tratamiento	Promedio (kg/m ³)	Sig	O M
1	T4 (40% de EM)	503.67	a	1er lugar
2	T1 (Testigo, 0% de EM)	453.67	b	2do lugar
3	T3 (30% de EM)	448.33	b	2do lugar
4	T2 (20% EM)	436.33	b	2do lugar

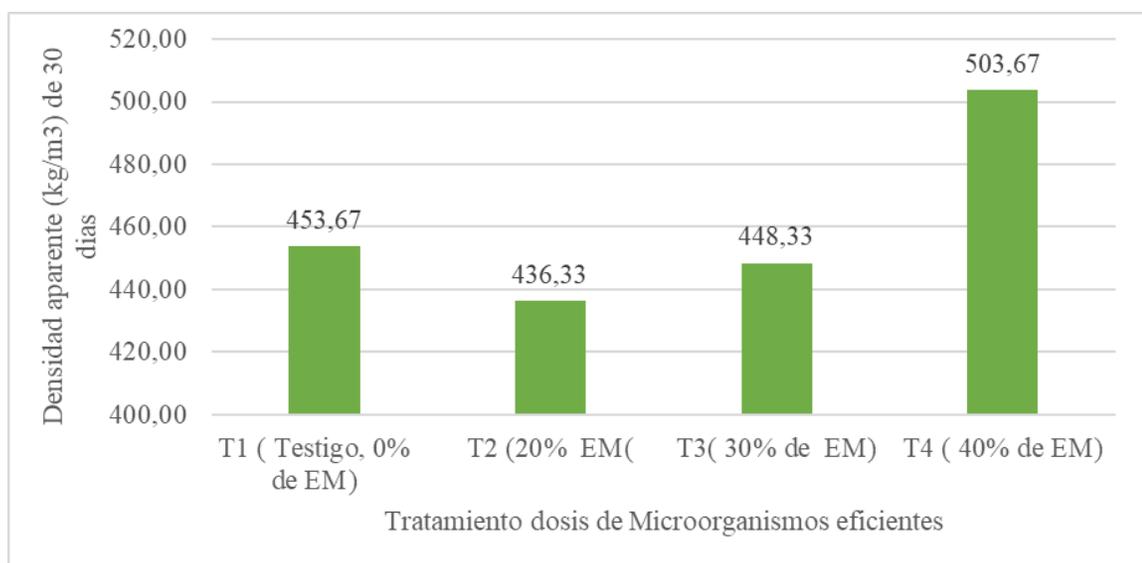
La tabla 18 refleja la confrontación de las medias y los resultados de la prueba de significancia de Tukey empleada en el parámetro densidad aparente (kg/m³) de 30 días, donde se



hace patente la diferencia sustancial entre las unidades experimentales, donde el tratamiento T4, con un 40 % de Microorganismos eficientes y una media de 503,67 kg/m³, se sitúa en el primer lugar y se representa con la letra (a). El tratamiento T1: testigo (0 % de ME), T3: 30 % de Microorganismos eficientes y T2: 20 % de Microorganismos eficientes con un valor y 453.67, 448.33 y 436.33 kg/m³ de densidad aparente, sitúan el segundo lugar y se representa con la letra (b) ya que tiene una igualdad estadística con los tratamientos T1, T3 y T2; Esta jerarquía se estableció mediante el método de Tukey con un nivel de significancia de $\alpha=0,05$.

Figura 14

Evaluación de densidad aparente (kg/m³) de 30 días



La figura 14 muestra el contenido de densidad aparente (kg/m³) a los 30 días, el cual tiene valores que van desde 503.67 a 436.33 kg/m³ densidad aparente, existe diferencias entre los valores de densidad de cada tratamiento lo cual avala los resultados de la prueba ANOVA.

4.2.1.6. Resultado de la evaluación del parámetro densidad aparente (kg/m³) a los 50 días



Tabla 19

Análisis de varianza de densidad aparente (kg/m³) de 50 días

Fuentes de variación	GL	SC	CM	FC	FT		Sig.	P-valor
					0,05	0,01		
Tratamientos	3	33092.25	11030.75	21.27	4,08	7,59	**	0,0004
Error Exp.	8	4148.67	518.58					
Total	11	37240.92						

Nota. CV: 3,66 %; GL = grados de libertad; SC = suma de cuadrados; CM = media cuadrática; FC = F calculada; FT = F tabular; Sig = **. (altamente significativo). P-valor: 0,0004

La tabla 19 corresponde al análisis de varianza llevado a cabo en la evaluación del parámetro densidad aparente (kg/m³) a los 50 días, se puede observar un valor altamente significativo a un nivel de significancia $\alpha = 0,05$ ya que $FC=21,27$, tiene un valor mayor que $FT=4,08$ por consiguiente, se puede interpretar que estadísticamente hay una disparidad entre las medias de los tratamientos. Además, el coeficiente de variabilidad tiene un valor de $CV= 3,66 \%$ lo cual se deduce que existe una mayor uniformidad del valor de la variable.

Para el parámetro de densidad aparente (kg/m³) de 50 días, mantenemos la hipótesis alterna (H_a) y descartamos la hipótesis nula (H_0), a causa de $P\text{-valor}=0.0004$ es inferior al nivel de significancia.



Tabla 20

Prueba de significancia de Tukey densidad aparente (kg/m³) de 50 días

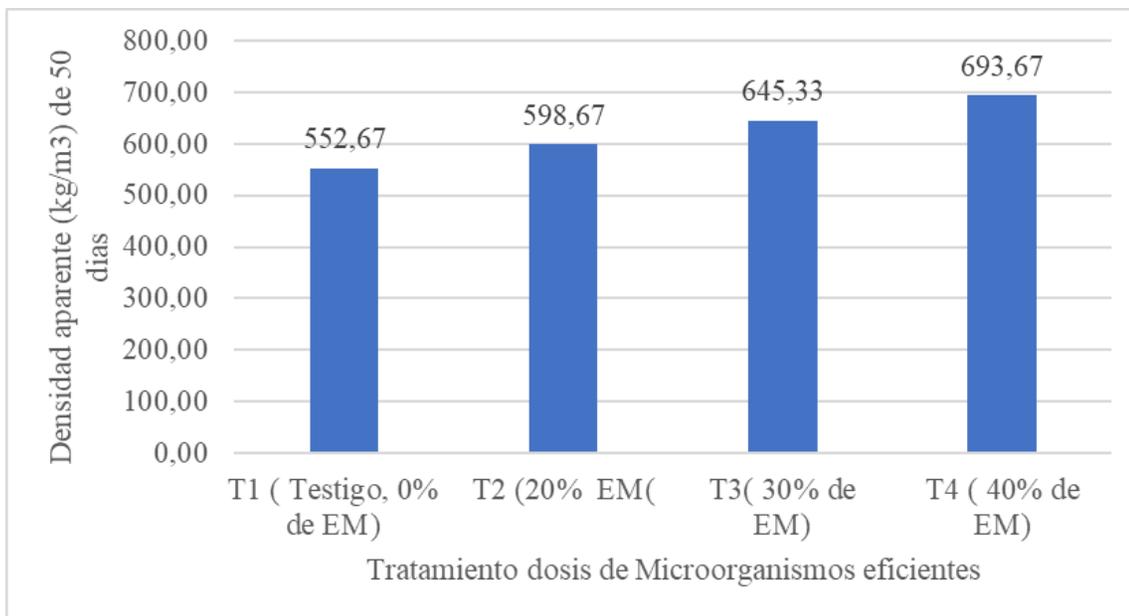
Nº	Tratamiento	Promedio (kg/m ³)	Sig	O M
1	T4 (40% de EM)	693.67	a	1er lugar
2	T3(30% de EM)	645.33	ab	2do lugar
3	T2 (20% EM)	598.67	bc	3er lugar
4	T1 (Testigo, 0% de EM)	552.67	c	4to lugar

La tabla 20 refleja la confrontación de las medias y los resultados de la prueba significancia de Tukey empleada en el parámetro densidad aparente (kg/m³) a los 50 días, donde se hace patente la diferencia sustancial entre las unidades experimentales, donde el tratamiento T4, con un 40% de microorganismos eficientes y una media de 693.67 kg/m³, se sitúa en el primer lugar y se representa con la letra (a). Los tratamientos T3: 30 % de Microorganismos eficientes y T2: 20 % de Microorganismos eficientes y valores de 645.33y 598.67 kg/m³, sitúan el segundo lugar en orden de mérito y se representa con la letra (b), quedando en último lugar T1 (Testigo, 0% de ME); esta jerarquía se estableció mediante el método de Tukey con un nivel de significancia de $\alpha=0,05$.



Figura 15

Evaluación de densidad aparente (kg/m³) de 50 días



La figura 15 muestra el contenido de densidad aparente (kg/m³) de 50 días, el cual tiene valores que van desde 693.67 a 552.67 kg/m³, existe diferencias entre los valores de densidad de cada tratamiento lo cual avala los resultados de la prueba ANOVA.

4.2.1.7. Resultado de la evaluación del parámetro nitrógeno total (N) % a los 30 días

Tabla 21

Análisis de varianza para nitrógeno total % a los 30 días

Fuentes de variación	GL	SC	CM	FC	FT		Sig.	P-valor
					0,05	0,01		
Tratamientos	3	0.11	0.04	1.47	4,08	7,59	NS	0,295
Error Exp.	8	0.20	0.02					
Total	11	0.31						

Nota. CV: 9,04 %; GL = grados de libertad; SC = suma de cuadrados; CM = media cuadrática; FC = F calculada; FT = F tabular; Sig = NS. (No significativo). P-valor: 0,295



La tabla 21 corresponde al análisis de varianza llevado a cabo en la evaluación del parámetro nitrógeno total (N) % a los 30 días, se puede observar un valor no significativo a un nivel de significancia $\alpha = 0,05$ ya que $FC = 1,47$ tiene un valor menos que $FT = 4,08$ por consiguiente, podemos deducir que no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias de los tratamientos. Además, el coeficiente de variabilidad es tiene un valor de $CV = 9,04\%$ lo cual se deduce que existe una mayor uniformidad del valor de la variable.

Para el parámetro nitrógeno total (N) % a los 30 días, mantenemos la hipótesis nula (H_0) y descartamos la hipótesis alterna (H_a), a causa de $P\text{-valor} = 0.295$.

4.2.1.8. Resultado de la evaluación del parámetro nitrógeno total (N)% a los 50 días

Tabla 22

Análisis de varianza para nitrógeno total % a los 50 días

Fuentes de variación	de GL	SC	CM	FC	FT		Sig.	P-valor
					0,05	0,01		
Tratamientos	3	0.04	0.01	0.51	4,08	7,59	NS	0,685
Error Exp.	8	0.19	0.02					
Total	11	0.22						

Nota. CV: 9,40 %; GL = grados de libertad; SC = suma de cuadrados; CM = media cuadrática; FC = F calculada; FT = F tabular; Sig = NS. (No significativo). P-valor: 0,685

La tabla 22 corresponde al análisis de varianza llevado a cabo en la evaluación del parámetro nitrógeno total (N) % a los 50 días, se puede observar un valor no significativo a un nivel de significancia $\alpha = 0,05$ ya que $FC = 0,51$ tiene un valor menos que $FT = 4,08$ por consiguiente, podemos deducir que no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias de los tratamientos. Además, el coeficiente de variabilidad tiene un valor de $CV = 9,40\%$ lo cual se deduce que existe una mayor uniformidad del valor de la variable.



Para el parámetro nitrógeno total (N) % a los 50 días, mantenemos la hipótesis nula (H_0) y descartamos la hipótesis alterna (H_a), a causa de $P\text{-valor}=0.685$.

4.2.1.9. Resultado de la evaluación del parámetro fosforo total (P) % a los 30 días

Tabla 23

Análisis de varianza de fosforo total (P) % a los 30 días

Fuentes de variación	de GL	SC	CM	FC	FT		Sig.	P-valor
					0,05	0,01		
Tratamientos	3	0.11	0.04	26.23	4,08	7,59	**	0,0003
Error Exp.	8	0.01	0.00					
Total	11	0.12						

Nota. CV: 9,71 %; GL = grados de libertad; SC = suma de cuadrados; CM = media cuadrática; FC = F calculada; FT = F tabular; Sig = **. (altamente significativo). P-valor: 0,0003

La tabla 23 corresponde al análisis de varianza llevado a cabo en la evaluación del parámetro fosforo total (P) % a los 30 días, se puede observar un valor altamente significativo a un nivel de significancia $\alpha = 0,05$ ya que $FC=26,23$, tiene un valor mayor que $FT=4,08$ por consiguiente, se puede interpretar que estadísticamente hay una disparidad entre las medias de los tratamientos, Además, el coeficiente de variabilidad tiene un valor de $CV= 9,71 \%$ lo cual se deduce que existe una mayor uniformidad del valor de la variable.

Para el fosforo total (P) % a los 30 días, mantenemos la hipótesis alterna (H_a) y descartamos la hipótesis nula (H_0), a causa de $P\text{-valor}=0.0003$ es inferior al nivel de significancia.



Tabla 24

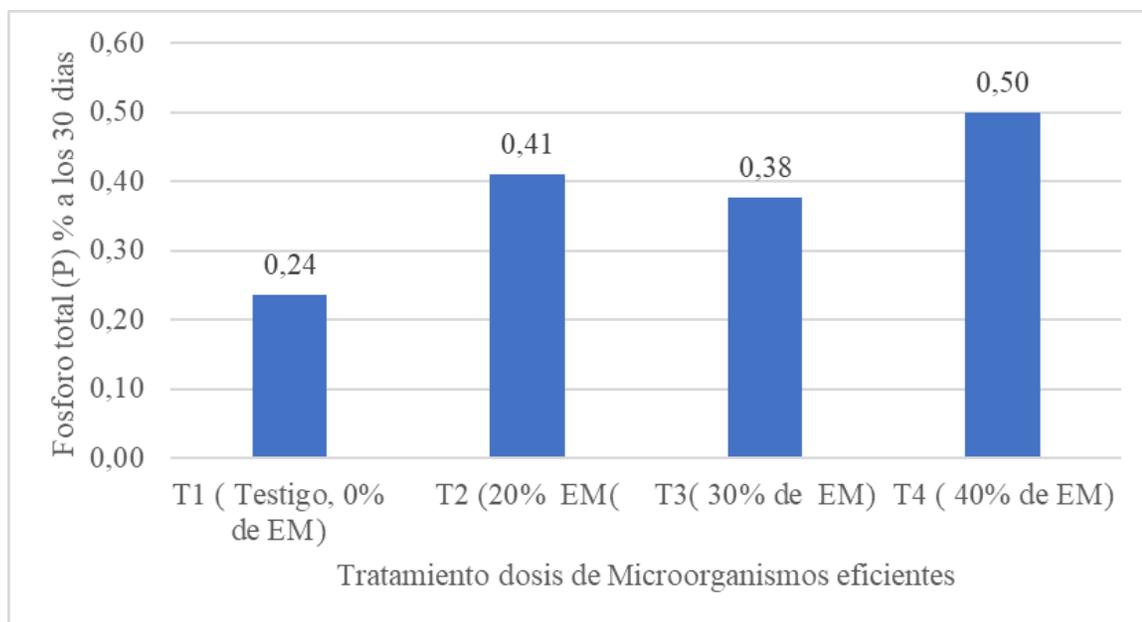
Prueba de significancia de Tukey para fósforo total (P) % a los 30 días

Nº	Tratamiento	Promedio (P %)	Sig	O M
1	T4 (40% de EM)	0.50	a	1er lugar
2	T2 (20% EM)	0.41	ab	2do lugar
3	T3 (30% de EM)	0.38	b	3er lugar
4	T1 (Testigo, 0% de EM)	0.24	c	4to lugar

La tabla 24 refleja la confrontación de las medias y los resultados de la prueba de significancia de Tukey empleada en el parámetro de fósforo total (P) % a los 30 días, donde se hace patente la diferencia sustancial entre las unidades experimentales, donde el tratamiento T4, con un 40 % de Microorganismos eficientes y una media de 0.50 %, se sitúa en el primer lugar y se representa con la letra (a). Los tratamientos T2: 20 % de Microorganismos eficientes y T3: 30 % de Microorganismos eficientes con valores 0.41 y 0.38 % de fósforo total, sitúan el segundo lugar en orden de mérito y se representa con la letra (b) ya que tiene una igualdad estadística con los tratamientos T2y T3; quedando en último lugar T1 (Testigo, 0% de ME) con 0.28 % de fósforo total. Esta jerarquía se estableció mediante el método de Tukey con un nivel de significancia de $\alpha=0,05$.

Figura 16

Evaluación de fosforo total (P) % a los 30 días



La figura 16 muestra el contenido de fosforo total (P) % a los 30 días, el cual tiene valores que van desde 0.50 a 0.24 % fosforo total, existe diferencias entre los valores de fosforo total de cada tratamiento lo cual avala los resultados de la prueba ANOVA.

4.2.1.10. Resultado de la evaluación del parámetro fosforo total (P) % a los 50 días

Tabla 25

Análisis de varianza de fosforo total (P) % a los 50 días

Fuentes de variación	GL	SC	CM	FC	FT		Sig.	P-valor
					0,05	0,01		
Tratamientos	3	0.24	0.08	30.12	4,08	7,59	**	0,0001
Error Exp.	8	0.02	0.00					
Total	11	0.26						

Nota. CV: 8,99 %; GL = grados de libertad; SC = suma de cuadrados; CM = media cuadrática; FC = F calculada; FT = F tabular; Sig = **. (altamente significativo). P-valor: 0,0001



La tabla 25 corresponde al análisis de varianza llevado a cabo en la evaluación del parámetro fosforo total (P) % a los 50 días, se puede observar un valor altamente significativo a un nivel de significancia $\alpha = 0,05$ ya que $FC=30,12$, tiene un valor mayor que $FT=4,08$ por consiguiente, se puede interpretar que estadísticamente hay una disparidad entre las medias de los tratamientos. Además, el coeficiente de variabilidad se tiene un valor de $CV= 8,99 \%$ lo cual se deduce que existe una mayor uniformidad del valor de la variable.

Para el fosforo total (P) % a los 50 días, mantenemos la hipótesis alterna (H_a) y descartamos la hipótesis nula (H_0), a causa de $P\text{-valor}=0.0001$ es inferior al nivel de significancia.

Tabla 26

Prueba de significancia de Tukey para fosforo total (P) % a los 50 días

N°	Tratamiento	Promedio (P %)	Sig	O M
1	T4 (40% de EM)	0.69	a	1er lugar
2	T3(30% de EM)	0.65	a	1er lugar
3	T2 (20% EM)	0.62	a	1er lugar
4	T1 (Testigo, 0% de EM)	0.33	b	2do lugar

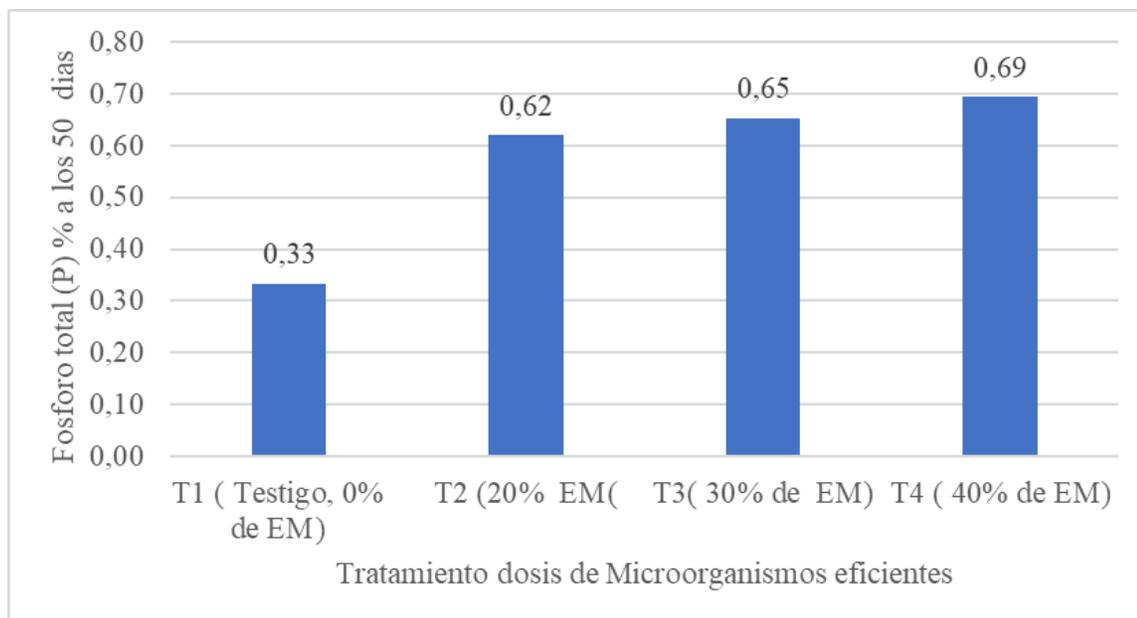
En la tabla 26 presenta la confrontación de las medias, y los resultados de la prueba de significancia de Tukey del fosforo total (P) %, donde se hace patente la diferencia sustancial entre las unidades experimentales, donde el tratamiento T4, con un 40% de microorganismos eficientes y una media de 0.69 %, se sitúa en el primer lugar y se representa con la letra (a). Los tratamientos el T3: 30 % de Microorganismos eficientes y T2: 20 % de Microorganismos eficientes con un valor y 0.65y 0.62 %, ya que tiene una igualdad estadística con los tratamientos T4, T3 y T2, el



T1: testigo (0 % de ME) ocupa el tercer lugar con una media de 0.33 % de fosforo total. Esta jerarquía se estableció mediante el método de Tukey con un nivel de significancia de $\alpha=0,05$.

Figura 17

Evaluación de fosforo total (P) % a los 50 días



La figura 17 muestra el contenido de fosforo total (P) % a los 50 días, el cual tienes valores que van desde 0.69 a 0.33 %, existe diferencias entre los valores de % de fosforo de cada tratamiento lo cual avala los resultados de la prueba ANOVA.

4.2.1.11. Resultado de la evaluación del parámetro potasio total (k) % a los 30 días



Tabla 27

Análisis de varianza de potasio total (k) % a los 30 días

Fuentes de variación	GL	SC	CM	FC	FT		Sig.	P-valor
					0,05	0,01		
Tratamientos	3	0.72	0.24	34.86	4,08	7,59	**	0,0001
Error Exp.	8	0.05	0.01					
Total	11	0.77						

Nota. CV: 3,55 %; GL = grados de libertad; SC = suma de cuadrados; CM = media cuadrática; FC = F calculada; FT = F tabular; Sig = **. (altamente significativo). P-valor: 0,0001

La tabla 27 corresponde al análisis de varianza llevado a cabo en la evaluación del parámetro potasio total (k) % a los 30 días, se puede observar un valor altamente significativo a un nivel de significancia $\alpha = 0,05$ ya que $FC=34,86$, tiene un valor mayor que $FT=4,08$ por consiguiente, se puede interpretar que estadísticamente hay una disparidad entre las medias de los tratamientos. Además, el coeficiente de variabilidad se tiene un valor de $CV= 3,55 \%$ lo cual se deduce que existe una mayor uniformidad del valor de la variable.

Para el potasio total (k) % a los 30 días, mantenemos la hipótesis alterna (H_a) y descartamos la hipótesis nula (H_0), a causa de $P\text{-valor}=0.0001$ es inferior que el nivel de significancia.



Tabla 28

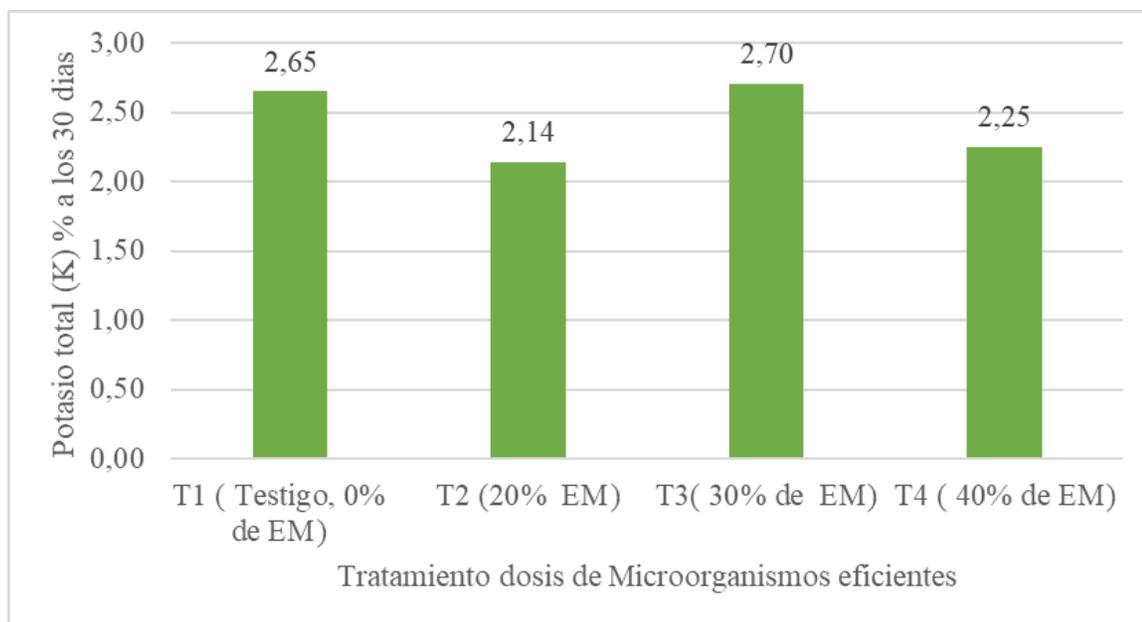
Prueba de significancia de Tukey para potasio total (k) % a los 30 días

Nº	Tratamiento con	Promedio (K %)	Sig	O M
1	T3 (30% de EM)	2.70	a	1er lugar
2	T1 (Testigo, 0% de EM)	2.65	a	1er lugar
3	T4 (40% de EM)	2.25	b	2do lugar
4	T2 (20% de EM)	2.14	b	2do lugar

La tabla 28 presenta la confrontación de las medias y los resultados de la prueba de significancia de Tukey del potasio total (k) a los 30 días, donde se hace patente la diferencia sustancial entre las unidades experimentales, donde el tratamiento T3, con un 30% de microorganismos eficientes y una media de 2.70 %, se sitúa en el primer lugar y se representa con la letra (a). El tratamiento el T4: 40 % de Microorganismos eficientes y T2: 20 % de Microorganismos eficientes con valores de 2.25 y 2.14 %, ya que tiene una igualdad estadística con los tratamientos iguales T4 y T2, quedando en último lugar T2: 20 % con 2.14 % de potasio total. Este orden de mérito se estableció mediante la prueba Tukey a un nivel de significancia de $\alpha=0,05$.

Figura 18

Evaluación de potasio total (k) % a los 30 días



En la figura 18 muestra el contenido de potasio total (k) % a los 30, el cual tiene valores que van desde 2.70 a 2.14 %, existe diferencias entre los valores de % potasio de cada tratamiento lo cual avala los resultados de la prueba ANOVA.

4.2.1.12. Resultado de la evaluación del parámetro potasio total (k) % a los 50 días

Tabla 29

Análisis de varianza de potasio total (k) % a los 50 días

Fuentes de variación	GL	SC	CM	FC	FT		Sig.	P-valor
					0,05	0,01		
Tratamientos	3	0.72	0.24	34.86	4,08	7,59	**	0,0017
Error Exp.	8	0.05	0.01					
Total	11	0.77						

Nota. CV: 4,85 %; GL = grados de libertad; SC = suma de cuadrados; CM = media cuadrática; FC = F calculada; FT = F tabular; Sig = **. (altamente significativo). P-valor: 0,0017

La tabla 29 corresponde al análisis de varianza llevado a cabo en la evaluación potasio total (k) % a los 50 días, se puede observar un valor altamente significativo a un nivel de significancia



$\alpha=0,05$ ya que $FC=13,40$, tiene un valor mayor que $FT=4,08$ por consiguiente, se puede interpretar que estadísticamente hay una disparidad entre las medias de los tratamientos. Además, el coeficiente de variabilidad se tiene un valor de $CV= 4,85 \%$ lo cual se deduce que existe una mayor uniformidad del valor de la variable.

Para el potasio total (k) % a los 50 días, mantenemos la hipótesis alterna (H_a) y descartamos la hipótesis nula (H_0), a causa de $P\text{-valor}=0.0017$ es inferior al nivel de significancia.

Tabla 30

Prueba de significancia de Tukey para potasio total (k) % a los 50 días

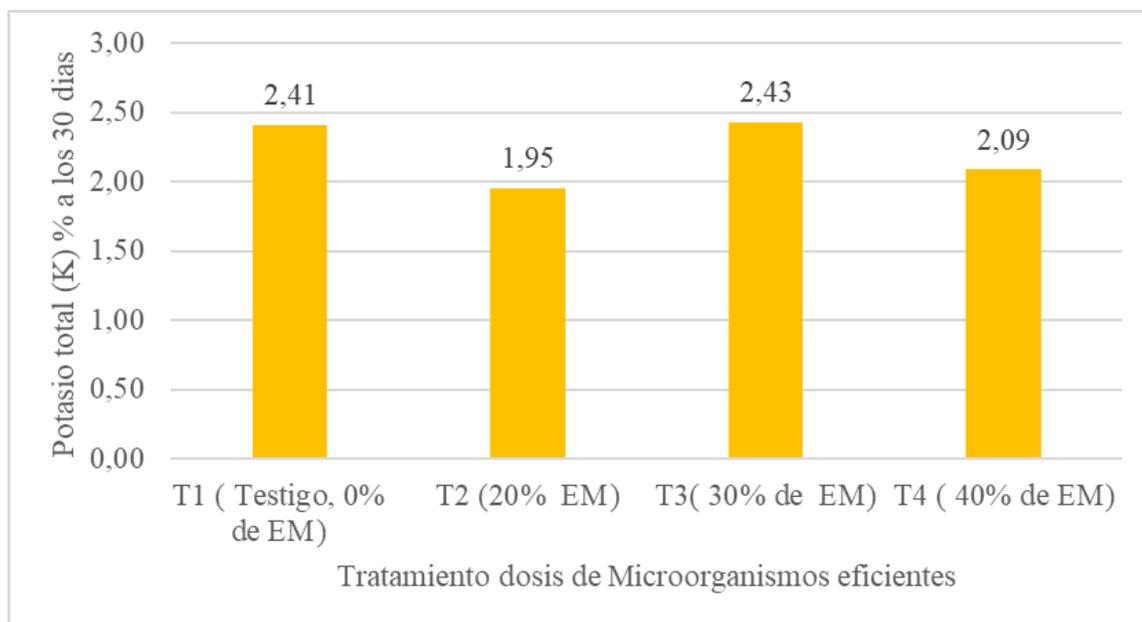
Nº	Tratamiento	Promedio (K %)	Sig	O M
1	T3 (30% de EM)	2.43	a	1er lugar
2	T1 (Testigo, 0% de EM)	2.41	a	1er lugar
3	T4 (40% de EM)	2.09	b	2do lugar
4	T2 (20% de EM)	1.95	b	2do lugar

La tabla 30 presenta la confrontación de las medias y los resultados de la prueba de significancia de Tukey del potasio total (k) a los 50 días, donde se hace patente la diferencia sustancial entre las unidades experimentales, donde el tratamiento T3, con un 30% de microorganismos eficientes y una media de 2.43 % se sitúa en el primer lugar y se representa con la letra (a). Los tratamientos T4: 40 % de Microorganismos eficientes y T2: 20 % de Microorganismos eficientes con un valor de 2.09 y 1.95 %, tienen una igualdad estadística con los tratamientos T4 y T2, quedando en último lugar T2: 20 % con 1.95 % de potasio total. Esta jerarquía se estableció mediante el método de Tukey con un nivel de significancia de $\alpha=0,05$.



Figura 19

Evaluación de potasio total (k) % a los 50 días



La figura 19 muestra el contenido de potasio total (k) % a los 50 días, el cual tiene valores que van desde 2.43 a 1.95 % potasio total existe diferencias entre los valores de % potasio de cada tratamiento lo cual avala los resultados de la prueba ANOVA.

4.2.1.13. Resultado de la evaluación del parámetro calcio total (Ca) %a los 30 días

Tabla 31

Análisis de varianza de calcio total (Ca) % a los 30 días

Fuentes de variación	GL	SC	CM	FC	FT		Sig.	P-valor
					0,05	0,01		
Tratamientos	3	3.41	1.14	18.35	4,08	7,59	**	0,0005
Error Exp.	8	0.50	0.06					
Total	11	3.91						

Nota. CV: 7,93 %; GL = grados de libertad; SC = suma de cuadrados; CM = media cuadrática; FC = F calculada; FT = F tabular; Sig = **. (altamente significativo). P-valor: 0,0005



La tabla 31 corresponde al análisis de varianza de la evaluación del parámetro calcio total (Ca) % a los 30 días, se puede observar un valor altamente significativo a un nivel de significancia $\alpha=0,05$ ya que $FC=18,35$ tiene un valor mayor que $FT=4,08$ por consiguiente, se puede interpretar que estadísticamente hay una disparidad entre las medias de los tratamientos. Además, el coeficiente de variabilidad se tiene un valor de $CV=7,93\%$ lo cual se deduce que existe una mayor uniformidad del valor de la variable.

Para el calcio total (Ca) % a los 30 días, mantenemos la hipótesis alterna (H_a) y descartamos la hipótesis nula (H_0), a causa de $P\text{-valor}=0.0005$ es inferior al nivel de significancia.

Tabla 32

Prueba de significancia de Tukey para calcio total (Ca) % a los 30 días

Nº	Tratamiento	Promedio (Ca %)	Sig	O M
1	T4 (40% de EM)	3.86	a	1er lugar
2	T3 (30% de EM)	3.23	a b	2do lugar
3	T2 (20% EM)	2.96	b c	3er lugar
4	T1 (Testigo, 0% de EM)	2.38	c	4to lugar

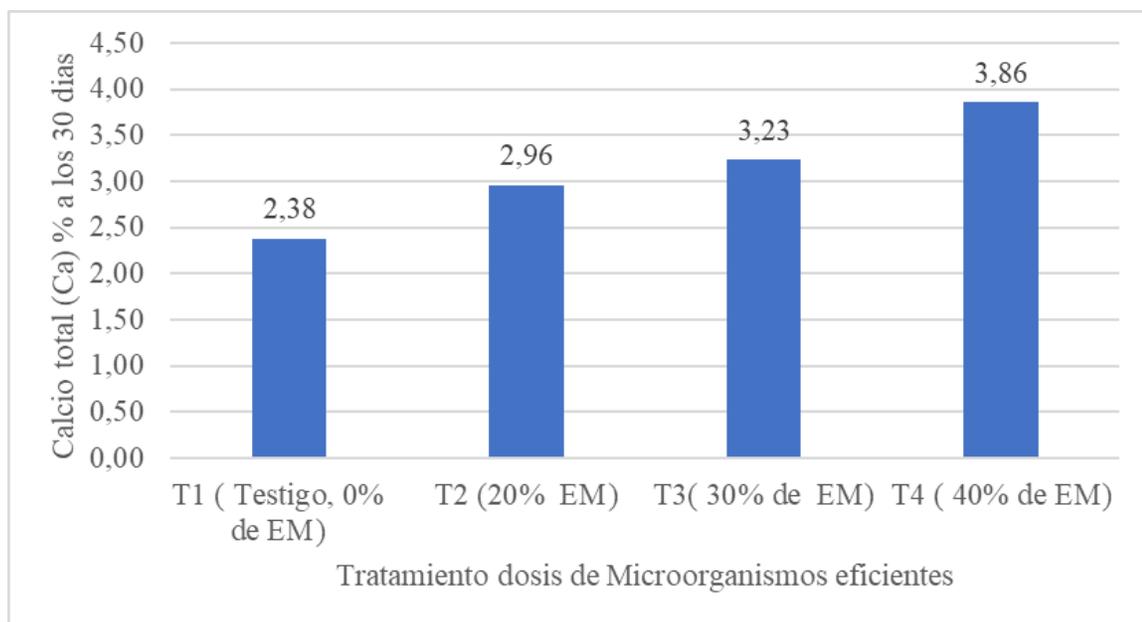
La tabla 32 presenta la confrontación de las medias y los resultados de la prueba de significancia de Tukey del calcio total (Ca) % a los 30, donde se hace patente la diferencia sustancial entre las unidades experimentales, donde el tratamiento T4, con un 40% de microorganismos eficientes y una media de 3.86 %, se sitúa en el primer lugar y se representa con la letra (a). Los tratamientos T3: 30 % de Microorganismos eficientes y T2: 20 % T2: 20 % de Microorganismos eficientes y valores de 3.23 y 2.96 %, sitúan el segundo lugar en orden de mérito



y se representa con la letra (b) ya que tiene una igualdad estadística con los tratamientos T3 y T2; el T1 (Testigo, 0% de ME) ocupa el tercer lugar con una media de 2.38 % representada con la letra (c). Esta jerarquía se estableció mediante el método de Tukey con un nivel de significancia de $\alpha=0,05$.

Figura 20

Evaluación de calcio total (Ca) % a los 30 días



La figura 20 muestra el contenido de calcio total (Ca) % a los 30 días, el cual tiene valores que van desde 3.86 a 2.38 % calcio total existe diferencias entre los valores de calcio de cada tratamiento lo cual avala los resultados de la prueba ANOVA.

4.2.1.14. Resultado de la evaluación del parámetro calcio total (Ca) %a los 50 días

Tabla 33

Análisis de varianza de calcio total (Ca) % a los 50 días



Fuentes de variación	GL	SC	CM	FC	FT		Sig.	P-valor
					0,05	0,01		
Tratamientos	3	3.28	1.09	18.45	4,08	7,59	**	0,0006
Error Exp.	8	0.47	0.06					
Total	11	3.75						

Nota. CV: 7,93 %; GL = grados de libertad; SC = suma de cuadrados; CM = media cuadrática; FC = F calculada; FT = F tabular; Sig = **. (altamente significativo). P-valor: 0,0006

La tabla 33 corresponde al análisis de varianza llevado a cabo en la evaluación del parámetro calcio total (Ca) % a los 50 días, se puede observar un valor altamente significativo a un nivel de significancia $\alpha = 0,05$ ya que $FC=18,45$ tiene un valor mayor que $FT=4,08$ por consiguiente, se puede interpretar que estadísticamente hay una disparidad entre las medias de los tratamientos. Además, el coeficiente de variabilidad se tiene un valor de $CV= 7,93 \%$ lo cual se deduce que existe una mayor uniformidad del valor de la variable.

Para el calcio total (Ca) % a los 50 días, mantenemos la hipótesis alterna (H_a) y descartamos la hipótesis nula (H_0), a causa de $P\text{-valor}=0.0006$ es inferior que el nivel de significancia.

Tabla 34

Prueba de significancia de Tukey para calcio total (Ca) % a los 50 días

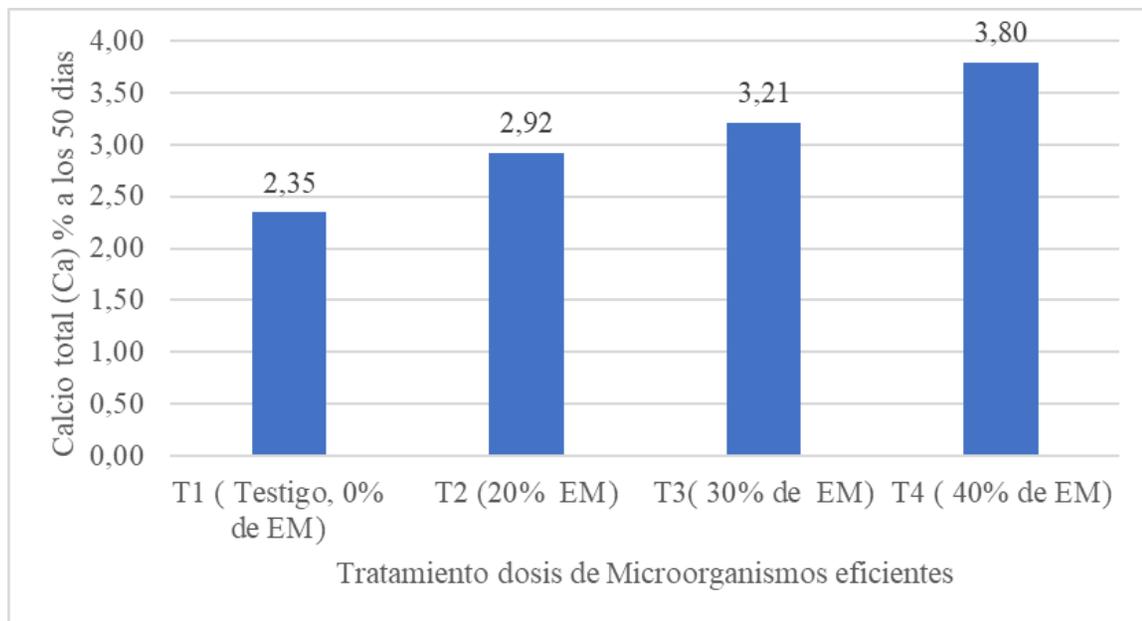
Nº	Tratamiento	Promedio (Ca %)	Sig	O M
1	T4 (40% de EM)	3.80	a	1er lugar
2	T3 (30% de EM)	3.21	a b	2do lugar
3	T2 (20% de EM)	2.92	b c	3er lugar
4	T1 (Testigo, 0% de EM)	2.35	c	4to lugar



La tabla 34 presenta la confrontación de las medias y los resultados de la prueba de significancia de Tukey del calcio total (Ca) % a los 50 días, donde se hace patente la diferencia sustancial entre las unidades experimentales, donde el tratamiento T4, con un 40% de microorganismos eficientes y una media de 3.80 %, se sitúa en el primer lugar y se representa con la letra (a). El tratamiento T3: 30 % de Microorganismos eficientes y T2: 20 % T2: 20 % de Microorganismos eficientes con valores 3.21 y 2.92 %, sitúan el segundo lugar en orden de mérito y se representa con la letra (b) ya que tiene una igualdad estadística con los tratamientos T3 y T2; quedando en último lugar T1 (Testigo, 0% de ME) con 2.35 % de calcio total. Esta jerarquía se estableció mediante el método de Tukey con un nivel de significancia de $\alpha=0,05$.

Figura 21

Evaluación de calcio total (Ca) % a los 50 días



La figura 21 muestra el contenido de calcio total (Ca) % a los 50 días, el cual tiene valores que van desde 3.80 a 2.35 % calcio total existe diferencias entre los valores de calcio de cada tratamiento lo cual avala los resultados de la prueba ANOVA.



4.2.1.15. Resultado de la evaluación del parámetro magnesio total (Mg) % a los 30 días

Tabla 35

Análisis de varianza de magnesio total (Mg) % a los 30 días

Fuentes de variación	de GL	SC	CM	FC	FT		Sig.	P-valor
					0,05	0,01		
Tratamientos	3	0.07	0.02	15.21	4,08	7,59	**	0,0011
Error Exp.	8	0.01	0.00					
Total	11	0.09						

Nota. CV: 9,37 %; GL = grados de libertad; SC = suma de cuadrados; CM = media cuadrática; FC = F calculada; FT = F tabular; Sig = **. (altamente significativo). P-valor: 0,0011

La tabla 35 corresponde al análisis de varianza llevado a cabo en la evaluación del parámetro magnesio total (Mg) % a los 30 días, se puede observar un valor altamente significativo a un nivel de significancia $\alpha = 0,05$ ya que $FC = 15,21$ tiene un valor mayor que $FT = 4,08$ por consiguiente, se puede interpretar que estadísticamente hay una disparidad entre las medias de los tratamientos. Además, el coeficiente de variabilidad se tiene un valor de $CV = 9,37\%$ lo cual se deduce que existe una mayor uniformidad del valor de la variable.

Para el magnesio total (Mg) % a los 30 días, mantenemos la hipótesis alterna (H_a) y descartamos la hipótesis nula (H_0), a causa de $P\text{-valor} = 0,0011$ es inferior que el nivel de significancia.



Tabla 36

Prueba de significancia de Tukey magnesio total (Mg) % de 30 días

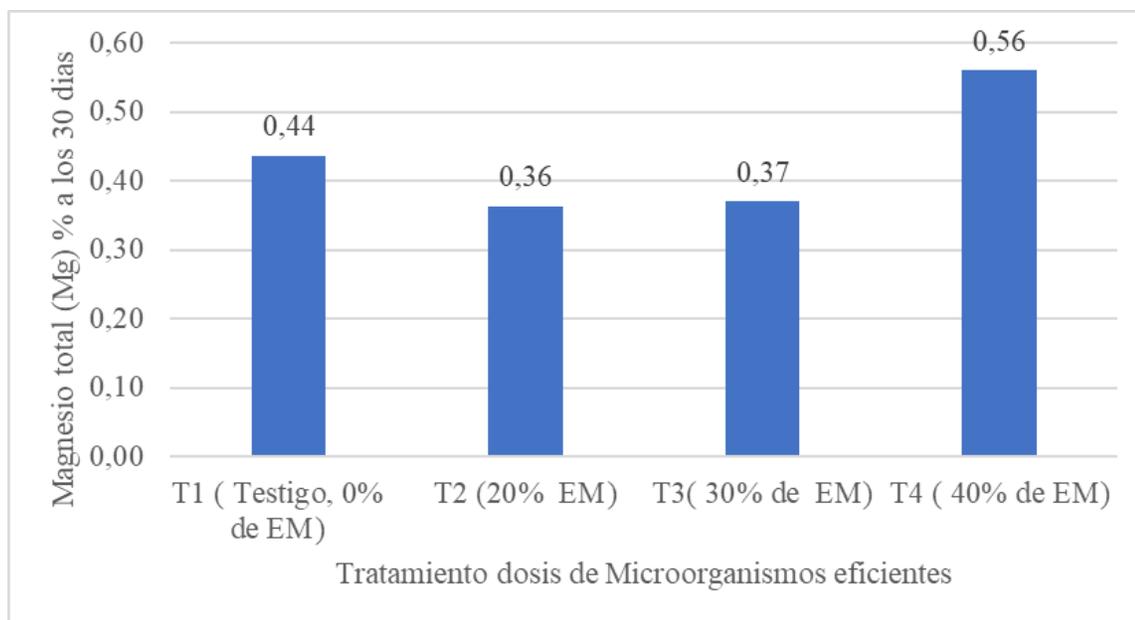
N°	Tratamiento	Promedio (Mg %)	Sig	O M
1	T4 (40% de EM)	0.56	a	1er lugar
2	T1 (Testigo, 0% de EM)	0.44	b	2do lugar
3	T3 (30% de EM)	0.37	b	2do lugar
4	T2 (20% de EM)	0.36	b	2do lugar

La tabla 36 presenta la confrontación de las medias y los resultados de la prueba de significancia de Tukey del parámetro magnesio total (Mg) % de 30 días, donde se hace patente la diferencia sustancial entre las unidades experimentales, donde el tratamiento T4, con un 40% de microorganismos eficientes y una media de 0,56 %, se sitúa en el primer lugar y se representa con la letra (a). Los tratamientos T1: testigo (0 % de ME), T3: 30 % de Microorganismos eficientes y T2: 20 % de Microorganismos eficientes con un valor y 0.44, 0.37 y 0.36 %, sitúan el segundo lugar en orden de mérito y se representa con la letra (b) ya que tiene una igualdad estadística con los tratamientos T1, T3 y T2. Esta jerarquía se estableció mediante el método de Tukey con un nivel de significancia de $\alpha=0,05$.



Figura 22

Evaluación de magnesio total (Mg) % de 30 días



La figura 22 se muestra el contenido de magnesio total (Mg) % a los 30, el cual tiene valores que van desde 0.50 a 0.36 % de magnesio total existe diferencias entre los valores de magnesio de cada tratamiento lo cual avala los resultados de la prueba ANOVA.

4.2.1.16. Resultado de la evaluación del parámetro magnesio total (Mg) % a los 50 días

Tabla 37

Análisis de varianza de magnesio total (Mg) % a los 50 días

Fuentes de variación	de GL	SC	CM	FC	FT		Sig.	P-valor
					0,05	0,01		
Tratamientos	3	0.07	0.02	16.28	4,08	7,59	**	0,0009
Error Exp.	8	0.01	0.00					
Total	11	0.08						

Nota. CV: 8,61 %; GL = grados de libertad; SC = suma de cuadrados; CM = media cuadrática; FC = F calculada; FT = F tabular; Sig = **. (altamente significativo). P-valor: 0,0009



La tabla 37 corresponde al análisis de varianza llevado a cabo en la evaluación del parámetro magnesio total (Mg) % a los 50 días, se puede observar un valor altamente significativo a un nivel de significancia $\alpha = 0,05$ ya que $FC=16,28$ tiene un valor mayor que $FT=4,08$ por consiguiente, se puede interpretar que estadísticamente hay una disparidad entre las medias de los tratamientos. Además, el coeficiente de variabilidad se tiene un valor de $CV= 8,61 \%$ lo cual se deduce que existe una mayor uniformidad del valor de la variable.

Para el magnesio total (Mg) % a los 50 días, mantenemos la hipótesis alterna (H_a) y descartamos la hipótesis nula (H_0), a causa de $P\text{-valor}=0.0009$ es inferior que el nivel de significancia.

Tabla 38

Prueba de significancia de Tukey magnesio total (Mg) % de 50 días

Nº	Tratamiento	Promedio (Mg %)	Sig	O M
1	T4 (40% de EM)	0.55	a	1er lugar
2	T1 (Testigo, 0% de EM)	0.42	b	2do lugar
3	T3 (30% de EM)	0.38	b	2do lugar
4	T2 (20% EM)	0.36	b	2do lugar

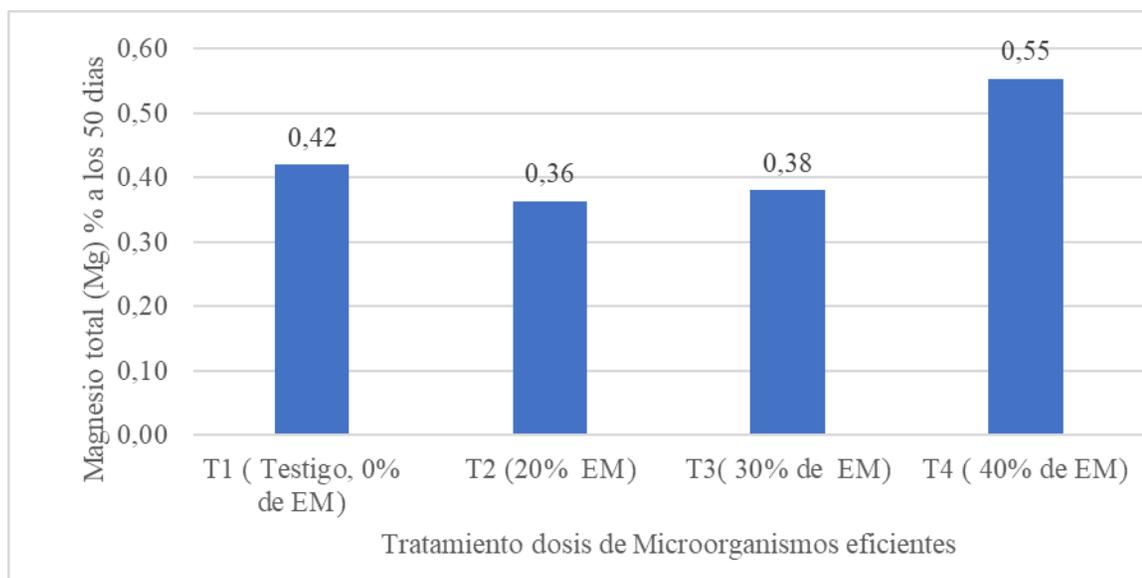
La tabla 38 presenta la confrontación de las medias y los resultados de la prueba de significancia de Tukey del magnesio total (Mg) % a los 50 días, donde se hace patente la diferencia sustancial entre las unidades experimentales, donde el tratamiento T4, con un 40% de microorganismos eficientes y una media de 0,55 %, se sitúa en el primer lugar y se representa con la letra (a). Los tratamientos T1: testigo (0 % de ME), T3: 30 % de Microorganismos eficientes y



T2: 20 % de Microorganismos eficientes con valores 0.42, 0.38 y 0.36 %, sitúan el segundo lugar en orden de mérito y se representa con la letra (b) ya que tiene una igualdad estadística con los tratamientos T1, T3 y T2. Esta jerarquía se estableció mediante el método de Tukey con un nivel de significancia de $\alpha=0,05$.

Figura 23

Evaluación de magnesio total (Mg) % de 50 días



La figura 23 muestra el contenido de magnesio total (Mg) % a los 50 días, el cual tiene valores que van desde 0.55 a 0.36 % de magnesio total existe diferencias entre los valores de magnesio de cada tratamiento lo cual avala los resultados de la prueba ANOVA.

4.2.1.17. Resultado de la evaluación del parámetro materia orgánica % a los 30 días



Tabla 39

Análisis de varianza de materia orgánica % a los 30 días

Fuentes de variación	de GL	SC	CM	FC	FT		Sig.	P-valor
					0,05	0,01		
Tratamientos	3	498.48	166.16	28.80	4,08	7,59	**	0,0001
Error Exp.	8	46.15	5.77					
Total	11	544.63						

Nota. CV: 4,68 %; GL = grados de libertad; SC = suma de cuadrados; CM = media cuadrática; FC = F calculada; FT = F tabular; Sig = **. (altamente significativo). P-valor: 0,0001

La tabla 39 corresponde al análisis de varianza llevado a cabo en la evaluación del parámetro materia orgánica % a los 30 días, se puede observar un valor altamente significativo a un nivel de significancia $\alpha = 0,05$ ya que $FC=28,80$ tiene un valor mayor que $FT=4,08$ por consiguiente, se puede interpretar que estadísticamente hay una disparidad entre las medias de los tratamientos. Además, el coeficiente de variabilidad se tiene un valor de $CV= 4,68 \%$ lo cual se deduce que existe una mayor uniformidad del valor de la variable.

Para la materia orgánica % a los 30 días, mantenemos la hipótesis alterna (H_a) y descartamos la hipótesis nula (H_0), a causa de $P\text{-valor}=0.0001$ es inferior que el nivel de significancia.



Tabla 40

Prueba de significancia de Tukey para materia orgánica % a los 30 días

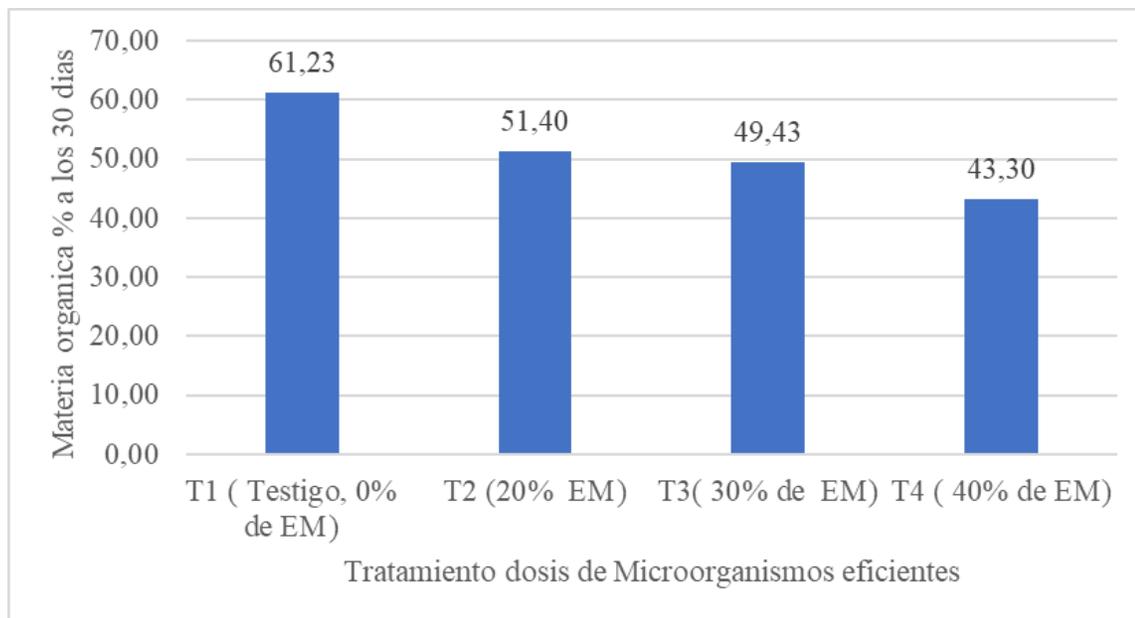
Nº	Tratamiento	Promedio (% MO)	Sig	O M
1	T1 (Testigo, 0% de EM)	61.23	a	1er lugar
2	T2 (20% de EM)	51.40	b	2do lugar
3	T3(30% de EM)	49.43	b c	3er lugar
4	T4 (40% de EM)	43.30	c	4to lugar

La tabla 40 presenta la confrontación de las medias y los resultados de la prueba de significancia de Tukey de la materia orgánica % a los 30 días, donde se hace patente la diferencia sustancial entre las unidades experimentales, donde el tratamiento T1, con un 0% de microorganismos eficientes y una media de 61.23, se sitúa en el primer lugar y se representa con la letra (a). Los tratamientos T2: 20 % de Microorganismos eficientes y T3: 20 % de Microorganismos eficientes con valores 51.40 y 49.43 %, sitúan el segundo lugar en orden de mérito y se representa con la letra (b) ya que tiene una igualdad estadística con los tratamientos T2 y T1; quedando en último lugar T4: 40 de ME con 43.30 % de materia orgánica. Esta jerarquía se estableció mediante el método de Tukey con un nivel de significancia de $\alpha=0,05$.



Figura 24

Evaluación de materia orgánica % a los 30 días



La figura 24 muestra el contenido de materia orgánica % a los 30 días, el cual tiene valores que van desde 61.23 a 43.30 % materia orgánica, existe diferencias entre los valores de materia orgánica de cada tratamiento lo cual avala los resultados de la prueba ANOVA.

4.2.1.18. Resultado de la evaluación del parámetro materia orgánica % a los 50 días

Tabla 41

Análisis de varianza de materia orgánica % a los 50 días

Fuentes de variación	GL	SC	CM	FC	FT		Sig.	P-valor
					0,05	0,01		
Tratamientos	3	496.29	165.43	58.68	4,08	7,59	**	0,0001
Error Exp.	8	22.55	2.82					
Total	11	518.84						

Nota. CV: 3,95 %; GL = grados de libertad; SC = suma de cuadrados; CM = media cuadrática; FC = F calculada; FT = F tabular; Sig = **. (altamente significativo). P-valor: 0,0001



La tabla 41 corresponde al análisis de varianza llevado a cabo en la evaluación del parámetro materia orgánica % a los 50 días, se puede observar un valor altamente significativo a un nivel de significancia $\alpha = 0,05$ ya que $FC=58,68$ tiene un valor mayor que $FT=4,08$ por consiguiente, se puede interpretar que estadísticamente hay una disparidad entre las medias de los tratamientos. Además, el coeficiente de variabilidad se tiene un valor de $CV= 3,95 \%$ lo cual se deduce que existe una mayor uniformidad del valor de la variable.

Para la materia orgánica % a los 50 días, mantenemos la hipótesis alterna (H_a) y descartamos la hipótesis nula (H_0), a causa de $P\text{-valor}=0.0001$ es inferior al nivel de significancia.

Tabla 42

Prueba de significancia de Tukey para materia orgánica % a los 50 días

Nº	Tratamiento	Promedio (% MO)	Sig	O M
1	T1 (Testigo, 0% de EM)	51.43	a	1er lugar
2	T2 (20% de EM)	44.70	b	2do lugar
3	T3 (30% de EM)	40.00	c	3er lugar
4	T4 (40% de EM)	33.87	d	4to lugar

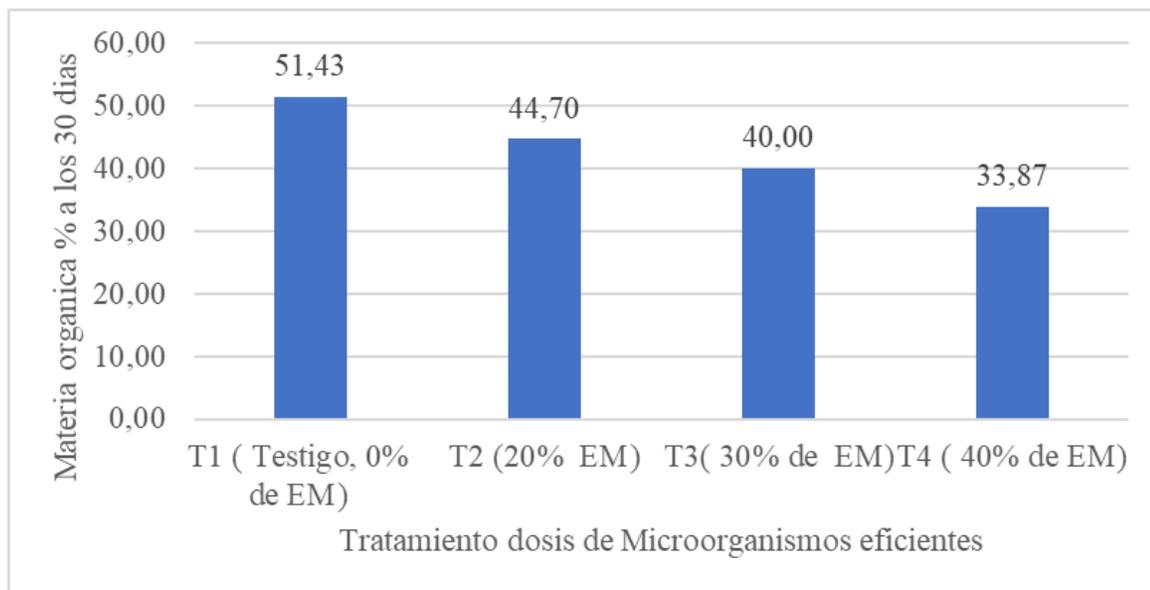
En la tabla 42 presenta la confrontación de las medias y los resultados de la prueba de significancia de Tukey de la materia orgánica % a los 50 días, donde se hace patente la diferencia sustancial entre las unidades experimentales, donde el tratamiento T1, con un 0% de microorganismos eficientes y una media de 51.43 %, se sitúa en el primer lugar y se representa con la letra (a). Los tratamientos T2: 20 % de Microorganismos eficientes y T3: 30 % de Microorganismos eficientes con valores 44.70 y 40.00 %, sitúan el segundo y tercer lugar en orden



de mérito y se representan con la letra (b y c); quedando en último lugar T4: 40 de ME con 33.87 % de materia orgánica. Esta jerarquía se estableció mediante el método de Tukey con un nivel de significancia de $\alpha=0,05$.

Figura 25

Evaluación de materia orgánica % a los 50 días



La figura 25 muestra el contenido de materia orgánica % a los 50 días, el cual tiene valores que van desde 51.43 a 33.87 % materia orgánica, existe diferencias entre los valores de materia orgánica de cada tratamiento lo cual avala los resultados de la prueba ANOVA.

4.2.1.19. Resultado de la evaluación del parámetro relación C/N a los 30 días



Tabla 43

Análisis de varianza de relación C/N a los 30 días

Fuentes de variación	de GL	SC	CM	FC	FT		Sig.	P-valor
					0,05	0,01		
Tratamientos	3	116.97	38.99	129.96	4,08	7,59	**	0,0001
Error Exp.	8	2.40	0.30					
Total	11	119.37						

Nota: CV: 2,00 %; GL = grados de libertad; SC = suma de cuadrados; CM = media cuadrática; FC = F calculada; FT = F tabular; Sig = **. (altamente significativo). P-valor: 0,0001

La tabla 43 corresponde al análisis de varianza llevado a cabo en la evaluación del parámetro relación C/N a los 30 días, se puede observar un valor altamente significativo a un nivel de significancia $\alpha = 0,05$ ya que $FC = 129,96$ tiene un valor mayor que $FT = 4,08$ por consiguiente, se puede interpretar que estadísticamente hay una disparidad entre las medias de los tratamientos. Además, el coeficiente de variabilidad se tiene un valor de $CV = 2,00\%$ lo cual se deduce que existe una mayor uniformidad del valor de la variable.

Para la relación C/N a los 30 días, mantenemos la hipótesis alterna (H_a) y descartamos la hipótesis nula (H_0), a causa de $P\text{-valor} = 0.0001$ es inferior que el nivel de significancia.

Tabla 44

Prueba de significancia de Tukey para relación C/N a los 30 días

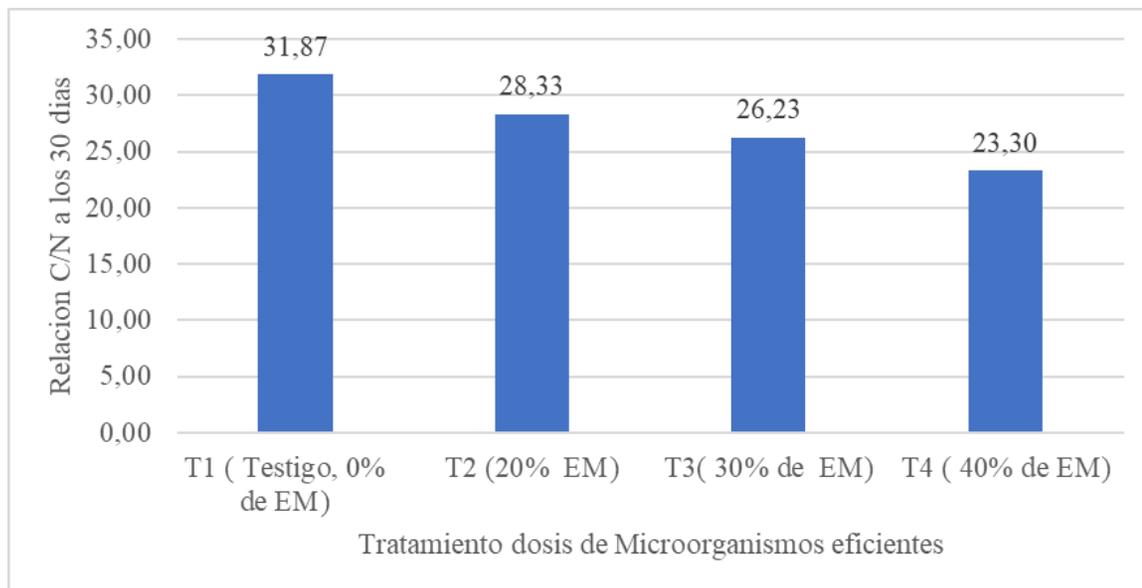
Nº	Tratamiento	Promedio (C/N)	Sig	O M
1	T1 (Testigo, 0% de EM)	31.87	a	1er lugar
2	T2 (20% de EM)	28.33	b	2do lugar
3	T3 (30% de EM)	26.23	c	3er lugar
4	T4 (40% de EM)	23.30	d	4to lugar



La tabla 44 refleja la confrontación de las medias y los resultados de la prueba de significancia de Tukey empleada en la relación C/N a los 30 días, donde se hace patente la diferencia sustancial entre las unidades experimentales, donde el tratamiento T1, con un 40% de microorganismos eficientes y una media de 31.87, se sitúa en el primer lugar y se representa con la letra (a). Los tratamientos T2: 20 % de Microorganismos eficientes y T3: 30 % de Microorganismos eficientes con valores 28.33 y 26.23 unidades de relación C/N, sitúan el segundo y tercer lugar en orden de mérito y se representan con la letra (b y c); quedando en último lugar T4: 40 de ME con 23.30 unidades de relación C/N. Esta jerarquía se dio envase a la prueba Tukey a un nivel de significancia de $\alpha=0,05$.

Figura 26

Evaluación de relación C/N a los 30 días



En la figura 26, se observa el contenido de la relación C/N a los 30 días, el cual tiene valores que van desde 23.30 a 31.87 relación de C/N, existe diferencias entre los valores de relación C/N de cada tratamiento lo cual avala los resultados de la prueba ANOVA.



4.2.1.20. Resultado de la evaluación del parámetro relación C/N a los 50 días

Tabla 45

Análisis de varianza de relación C/N a los 50 días

Fuentes de variación	GL	SC	CM	FC	FT		Sig.	P-valor
					0,05	0,01		
Tratamientos	3	211.28	70.43	418.38	4,08	7,59	**	0,0001
Error Exp.	8	1.35	0.17					
Total	11	212.63						

Nota. CV: 2,00 %; GL = grados de libertad; SC = suma de cuadrados; CM = media cuadrática; FC = F calculada; FT = F tabular; Sig = **. (altamente significativo). P-valor: 0,0001

La tabla 45 del análisis de varianza de la evaluación del parámetro relación C/N a los 50 días, se puede observar un valor altamente significativo a un nivel de significancia $\alpha = 0,05$ ya que $FC=418.38$ tiene un valor mayor que $FT=4,08$ por consiguiente, se puede interpretar que estadísticamente existe una diferencia entre las medias de los tratamientos, por otro lado, el coeficiente de variabilidad es tiene un valor de $CV= 2,00\%$ lo cual se deduce que existe una mayor uniformidad del valor de la variable.

Para la relación C/N a los 50 días, aceptamos la hipótesis alterna (H_a) y rechazamos la hipótesis nula (H_0), debido a que el $P\text{-valor}=0.0001$ es menor que el nivel de significancia.

Tabla 46

Prueba de significancia de Tukey para relación C/N a los 50 días

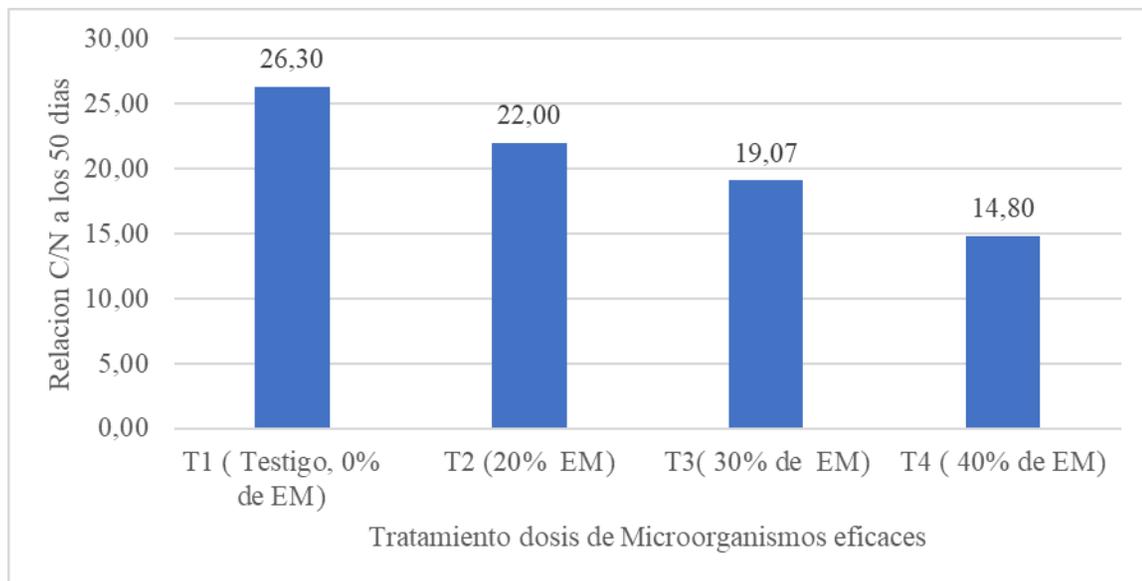
Nº	Tratamiento	Promedio (C/N)	Sig	O M
1	T1 (Testigo, 0% de EM)	26.30	a	1er lugar
2	T2 (20% de EM)	22.00	b	2do lugar
3	T3 (30% de EM)	19.07	c	3er lugar
4	T4 (40% de EM)	14.80	d	4to lugar



La tabla 46 refleja la confrontación de las medias y los resultados de la prueba de significancia de Tukey empleada en la relación C/N a los 30 días, donde se hace patente la diferencia sustancial entre las unidades experimentales, donde el tratamiento T1, testigo 0% de microorganismos eficientes y una media de 26.30 unidades de relación C/N, se sitúa en el primer lugar y se representa con la letra (a). Los tratamientos T2: 20% de Microorganismos eficientes y T3: 30% de Microorganismos eficientes con valores 22.00 y 19.07 unidades de relación C/N, sitúan el segundo y tercer lugar en orden de mérito y se representan con la letra (b y c); quedando en último lugar T4: 40 de ME con 14.80 unidades de relación C/N. Esta jerarquía se dio envase a la prueba Tukey a un nivel de significancia de $\alpha=0,05$.

Figura 27

Evaluación de la relación C/N a los 50 días



La figura 27 muestra el contenido de la relación C/N a los 50 días, el cual tiene valores que van desde 14.80 a 26.30 relación de C/N, existe diferencias entre los valores de relación C/N de cada tratamiento lo cual avala los resultados de la prueba ANOVA.



4.2.2. Determinación de la dosis optima de microorganismos utilizada en la elaboración de compost a partir de residuos orgánicos en el distrito de San Jeronimo, Cusco-2023.

Para la determinación de dosis optima de microorganismos se incorporaron concentraciones de microorganismos en los tratamientos: T1 al 0% de ME, T2 al 20% de ME, T3 al 30 % de ME y T4 al 40% de ME, esta incorporación es fundamental para una descomposición eficiente de los residuos orgánicos y el mejoramiento de calidad de compost, lo que conlleva directamente en los parámetros de relación C/N, niveles de nitrógeno, fosforo, potasio, calcio y magnesio.

Tabla 47

Parámetros comparados para la determinación de dosis optima de microorganismos

PARAMETROS EVALUADOS	UNID AD	RESULTADOS OBTENIDOS				NTP 201.208	FAO (2013)
		T1	T2	T3	T4		
Nitrógeno total (N)	%	1,87	1,60	1,77	1,77	0,3 - 1,5	-
Fosforo total (P)	%	0,24	0,41	0,38	0,50	0,1 - 1,0	-
Potasio total (K)	%	2,65	2,14	2,70	2,25	0,3 - 1,0	-
Calcio total (Ca)	%	2,35	2,92	3,21	3,8	2-6	
Magnesio total (Mg)	%	0,42	0,36	0,38	0,55	0,2 - 0,7	
Relación C/N		26,3	22	19,17	14,8	25/1 – 35/1	10/1 – 15/1

Nota. Se tomaron en cuenta los seis parámetros más importantes en la determinación de dosis optima de microorganismos

En la tabla 47 se observa que para el T1 (0% de ME) la concentración de nitrógeno total es de 1,87 %, potasio total 2,65 % valores superiores a lo que indica la norma, el fosforo total presenta un valor de 0.24 % y la Relación C/N un valor de 26,3 los cuales se encuentra en el rango establecido por la NTP 201.208. Por otro lado, en el T2 (20% de ME) la concentración de Nitrógeno total es 1,60 %, Potasio total es de 2,14%, valores que superan el rango establecido, mientras que la concentración que se encuentra en el rango establecido es Fosforo total con un



valor de 0,41% y la Relación C/N con un valor 22, en cuanto al T3 (30% de ME) y T4 (40% de ME) las concentraciones de Nitrógeno total presentan el mismo valor de 1,77% , Potasio total (2,70 y 2.25)%, quienes superan los rangos establecido, y relación C/N (19,17 y 14,8) no se encuentran en el rango establecido, Fosforo total (0,38 y 0,50) es la única concentración que se encuentra en el rango indicado por la NTP 201.208.

Es importante señalar que los rangos presentados en la NTP 201.208 difieren a valores observados en otros antecedentes. Los resultados obtenidos en este estudio para la relación C/N presentan concordancia con los valores reportados por la FAO, razón por la cuales fueron comparados con la misma. Según la FAO el rango optimo del parámetro de la relación C/N para un compost maduro es de (10:1 - 15:1).

Con lo mencionado anteriormente, la concentración de relación C/N del T4 (40% de ME) con un valor de 14.8 se encuentra en su rango establecido, por otro lado, las concentraciones de los tratamientos T2 (20% de ME) y T3 (30% de ME) son los más cercanos al rango establecido por la FAO con valores de 22 y 19.17 respectivamente, el tratamiento T1 (0% de ME) con un valor de 26.3 es la concentración que más sobrepasa a lo indicado por la FAO.

De acuerdo a los resultados obtenidos por medio del laboratorio y el análisis realizado en los parámetros de relación C/N y las concentraciones de nitrógeno total, fosforo total, potasio total, calcio total y magnesio total presentados en la tabla 47, podemos indicar que el Tratamiento 4 (40% de ME) es la dosis optima y más adecuada para la obtención de compost.



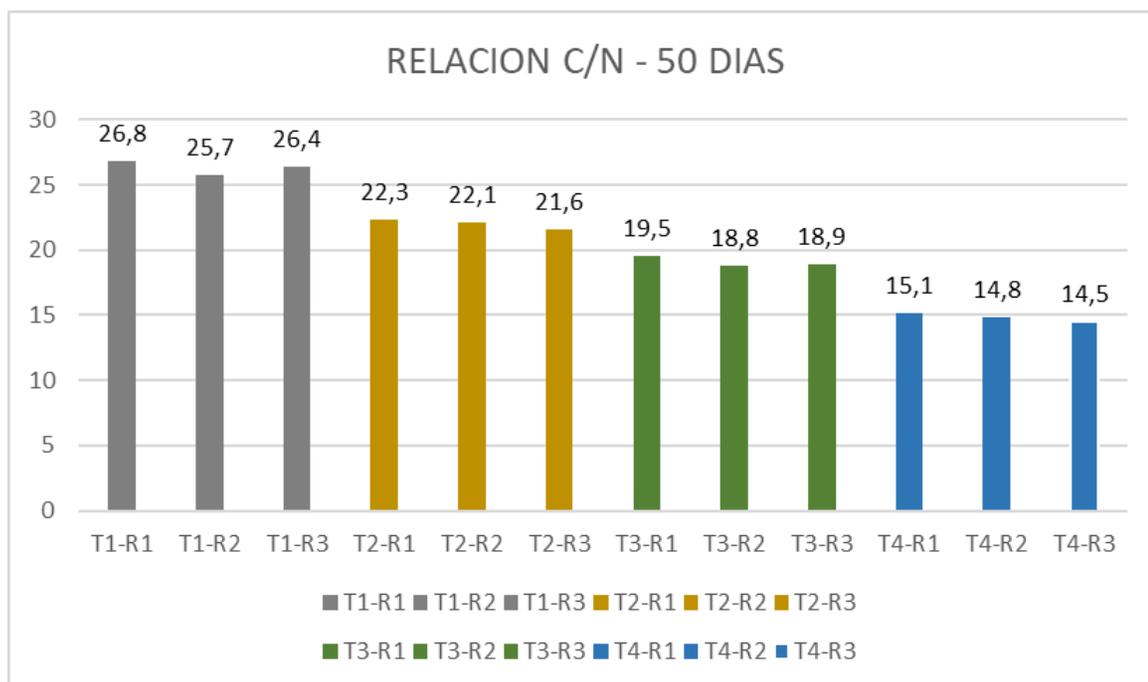
4.2.3. *Determinación del tiempo en la elaboración de compost empleando diferentes dosis de microorganismos a partir de residuos orgánicos en el distrito de San Jeronimo, Cusco-2023.*

La evaluación del tiempo del compostaje es esencial para mejorar la eficiencia del proceso del compostaje, permitiendo la descomposición de los residuos orgánicos en un periodo de tiempo reducido. Para la determinación del tiempo se analizaron la evolución de los parámetros de relación C/N, temperatura, pH y humedad en el proceso de compostaje. Estos parámetros brindan información sobre la eficiencia de las dosis de microorganismos eficientes en función a la aceleración del proceso.

4.2.3.1. **Relación C/N en función a la optimización de tiempo.**

Figura 28

Valores de Relación C/N a los 50 días en función a la optimización de tiempo



La figura 28 refleja los valores de la relación C/N a los 50 días de iniciado el proceso de compostaje, los cuales T1(0% de ME) tienen los valores más altos mayores de 25/1, T2 (20% de



ME) tiene valores superiores a 20/1, T3 (30% de ME) y T4 (40% de ME) tiene valores menores a 20/1.

De acuerdo con Nogales et al. (2005), una composta se considera estable y madura cuando la relación C/N es inferior a 20, como se observa en la figura 27, los tratamientos T1 y T2 son superiores a 20 esto quiere decir que aún no alcanzan su etapa de maduración. Por otro lado, los tratamientos T3 y T4 que contienen las dosis más altas de microorganismos su relación C/N son inferiores a 20, esto indica que el compost ya se encuentra maduro en el periodo de 50 días y listo para su uso como abono natural.

4.2.3.2. Evaluación de parámetros durante el proceso de compostaje

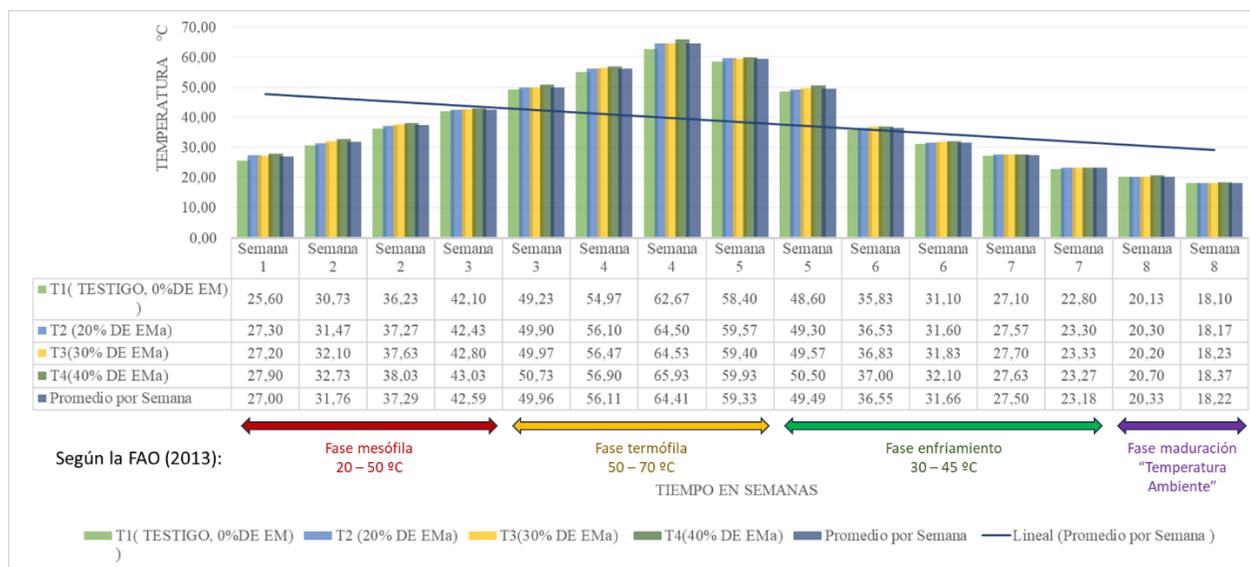
- Temperatura

En la Figura 29, se observa el monitoreo de temperatura en la evaluación de la eficiencia de las dosis de microorganismos en la elaboración de compost a partir de residuos orgánicos en el distrito de San Jerónimo, Cusco-2023, donde la aplicación de los microorganismos eficientes en el T4(40% de ME), T3 (30 % de ME), T2 (20% de ME) y T1(0% % de ME) poseen el mismo patrón de comportamiento, lo que expresa que los tratamientos en sus diferentes concentraciones no tiene efecto sobre la temperatura.



Figura 29

Monitoreo de temperatura



Por otro lado, la figura 29 muestra que en las dos semanas iniciales se da la fase mesófila con el incremento de temperatura promedio de 27°C a 37.29°C, así como la degradación de los residuos más biodegradables. Luego observamos un rápido aumento de temperatura en la semana 3 con una temperatura promedio de 42.59 °C marcando el inicio de la fase termófila, después, la temperatura llega a su punto máximo que se da en la semana 4 con un promedio de temperatura 64.41°C y comienza a disminuir la temperatura gradualmente indicando la transición hacia la fase de enfriamiento, esta fase de enfriamiento se da entre la semana 5 y la semana 7 llegando a un promedio de temperatura de 23.18°C, finalmente en la semana 8 la temperatura se estabiliza entre los 18°C. Por otra parte, observamos el comportamiento similar entre la temperatura de las pilas composteras y lo dispuesto por la FAO (2013) que se muestra en la tabla 3.

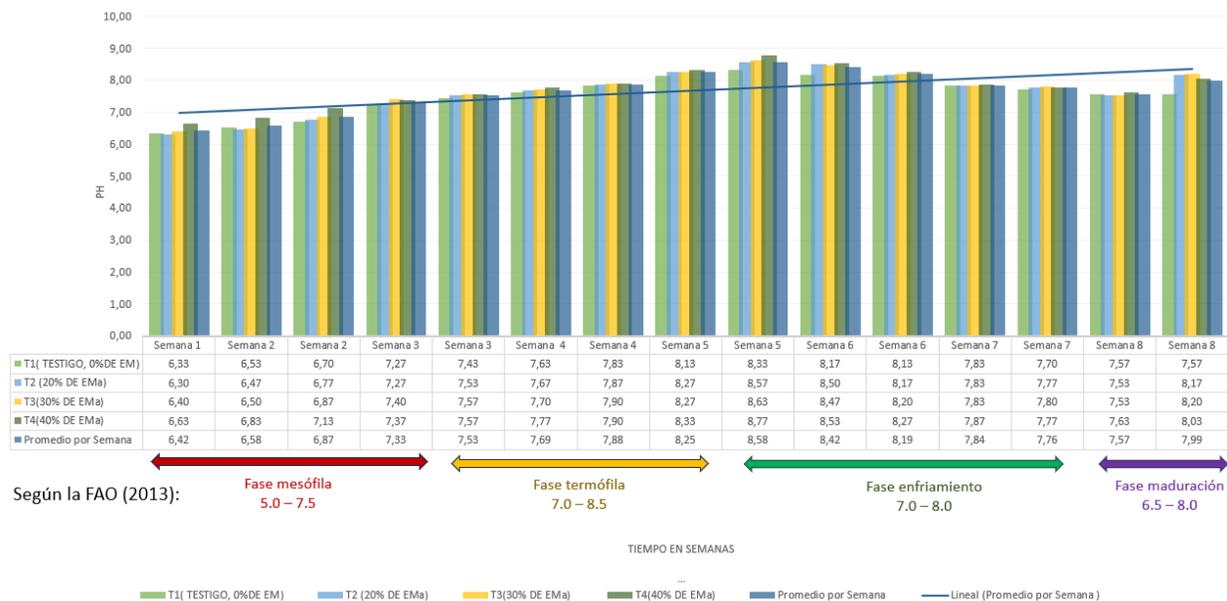
- pH

El pH es un factor crucial en el proceso de compostaje, por que influye significativamente en la eficiencia y calidad del compost resultante.



Figura 30

Monitoreo de pH



En la Figura 30 de monitoreo de pH en la evaluación de la eficiencia de las dosis de microorganismos en la elaboración de compost a partir de residuos orgánicos en el distrito de San Jerónimo, Cusco-2023, se observa el comportamiento similar del pH en los tratamientos T4 (40% de ME), T3 (30% de ME), T2 (40% de ME) y T1 (0% de ME). En la fase mesófila, que abarco desde la semana 1 hasta la semana 3, con promedios que fluctuaron entre 6.42 y 7.33, alcanzando el punto más bajo en todo el proceso de compostaje debido a la generación de ácidos orgánicos.

Luego, se dio inicio a la fase termófila, que duro entre la semana 3 y la semana 5, se registró un aumento en los niveles de pH, con un promedio de 7.53 a 8.25, debido a la producción de amoniaco. La disminución gradual del pH en la semana 7 indicó la transición hacia la fase de enfriamiento, alcanzando niveles entre 7.70 y 7.80. Esta disminución se atribuyó a la reducción de la actividad microbiana.



En la fase de maduración, que ocupó las dos últimas semanas del proceso de compostaje, se observó un nuevo incremento de los niveles de pH de entre 7.57 a 7.99. Este aumento se debió a factores como la liberación de nutrientes y la descomposición adicional.

Por otro lado, en la figura 30 se observa el rango que establece la FAO (2013) para cada fase del proceso de compostaje, donde el comportamiento de los niveles de pH fue similar a lo establecido por dicha agencia.

- Humedad

La humedad desempeña un papel fundamental en la elaboración de compostaje, ya que afecta directamente la actividad microbiana y la descomposición de los residuos orgánicos.

Tabla 48

Datos de monitoreo de Humedad

	FAO (2013)	T1(0 %DE ME)	T2(20 % DE ME)	T3(30 % DE ME)	T4(40 % DE ME)	T1(0% DE ME)	T2(20 % DE ME)	T3(30 % DE ME)	T4(40 % DE ME)	T1(0% DE ME)	T2(20 % DE ME)	T3(30 % DE ME)	T4(40 % DE ME)
Sem1		WET	WET	WET	WET	WET	WET	WET	WET	WET	WET	WET	WET
Sem2	Fase mesófila 40 -60%	NOR	WET	WET	WET	NOR	WET	WET	WET	NOR	WET	WET	WET
Sem2		NOR	WET	WET	WET	NOR	WET	WET	WET	NOR	WET	WET	WTE
Sem3		NOR	WET	WET	WET	NOR	WET	NOR	WET	NOR	WET	WET	WET
Sem3		NOR	WET	WET	WET	NOR	WET	WET	WET	NOR	WET	NOR	WET
Sem4	Fase termófila 40 - 50%	NOR	NOR	WET	WET	NOR	WET	WET	WET	NOR	WET	NOR	WET
Sem4		NOR	NOR	WET	WET	NOR	NOR	NOR	WET	NOR	NOR	NOR	WET
Sem5		NOR	NOR	WET	WET	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	WET
Sem5		NOR	NOR	WET	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	WET
Sem6	Fase de enfriamiento 30 -40%	DRY	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR
Sem6		DRY	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR
Sem7		DRY	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR
Sem7		DRY	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	DRY	NOR	NOR	NOR
Sem8	Fase de maduración 30 - 40%	DRY	DRY	NOR	NOR	NOR	NOR	DRY	NOR	DRY	NOR	NOR	NOR
Sem8		DRY	DRY	NOR	NOR	NOR	NOR	DRY	NOR	DRY	NOR	DRY	NOR

Nota. DRY+ = muy seco (<30%), DRY=seco (30% - 40%), NOR = normal (40% - 60%), WET=Húmedo (60%-70%) y WET+=Muy Húmedo (>70%)

En la tabla 48 se refleja el comportamiento similar de la Humedad en los tratamientos T4 (40% de ME), T3 (30% de ME), T2 (40% de ME y T1 (0% de ME) señalando que no se encuentra



una diferencia significativa en humedad entre los tratamientos que contienen microorganismos eficientes y el testigo (T1), por otro lado, la humedad en las primeras dos semanas se da la fase mesófila donde se encuentra en un rango WET(húmedo) que va de un 60-70% excepto el T1 (0% de ME) que va en un rango NOR(Normal) que va de un 40–60%, estos rangos se dan hasta la semana 4 donde concluye la fase termofílica y empieza la fase de enfriamiento que se da entre las semanas 5 hasta la semana 7, donde la mayoría de los tratamientos entran en un rango de NOR (Normal) que va de un 40–60% excepto el T1 (0% de ME) donde se observa una menor humedad llegando a DRY (seco) con un rango de 30-40% de humedad, finalmente en la semana 8 la humedad en todos los tratamientos disminuyen llegando a los rangos DRY(seco) y NOR(normal) logrando la estabilización del compost. La FAO establece rangos de humedad para cada fase del proceso de compostajes, donde el comportamiento de la humedad fue similar a lo establecido por dicha agencia.

Por lo expuesto anteriormente, se demuestra que la elaboración de compost se realizó en el tiempo de 50 días, según la FAO el tiempo estimado del proceso de compostaje es de 90 a 180 días. Esto nos indica que hubo una optimización del tiempo en función a la mayor concentración y uso de los microorganismos eficientes.

4.3. Resultados respecto al objetivo General

4.3.1. Evaluación de eficiencia de las dosis de microorganismos en la elaboración de compost a partir de residuos orgánicos en el distrito de San Jeronimo, Cusco-2023.

Para evaluar la eficiencia, se determinó el tiempo de producción de compost, se analizaron los parámetros físicos y químicos de cada dosis de microorganismos comparándolos detalladamente con la NTP 201.208, esta comparación proporciona un enfoque detallado de cómo se alinean los parámetros físicos y químicos con la normativa establecida, permitiendo una



evaluación precisa de la eficiencia de las dosis de microorganismos en la generación de compost. Por último, se analizó la diferencia en la cantidad de producción de compost tamizado entre los distintos tratamientos.

Los parámetros físicos y químicos analizados fueron determinados de muestras de compost de cada tratamiento a los 30 y 50 días del inicio del proceso de compostaje.

4.3.1.1. Evaluación a los 30 días de los parámetros físicos y químicos en comparación a la NTP 201.208

Tabla 49

Resultados de parámetros analizados a los 30 días.

PARAMETROS EVALUADOS	UNID AD	RESULTADOS OBTENIDOS A LOS 30 DIAS DEL PROCESO DE COMPOSTAJE				NTP 201.208	FAO (2013)
		T1	T2	T3	T4		
		pH		8,37	8,60			8,67	8,90	6,5 – 8,5	-
Conductividad Eléctrica	dS/m	4,37	4,67	4,77	4,53	2-4	-
Densidad Aparente	kg/m3	453,67	436,33	448,33	503,67	550 – 850	-
Nitrógeno total (N)	%	1,87	1,60	1,77	1,77	0,3 - 1,5	-
Fosforo total (P)	%	0,24	0,41	0,38	0,50	0,1 - 1,0	-
Potasio total (K)	%	2,65	2,14	2,70	2,25	0,3 - 1,0	-
Calcio total (Ca)	%	2,38	2,96	3,23	3,86	2-6	-
Magnesio total (Mg)	%	0,44	0,36	0,37	0,56	0,2 - 0,7	-
Materia Orgánica	%	61,23	51,4	49,43	43,3	>=20	-
Relación C/N		31.87	28.33	26.23	23.30	25:1 – 35:1	10/1 – 15/1

La tabla 49 muestra los resultados de los análisis realizados a las muestras obtenidas a los 30 días del proceso de compostaje. Los parámetros que se encuentran dentro del rango establecido en la normativa NTP 201.208 son: Fosforo Total, Calcio Total, Magnesio Total, Materia Orgánica y Relación C/N. Por el contrario, el pH, Conductividad Eléctrica, Densidad Aparente, Nitrógeno

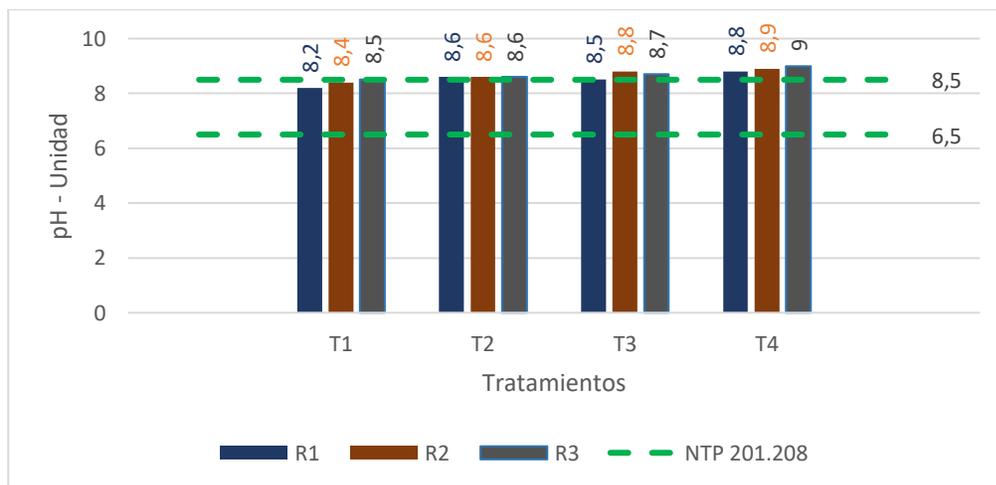


Total y Potasio Total son los que no se encuentran dentro del rango, esto demuestra que los residuos orgánicos aún no están completamente descompuestos.

Es importante mencionar que los rangos presentados en la NTP 201.208 difieren a valores observados en otros antecedentes. Los resultados obtenidos en el análisis a 30 días de iniciado el proceso de compostaje, indican que la relación C/N presentan concordancia con los valores reportados por la FAO, razón por la cuales fueron comparados con la misma. Según la FAO el rango optimo del parámetro de la relación C/N para un compost maduro es de (10:1 - 15:1).

Figura 31

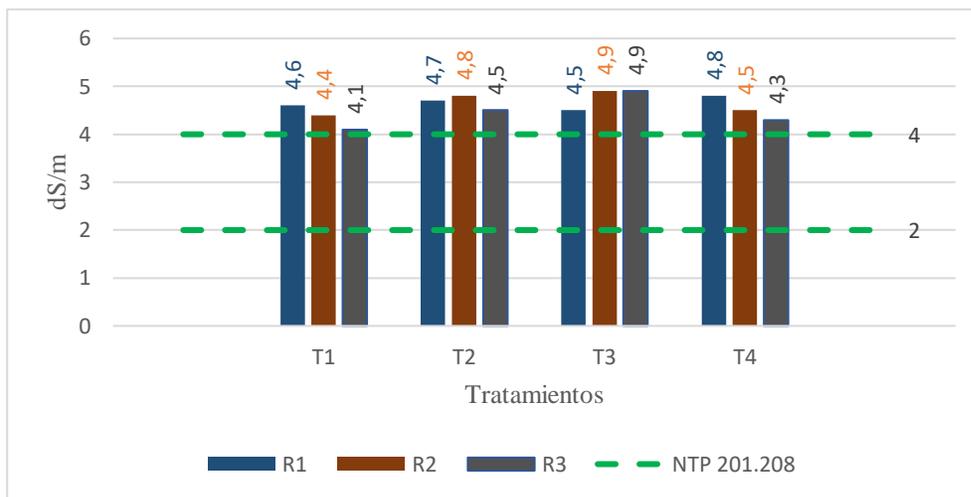
Contenido de pH a los 30 días del proceso de compostaje en comparación con la NTP 201.208



La figura 31 denota los niveles de pH a los 30 días del proceso de compostaje, no se evidencian diferencias sustanciales entre los tratamientos, ya que todos los tratamientos se establecen en el rango de la NTP 201.208, excepto los T4 en sus respectivas repeticiones que superan ligeramente el rango. El exceso de pH se debe a una mayor descomposición de residuos orgánicos.

Figura 32

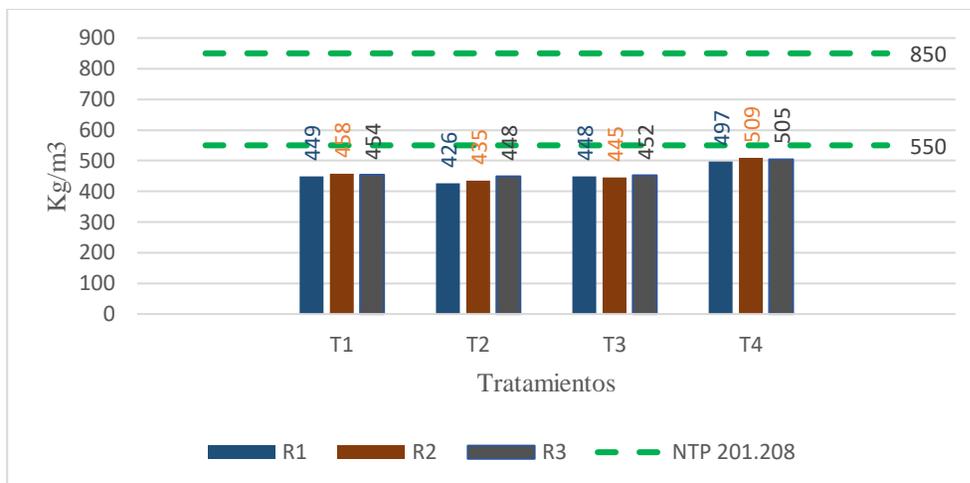
Contenido de Conductividad Eléctrica Saturada a los 30 días del proceso de compostaje en comparación con la NTP 201.208



La figura 32 muestra los valores de Conductividad Eléctrica Saturada a los 30 días del proceso de compostaje, donde todos los tratamientos superan el rango de la NTP 201.208, esto se debe al hecho de que el compost se encuentra en la fase termofílica, lo que ocasiona el crecimiento de la concentración de iones dentro del compost.

Figura 33

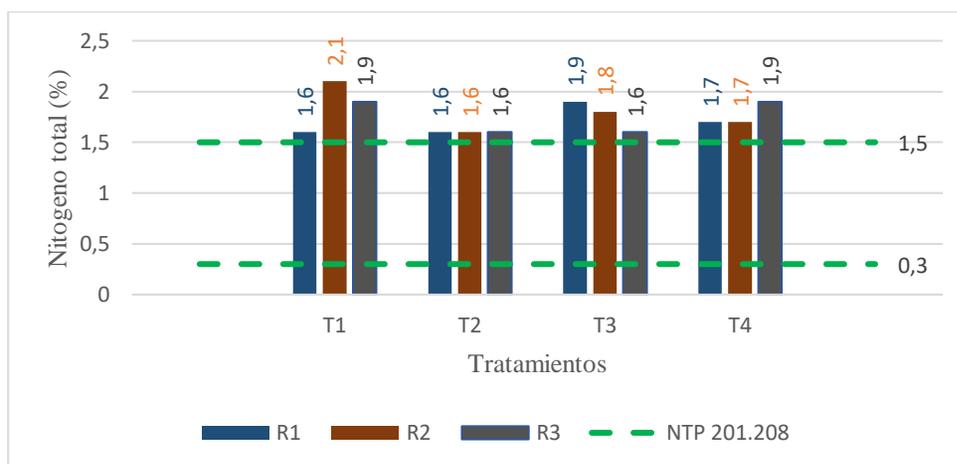
Contenido de densidad aparente a los 30 días del proceso de compostaje en comparación con la NTP 201.208



La figura 33 muestra la densidad aparente a los 30 días del proceso de compostaje, la totalidad de los tratamientos no cumplen con el rango impuesto por la NTP.201.208, lo que indica que aún se encuentran en la fase termofílica y falta descomponer aún más los residuos orgánicos, la densidad aparente se va incrementando con el pasar del tiempo.

Figura 34

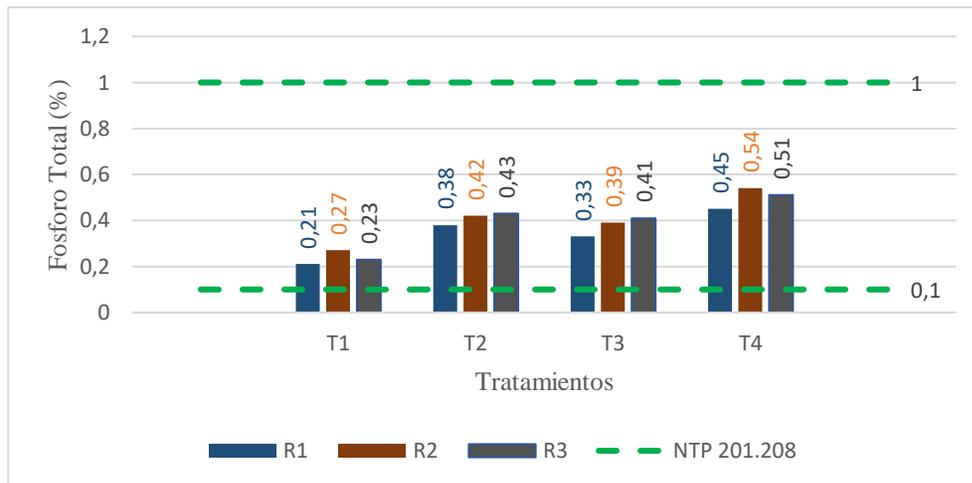
Contenido de nitrógeno total a los 30 días del proceso de compostaje en comparación con la NTP 201.208



La figura 33 muestra la concentración de nitrógeno total a los 30 días del proceso de compostaje, todos los tratamientos superan el rango de la NTP 201.208, esto se debe a la liberación de amonio durante la descomposición de la materia orgánica rica en nitrógeno.

Figura 35

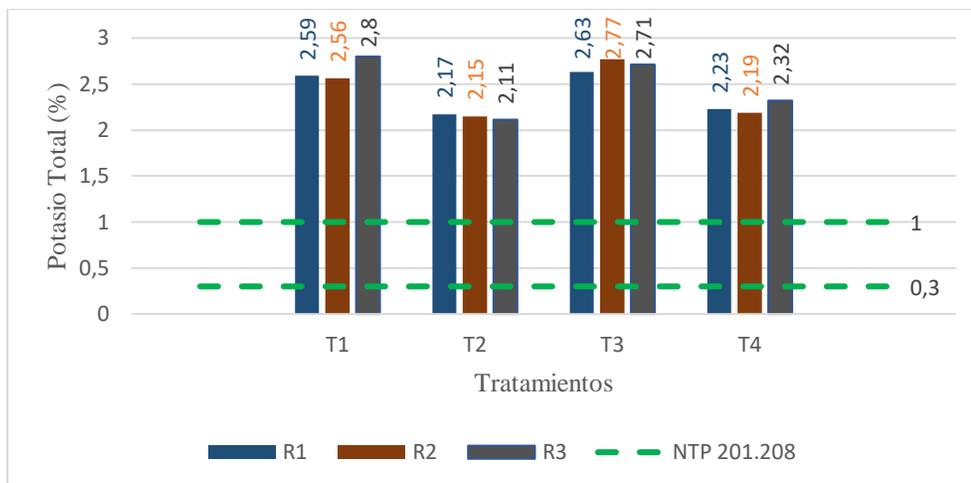
Contenido de fósforo total a los 30 días del proceso de compostaje en comparación con la NTP 201.208



En la figura 34 se puede percibir la concentración de fósforo total a los 30 días iniciado el proceso de compostaje, todos los tratamientos cumplen con lo dispuesto por la NTP 201.208, las diferencias que se observan entre los tratamientos se dan por el tipo de materia orgánica inicial y de su mineralización en cada pila correspondiente.

Figura 36

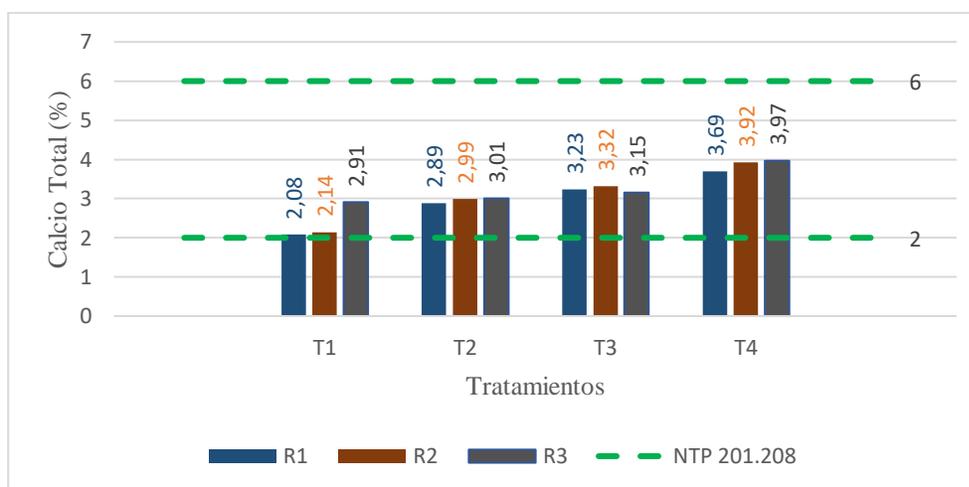
Contenido de potasio total a los 30 días del proceso de compostaje en comparación con la NTP 201.208



La figura 36 muestra el contenido de potasio total a los 30 días del proceso de compostaje, todos los tratamientos superan el rango dispuesto por la NTP 201.208. Esto se debe a la liberación de iones de potasio durante la descomposición de residuos orgánicos. Además, la elevada cantidad de residuos orgánicos al comienzo del proceso contenía una considerable cantidad de potasio, lo que contribuyó a los niveles registrados.

Figura 37

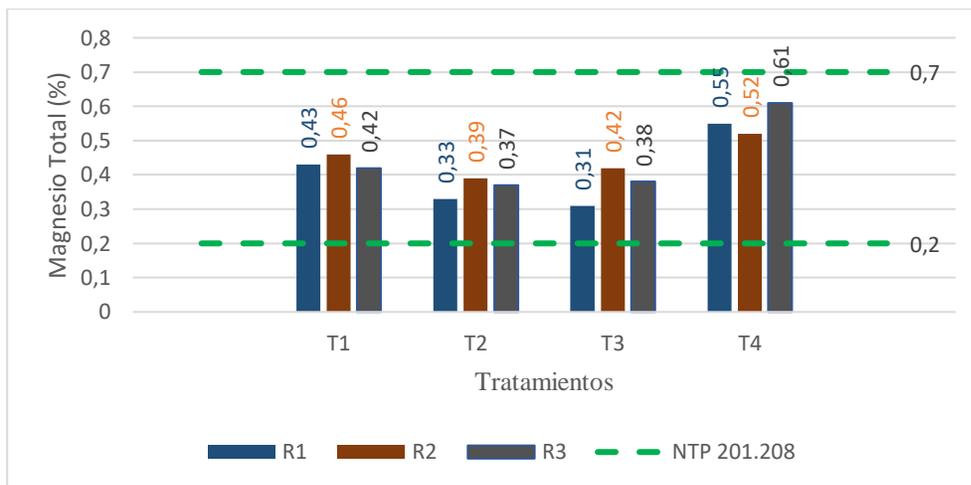
Contenido de calcio total a los 30 días del proceso de compostaje en comparación con la NTP 201.208



La figura 37 muestra la concentración de calcio total a los 30 días iniciado el proceso de compostaje, todos los tratamientos están dentro del rango dispuesto por la NTP 201.208.

Figura 38

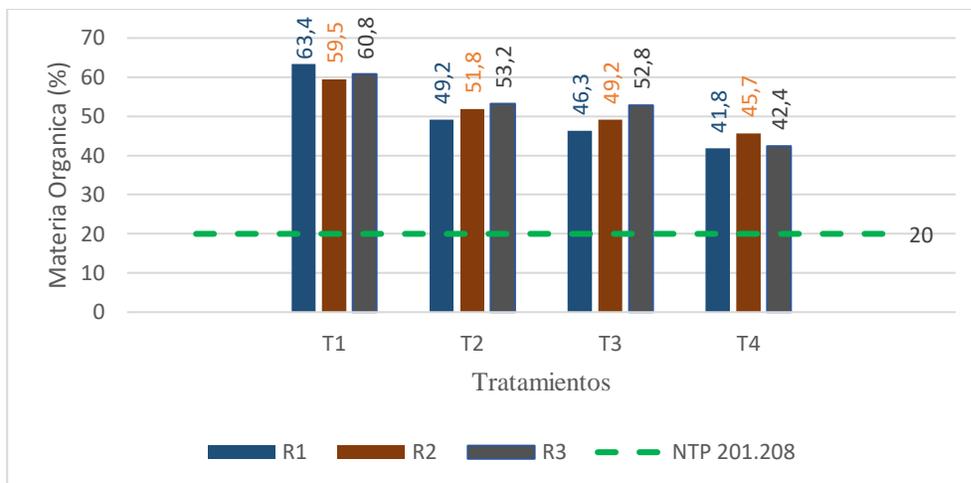
Contenido de magnesio total a los 30 días del proceso de compostaje en comparación con la NTP 201.208



La figura 38 denota la concentración de magnesio total a los 30 días iniciado el proceso de compostaje, todos los tratamientos están dentro del rango dispuesto por la NTP 201.208. También explica que la concentración más alta se observa en los tratamientos T4 y esto se atribuye a una mejor descomposición, lo que lleva a una mayor liberación de magnesio en forma iónica.

Figura 39

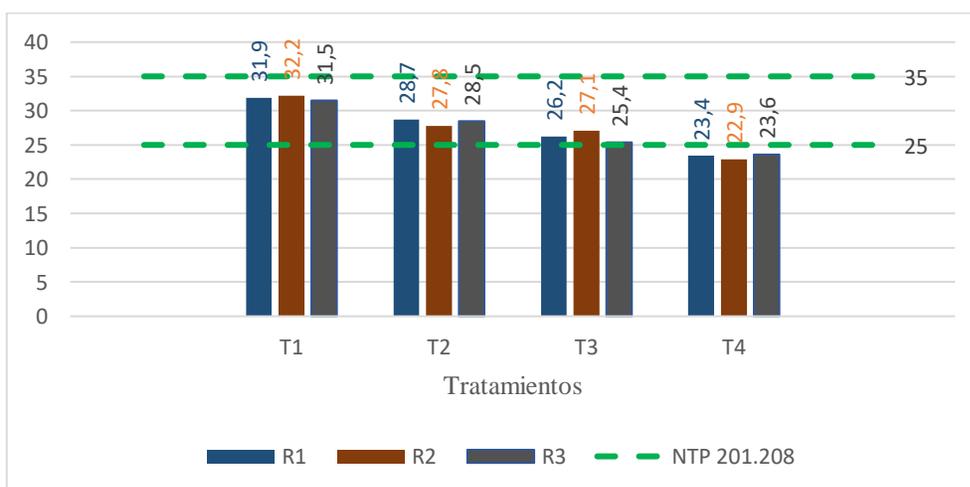
Contenido de materia orgánica a los 30 días del proceso de compostaje en comparación con la NTP 201.208



La figura 39 presenta la concentración de materia orgánica a los 30 días iniciado el proceso de compostaje. Todos los tratamientos están dentro del rango especificado por la NTP 201.208. Los resultados demuestran que el tratamiento T1 con un promedio de 60% indicando que la descomposición se dio de manera más lenta en este caso, mientras que en el tratamiento T4, la concentración fue menor, indicando que la descomposición de los residuos orgánicos progresó de manera eficiente.

Figura 40

Contenido de relación C/N a los 30 días del proceso de compostaje en comparación con la NTP 201.208





La figura 40 refleja la relación C/N a los 30 días iniciado el proceso de compostaje, los cuales T1, T2 y T3 están dentro de lo especificado por la NTP 201.208, a comparación del tratamiento T4 que sus valores son inferiores a lo dispuesto por la NTP 201.208.

Es importante señalar que los rangos presentados en la NTP 201.208 difieren a valores observados en otros antecedentes. Los resultados obtenidos en este estudio para la relación C/N presentan concordancia con los valores reportados por la FAO, razón por la cuales fueron comparados con la misma. Según la FAO el rango optimo del parámetro de la relación C/N para un compost maduro es de (10:1 - 15:1).

Con lo explicado anteriormente indicamos que a los 30 días de iniciado el proceso de compostaje, los tratamientos T4 con valores de 23.4, 22.9 y 23.6 son los que más se aproximan al rango de 10:1 – 15:1, valores que indican que los residuos orgánicos aún no están completamente descompuestos en todos los tratamientos.

4.3.1.2. Evaluación a los 50 días de los parámetros físicos y químicos en comparación a la NTP 201.208

Tabla 50

Resultados de parámetros analizados a los 50 días.

PARAMETROS EVALUADOS	UNIDA D	RESULTADOS OBTENIDOS A LOS 50 DIAS DEL PROCESO DE COMPOSTAJE				NTP 201.208	FAO (2013)
		T1	T2	T3	T4		
pH		7,67	8,23	8,20	8,07	6,5 – 8,5	-
Conductividad Eléctrica	dS/m	3,83	3,47	3,53	3,53	2-4	-
Densidad Aparente	kg/m ³	552,67	598,67	645,33	693,67	550 – 850	-
Nitrógeno total (N)	%	1,67	1,53	1,67	1,63	0,3 - 1,5	-
Fosforo total (P)	%	0,33	0,62	0,65	0,69	0,1 - 1,0	-
Potasio total (K)	%	2,41	1,95	2,43	2,09	0,3 - 1,0	-
Calcio total (Ca)	%	2,35	2,92	3,21	3,8	2-6	-
Magnesio total (Mg)	%	0,42	0,36	0,38	0,55	0,2 - 0,7	-



Materia Orgánica	%	51,43	44,7	40	33,87	≥ 20	-
Relación C/N		26.30	22.0	19.07	14.80	25:1 – 35:1	10/1 – 15/1

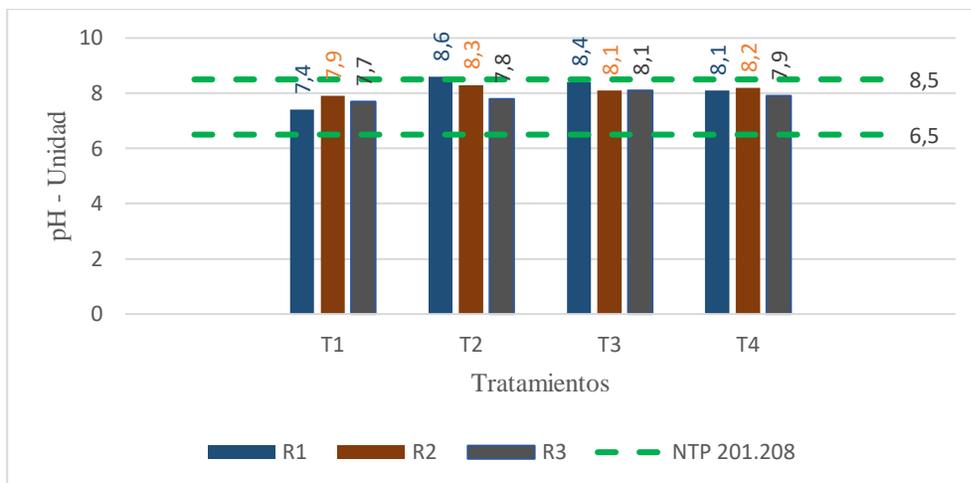
La tabla 50 denota los resultados de los análisis realizados a las muestras obtenidas a los 50 días de proceso de compostaje, los parámetros físicos y químicos examinados en los tratamientos T4 (40% de ME T3 (30% de ME) y T2 (40% de ME) se encuentran dentro de lo establecido por la NTP 201.208 a excepción del Nitrógeno Total, Potasio Total y Relación C/N, mientras que en el T1 (0% de ME) los parámetros que no se encuentran dentro del rango son: Nitrógeno Total, Potasio Total, y su Materia Orgánica es muy elevada.

Según la NTP 201.208, se observa que para el parámetro de la Relación C/N el tratamiento testigo (T1) es el único se encuentra dentro del rango esperado.

Es importante destacar la falta de concordancia en el parámetro de relación C/N entre la NTP 201.208 y lo revisado en otros antecedentes. Por esta razón, los resultados analizados a los 50 días de iniciado el proceso de compostaje, se compararon con lo establecido por la FAO (2013). El tratamiento T4, con un valor de 14.8/1 es el único que se encuentra dentro del rango.

Figura 41

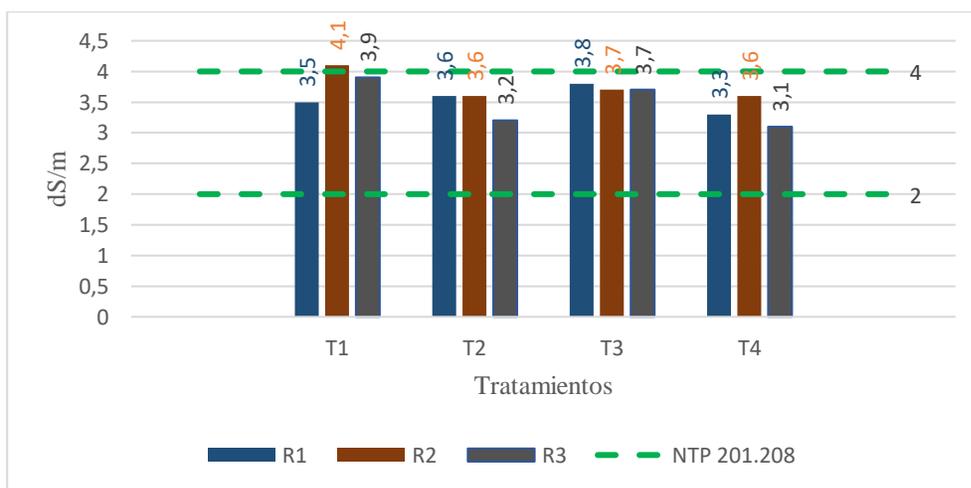
Contenido de pH a los 50 días del proceso de compostaje en comparación con la NTP 201.208



La figura 41 muestra los niveles de pH a los 50 días iniciado el proceso de compostaje, en donde los niveles de pH tienden a estabilizarse. Todos tratamientos se encuentran dentro del rango de la NTP 201.208, excepto el T2 de R1 que supera el rango con 8,6 de pH, esto se debe a varios factores como los materiales de partida y la eficiencia de descomposición.

Figura 42

Contenido de conductividad eléctrica saturada a los 50 días del proceso de compostaje en comparación con la NTP 201.208

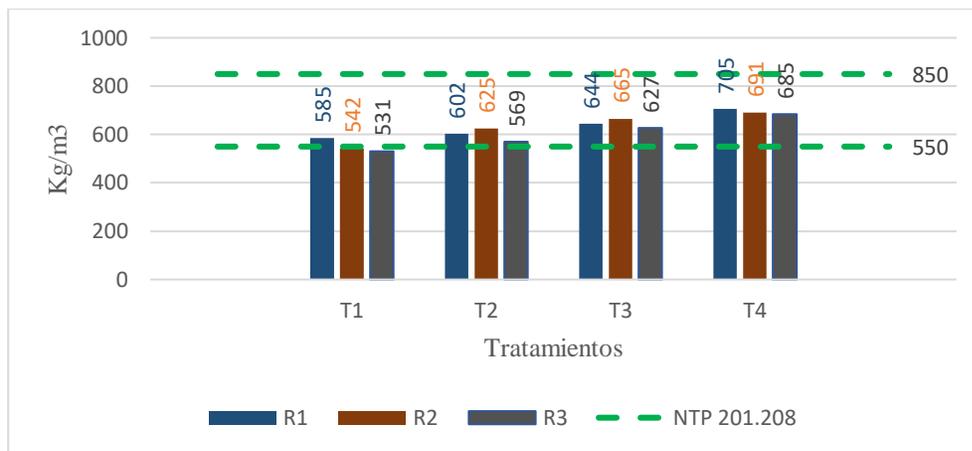


La figura 42 muestra los valores de conductividad eléctrica a los 50 días iniciado el proceso de compostaje, donde los tratamientos están en el rango de la NTP 201.208, excepto el T1 de R2

que supera el rango con 4,1 dS/m. La conductividad eléctrica en esta etapa de maduración refleja un compost maduro y estable.

Figura 43

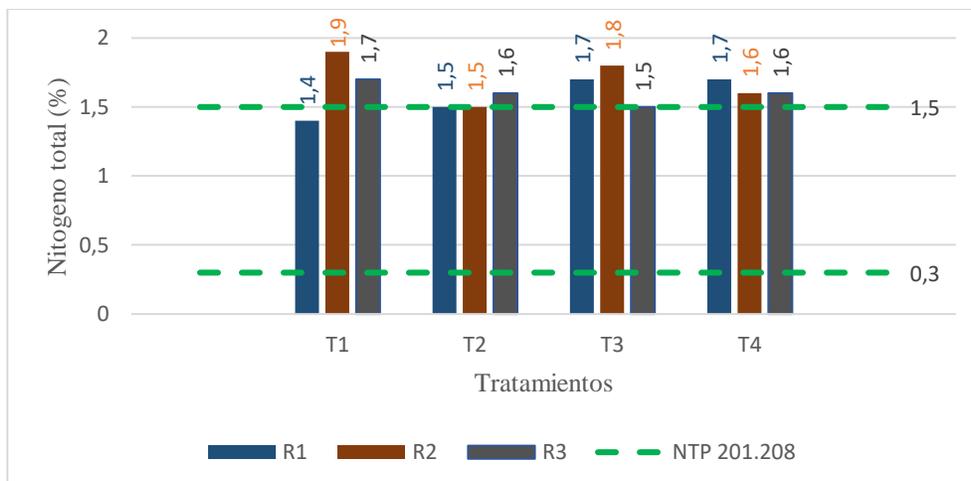
Contenido de densidad aparente a los 50 días del proceso de compostaje en comparación con la NTP 201.208



La figura 43 muestra el contenido de densidad aparente a los 50 días iniciado el proceso de compostaje, la mayoría de tratamientos están dentro del rango de la NTP 201.208, excepto los tratamientos T1 de R2 y R3 que no cumplen el rango con 542 kg/m³ y 531 kg/m³ respectivamente. Considerando que a medida que las partículas se descomponen y reducen su tamaño, la densidad aumenta. Interpretamos que los T4 tienen una mayor descomposición a comparación de los otros tratamientos.

Figura 44

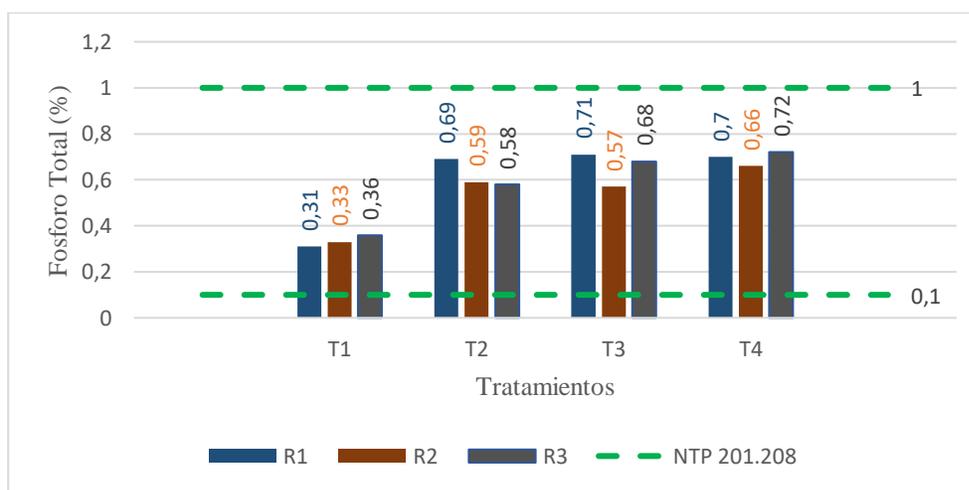
Contenido de nitrógeno total a los 50 días del proceso de compostaje en comparación con la NTP 201.208



La figura 44 muestra la concentración de nitrógeno total a los 50 días iniciado el proceso de compostaje, los tratamientos T1, T2 y T3 de R1 están dentro de lo establecido por la NTP 201.208, mientras que los demás tratamientos exceden el rango, se debe al uso de residuos orgánicos ricos en nitrógeno y por la presencia de microorganismos eficientes.

Figura 45

Contenido de fosforo total a los 50 días del proceso de compostaje en comparación con la NTP 201.208

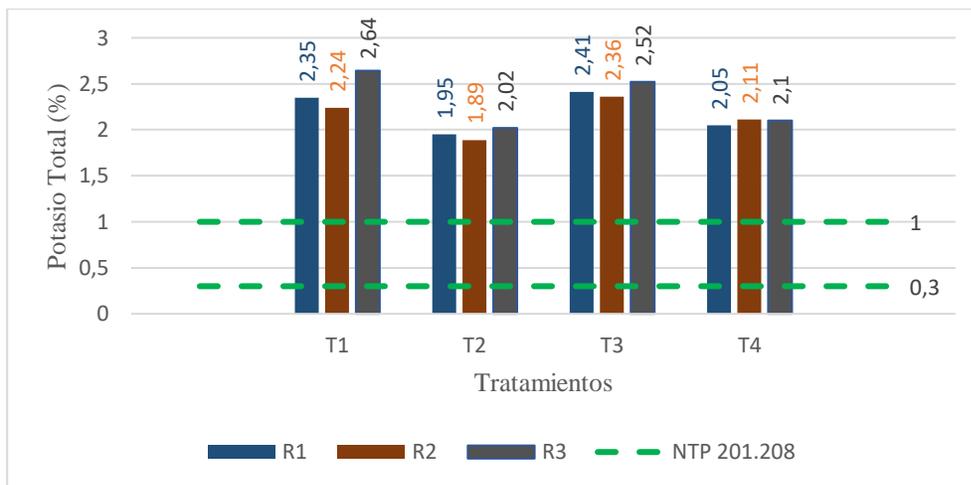


La figura 45 muestra la concentración de Fosforo Total a los 50 días iniciado el proceso de compostaje, los tratamientos en su totalidad están en lo establecido por la NTP 201.208. El

tratamiento 4 tiene mayor concentración que el testigo (T1) por que en el T4 se logró una mayor mineralización y retención de nutrientes.

Figura 46

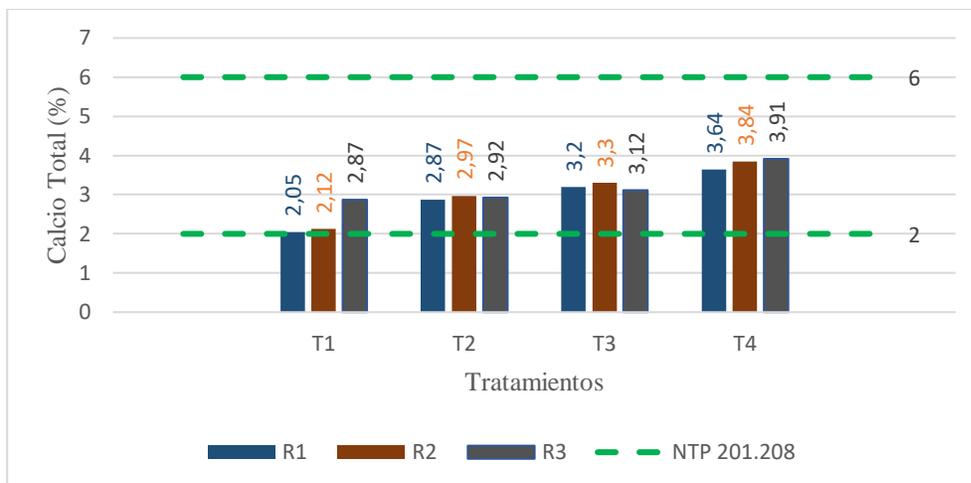
Contenido de Potasio total a los 50 días del proceso de compostaje en comparación con la NTP 201.208



La figura 46 muestra las concentraciones del potasio total a los 50 días iniciado el proceso de compostaje, todos los tratamientos superan el rango establecido por la NTP 201.208, esto se debe al uso de residuos orgánicos que contenían naturalmente más fosforo.

Figura 47

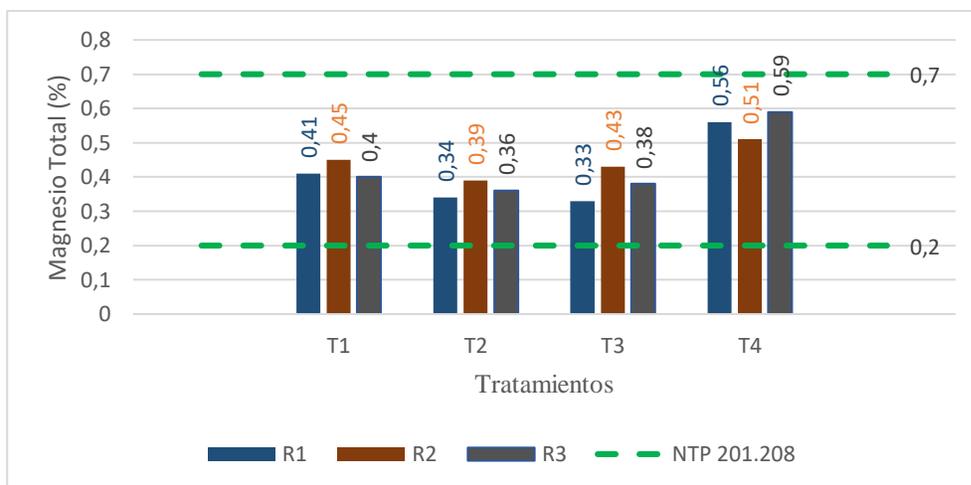
Contenido de Calcio total a los 50 días del proceso de compostaje en comparación con la NTP 201.208



La figura 47 muestra las concentraciones de Calcio Total a los 50 días iniciado el proceso de compostaje, los tratamientos en su totalidad se encuentran en el rango establecido por la NTP 201.208. La concentración de calcio en el tratamiento T4 es más elevada que el testigo (T1), esto se refleja por que los microorganismos eficientes ayudan a la retención de nutrientes como es el calcio.

Figura 48

Contenido de Magnesio total a los 50 días del proceso de compostaje en comparación con la NTP 201.208

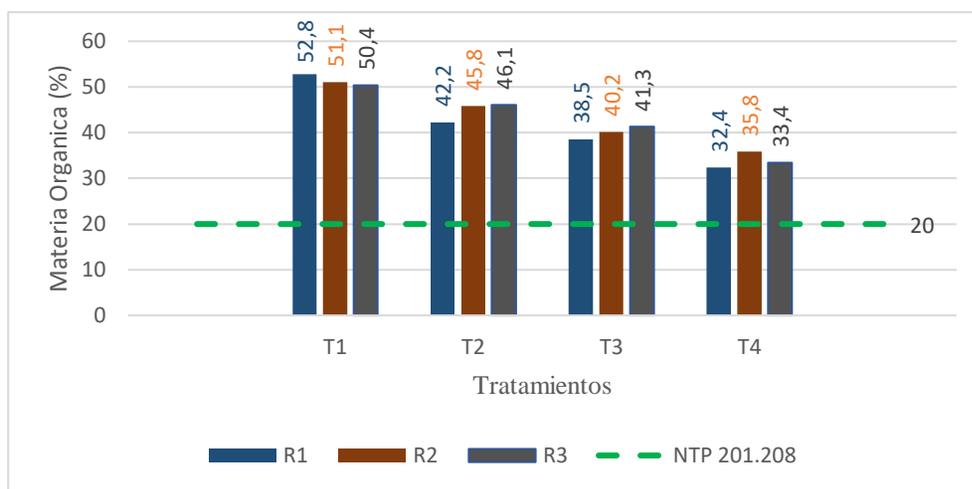




La figura 48 muestra las concentraciones de Magnesio Total a los 50 días iniciado el proceso de compostaje, los tratamientos en su totalidad se encuentran en el rango establecido por la NTP 201.208. La concentración de magnesio en el tratamiento T4 es más elevada que el testigo (T1), esto se refleja por que los microorganismos eficientes ayudan a la retención de nutrientes como es el magnesio.

Figura 49

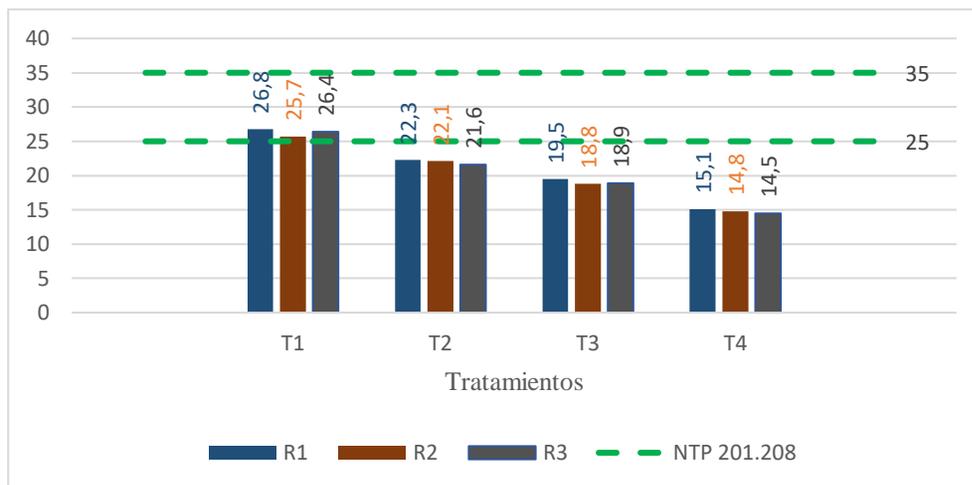
Contenido de Materia Orgánica a los 50 días del proceso de compostaje en comparación con la NTP 201.208



La figura 49 muestra la concentración de materia orgánica a los 50 días iniciado el proceso de compostaje, todos los tratamientos son mayores al 20% eso indica que se encuentra en lo permitido por la NTP 201.208, los tratamientos T1 (0% de ME) tienen una concentración de materia orgánica muy alta a confrontación de los otros tratamientos que si se usaron microorganismos eficientes, cabe recalcar que cuando la concentración de materia orgánica es demasiado alto indica que falta tiempo de descomposición, con ello se observa que los residuos orgánicos en el T1 no está adecuadamente descompuestos a comparación de los otros tratamientos con microorganismos eficientes.

Figura 50

Contenido de relación C/N a los 50 días del proceso de compostaje en comparación con la NTP 201.208



La figura 50 muestra el contenido de la relación C/N a los 50 días de iniciado el proceso de compostaje, los tratamientos T2, T3 y T4 no se encuentran dentro de lo establecido por la NTP 201.208, a comparación del tratamiento testigo (T1).

Es importante señalar que los rangos presentados en la NTP 201.208 difieren a valores observados en otros antecedentes. Los resultados obtenidos en este estudio para la relación C/N presentan concordancia con los valores reportados por la FAO, razón por la cuales fueron comparados con la misma. Según la FAO el rango óptimo del parámetro de la relación C/N para un compost maduro es de (10:1 - 15:1).

Con lo explicado anteriormente el contenido en el tratamiento T4 están en lo establecido por la FAO, mostrando una mejor eficiencia en el tratamiento T4 con una dosis de 40% a comparación de los otros tratamientos.



4.3.1.3. Resultado de la evaluación del parámetro producción de compost tamizado kg a los 50 días

Tabla 51

Análisis de varianza producción de compost tamizado kg a los 50 días

Fuentes de variación	GL	SC	CM	FC	FT		Sig.	P-valor
					0,05	0,01		
Tratamientos	3	280.33	93.44	14.82	4,08	7,59	**	0,0012
Error Exp.	8	50.44	6.31					
Total	11	330.77						

Nota. CV: 9,25 %; GL = grados de libertad; SC = suma de cuadrados; CM = media cuadrática; FC = F calculada; FT = F tabular; Sig = **. (altamente significativo). P-valor: 0,0012

La tabla 51 corresponde al análisis de varianza llevado a cabo en la evaluación de producción de compost tamizado en kilogramos a los 50 días, se puede observar un valor altamente significativo a un nivel de significancia $\alpha = 0,05$ ya que $FC=14,82$ tiene un valor mayor que $FT=4,08$ por consiguiente, se puede interpretar que estadísticamente hay una disparidad entre las medias de los tratamientos. Además, el coeficiente de variabilidad se tiene un valor de $CV= 9,25$ % lo cual se deduce que existe una mayor uniformidad del valor de la variable.

Para la producción de compost tamizado kg a los 50 días, mantenemos la hipótesis alterna (H_a) y descartamos la hipótesis nula (H_0), a causa de $P\text{-valor}=0.0012$ es inferior que el nivel de significancia.

Tabla 52

Prueba de significancia de Tukey para producción de compost tamizado kg a los 50 días

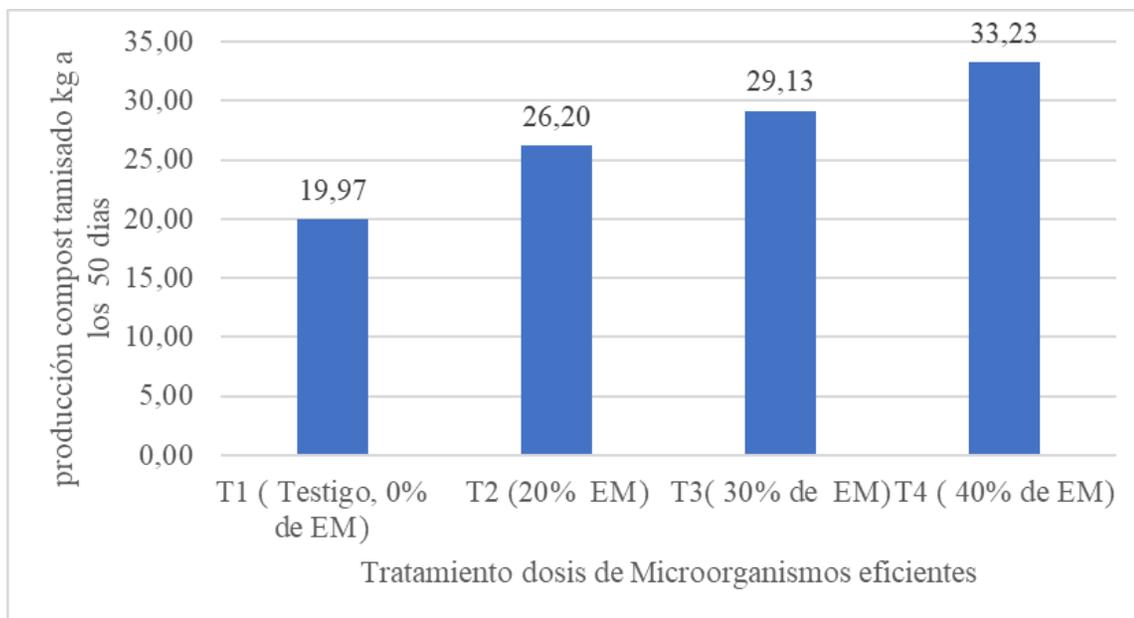


N°	Tratamiento	Promedio (kg)	Sig	O M
1	T4 (40% de EM)	33.23	a	1er lugar
2	T3 (30% de EM)	29.13	a b	2do lugar
3	T2 (20% de EM)	26.20	b c	3er lugar
4	T1 (Testigo, 0% de EM)	19.97	c	4to lugar

La tabla 52 presenta la confrontación de las medias y resultados de la prueba de significancia de Tukey de la producción de compost tamizado kg a los 50 días, donde se hace patente la diferencia sustancial entre las unidades experimentales, donde el tratamiento T4, con un 40% de microorganismos eficientes y una media de 33.23 kg de compost tamizado, se sitúa en el primer lugar y se representa con la letra (a). Los tratamientos T3: 30 % de Microorganismos eficientes y T2: 20 % de Microorganismos eficientes con un valor 29.13 y 19.97 kg de compost tamizado, sitúan el segundo lugar en orden de mérito y se representa con la letra (b) ya que tiene una igualdad estadística con los tratamientos T3 y T2; quedando en último lugar T1 (Testigo, 0% de ME) con 19.97 kg de compost tamizado. Este orden de mérito se estableció mediante la prueba Tukey a un nivel de significancia de $\alpha=0,05$.

Figura 51

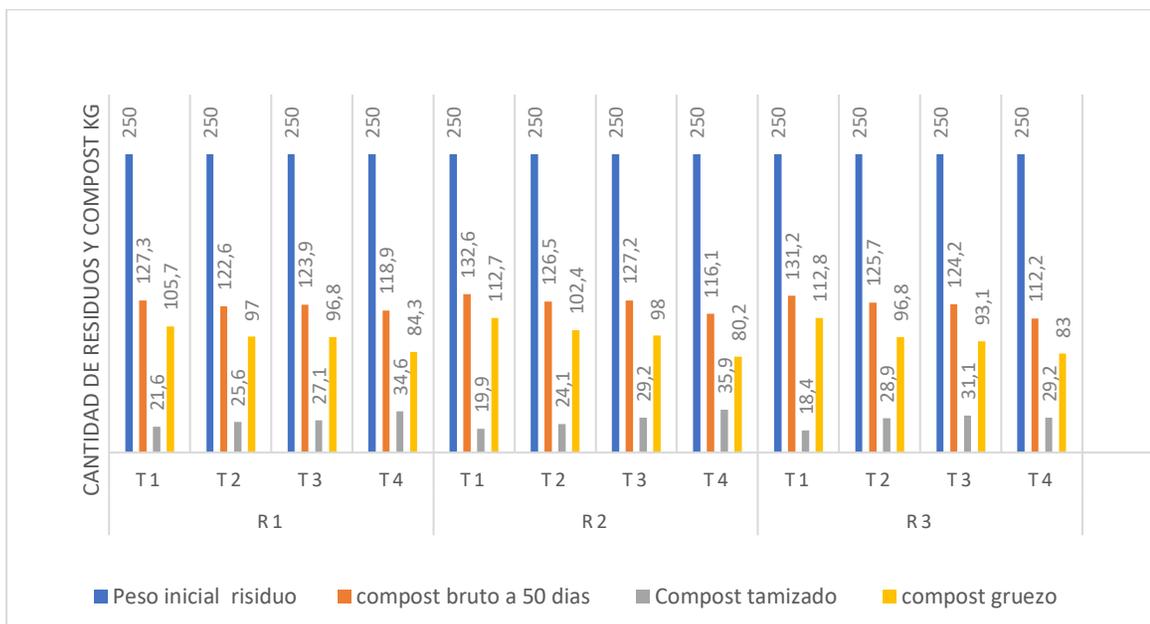
Evaluación de producción de compost tamizado kg 50 días



La figura 51 muestra el contenido de producción de compost tamizado kg a los 50 días, el cual tiene valores que van desde 33.23 a 17.97 kg de compost tamizado, existe diferencias entre los valores de compost de cada tratamiento lo cual avala los resultados de la prueba ANOVA.

Figura 52

Comparación de residuos inicial, compost a los 50 días, composta tamizado y compost grueso resto de tamizado





La figura 52 muestra el peso inicial de los residuos orgánicos al comienzo del proceso de compostaje, fue de 250 Kg. Luego, a los 50 días del proceso de compostaje, se observa la disminución significativa (50.39%) en el peso inicial, lo que indica la transformación en compost bruto con un promedio de 49.61% del peso inicial. Posteriormente, se llevó a cabo el tamizado del compost bruto logrado, lo que permitió obtener dos categorías de peso: compost tamizado y compost grueso.

También podemos ver que el tratamiento con microorganismos eficientes que produjo mayor producción de compost tamizado fue el T4. Este tratamiento produjo 34.6, 35.9 y 29.2 kilogramos de compost tamizado, lo que representa un porcentaje del 18.17 %, 18.60% y 19.25% de la cantidad de compost bruto respectivamente. Por otro lado, los demás tratamientos también produjeron cantidades significativas de compost tamizado. En el caso de T3, se obtuvieron 27.1, 29.2 y 31.1 kilogramos, lo que equivale al 17.43%, 16.98% y 17.39% del compost bruto. El tratamiento T2 produjo 25.6, 24.1 y 28.9 kilogramos de compost tamizado, representando un 17.62%, 17.08% y 17.18% en comparación con el compost bruto. Finalmente, el tratamiento T1 generó 21.6, 19.9 y 18.4 kilogramos de compost tamizado, lo que corresponde al 16.97%, 16.29% y 16.46% del compost bruto. Cabe destacar que los porcentajes restantes en cada caso representan la cantidad de compost grueso que no pasó por el proceso de tamizado.

Por último, podemos ver que el compost tamizado con el uso de microorganismos eficientes tuvo una mayor producción en comparación con el tratamiento testigo (T1).



Capítulo V: Discusión

5.1. Descripción de los hallazgos más relevantes y significativos

Los hallazgos más relevantes en el desarrollo de esta investigación indican la eficiencia positiva de los microorganismos en la elaboración de compost. Es decir, se observa una correlación directa entre las diferentes dosis de microorganismos, calidad de compost, velocidad de descomposición y mayor producción de compost tamizado.

5.2. Limitaciones del estudio

- La variabilidad en la composición de los residuos orgánicos, que provienen de diversas fuentes, así como la inclusión de materiales no deseados dentro de la recolección de residuos orgánicos.
- Los factores climáticos variables de bajas temperaturas (periodo de secas en periodo entre mayo y junio), fue un factor determinante para el proceso de compostaje y la velocidad de descomposición.

5.3. Comparación crítica con la literatura existente

Según el Autor (Pérez Aguilar, 2020) de la tesis intitulada “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.”, indica que no se observaron diferencias significativas entre los distintos tratamientos con respecto a la aplicación de EM, ya que los tratamientos exhibieron valores de relación C/N T con 11.60 y T1 con 11.51 relativamente semejantes. En el marco de esta investigación revela que se encontraron diferencias significativas entre el tratamiento T1 (0% de EM) y T4 (40% de EM) específicamente en el parámetro de relación



C/N 26,3 y 14,8 respectivamente, demostrando que existió una mejor descomposición en el tratamiento T4 a comparación del tratamiento testigo T1.

Según Lara Yucta (2018) en su trabajo de investigación intitulada “Evaluación del comportamiento de los microorganismos eficientes para acelerar la transformación de los desechos sólidos orgánicos originados en el mercado San Alfonso-Riobamba” y Montero Ramirez (2019) en su tesis intitulada “Eficacia de los microorganismos eficientes en la elaboración de compost con materia orgánica generados, quienes mencionan que obtuvieron compost maduro a los 56 días con una dosis optima de microorganismos eficientes de 120 a 180 ml y la otra investigación obtuvo compost a los 45 días con el uso de una dosis en general de 12 litros de microorganismos eficientes. A comparación de nuestra investigación que se obtuvo el compost a los 50 días con una dosis de 40 % de microorganismos eficientes.

Según Maldonado R. (2020) en su trabajo de investigación intitulada “Comparación de la calidad del compost resultante del proceso realizado por microorganismos eficientes comerciales y naturales en el distrito de Japelacio, región San Martín” y Garcia Pérez (2018) en su investigación intitulada “Calidad y tiempo de obtención del compost aplicando microorganismos eficientes en la universidad Cesar Vallejo, Filial-Chiclayo”, los cuales obtuvieron una concentración de nitrógeno de 0.326% y 1.48% respectivamente, en la presente investigación tiene una concentración de 1.63%. Cabe mencionar que las concentraciones de nitrógeno presentes en el compost dependen de los microorganismos empleados en el proceso de compostaje y por el tipo de materiales orgánicos utilizados en los tratamientos como material de descomposición (FAO, 2013). Así mismo obtuvieron concentraciones de fósforo de 0.328% y 1.18% respectivamente, mientras que en nuestra investigación se obtuvo una concentración de 0.69% donde se muestra una diferencia significativa con las concentraciones de fósforo anteriores. La concentración de



fósforo en el compost depende del residuo orgánico que se emplean para el procedimiento de descomposición (FAO, 2013). Así mismo, las concentraciones de potasio fueron de 0.433% y 1.10% respectivamente, en tanto en nuestra investigación se obtuvo una concentración de potasio total de 2.09% donde se muestra una diferencia significativa con los valores anteriores que tienen una concentración mucho menor a la nuestra.

Según Castillo Huaman (2019) en su tesis intitulada “Evaluación de la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) en el distrito de Huayucachi, Huancayo, 2019” que obtuvo una concentración de calcio de 6.90% aplicando ME y utilizando estiércol vacuno y ovino. A diferencia de nuestra investigación que obtuvo una concentración de calcio total de 3.8% utilizando solo estiércol de cuy mostrando una diferencia significativa. En el caso de la concentración de magnesio donde la investigación de Castillo Huaman (2019), obtuvo un rango de 0.76% y 1.01%, mostrando una diferencia significativa en función a nuestra investigación que obtuvo un rango de 0.36% a 0.55% considerando el valor de 0.55% para nuestra dosis óptima.

5.4. Implicancias del estudio

Actualmente en el distrito de San Jerónimo los mercados y los domicilios son las principales fuentes de generación de residuos orgánicos, con esta investigación se pretende mejorar el proceso y la producción de compost siendo más eficiente y rápida, así mismo la reducción de residuos sólidos y el aprovechamiento sostenible de los residuos orgánicos, por último, contribuir con la comunidad agrícola del distrito de San Jerónimo.



Conclusiones

- La investigación demuestra que la aplicación de las dosis de microorganismos es eficiente en la elaboración de compost a partir de residuos orgánicos del distrito de San Jerónimo, se experimentó una mayor descomposición en los tratamientos que contenían dosis de microorganismos teniendo al tratamiento 4 con una dosis del 40% de microorganismos que presentó mejores resultados en los diferentes parámetros y logrando una mayor producción de compost tamizado.
- En la evaluación de los parámetros físicos y químicos a los 30 días del proceso de compostaje en los tratamientos que contenían dosis de microorganismos, se observó un aumento en la densidad aparente, así como una disminución en la relación C/N y en la cantidad de materia orgánica. Para el día 50 que marco el final del proceso de compostaje, se apreció que el parámetro físico de densidad aparente alcanzó el nivel ideal (550-850 kg/m³). Además, los parámetros químicos: conductividad eléctrica, pH, relación C/N, materia orgánica, y macronutrientes, cumplen con los estándares recomendados para el compost maduro.
- Al emplear las distintas dosificaciones de los microorganismos en las pilas composteras, se determinó la dosis óptima (40% de ME). Esto se logró mediante un análisis de parámetros claves durante el proceso de compostaje, que incluyeron la relación C/N (14.8), Nitrógeno Total (1.77), Fosforo Total (0.50) y Potasio Total (2.25).
- Las dosis de microorganismos eficientes en la elaboración de compost redujeron el tiempo del proceso de compostaje a 50 días sin comprometer la calidad del compost, a diferencia de nuestro testigo (T1), que no experimentó una descomposición completa.



Recomendaciones

- Se sugiere a las instituciones públicas o privadas de la academia llevar a cabo la evaluación de la eficiencia de las dosis en la elaboración de compost en función de la época del año, realizando el experimento en diferentes temporadas e investigar los cambios de temperatura y humedad que podrían modificar la eficiencia de las dosis de microorganismos.
- Se recomienda a los especialistas en investigación se incluya análisis microbiológicos para caracterizar los microorganismos presentes durante las etapas del proceso de compostaje, con los que se podrá correlacionar la evolución de los microorganismos en función a los cambios de parámetros físicos y químicos.
- Se recomienda a futuros investigadores explorar un rango más amplio al 40% dosis de microorganismos que presenta el tratamiento 4 de nuestra investigación que para comprender mejor la relación dosis-respuesta. Esto podría proporcionar una visión más completa de cómo diferentes concentraciones afectan la eficiencia del compostaje y la calidad del compost resultante, teniendo siempre en cuenta el peso de materia orgánica que se utilizara al inicio del proceso de compostaje.
- En caso de obtener compost con un pH alto, se recomienda su aplicación en suelos ácidos para equilibrar el pH. Esto contribuirá a mejorar la estructura del suelo, aumentar su capacidad de retención de agua y mejorar la disponibilidad de nutrientes. Estos beneficios favorecerán el crecimiento de plantas, especialmente de ciertos tipos de hortalizas y frutas, promoviendo así un ambiente de cultivo saludable.



- Se sugiere a las entidades públicas o privadas que inicien proyectos de compostaje que tomen en cuenta el valor óptimo de la relación C/N, macronutrientes y una adecuada dimensión de la pila para acelerar el proceso de compostaje.



Referencias

Actualidad Ambiental. (19 de enero de 2019). Restos y oportunidades del compostaje en el Perú.

Sociedad Peruana de Desarrollo Ambiental. Obtenido de <https://www.actualidadambiental.pe/opinion-retos-y-oportunidades-del-compostaje-en-el-peru/>

Asamblea Constituyente. (1993). Constitución Política del Perú. Diario Oficial El Peruano.

Obtenido de <https://www.congreso.gob.pe/Docs/files/documentos/constitucion1993-01.pdf>

Banco Interamericano de Desarrollo. (2009). *Manual práctico de uso de EM*. Uruguay: Oisca Uruguay.

BIOEM. (s.f.). EM•COMPOST. Obtenido de https://embioterra.com/archivos/FICHA_TACNICAEM_COMPOSTBIOEM_SAC.pdf

Cajal, F. A. (19 de enero de 2022). *Saccharomyces cerevisiae*. Lifeder. Obtenido de Lifeder: <https://www.lifeder.com/saccharomyces-cerevisiae/>

Casanova, M. (2022). Fundamentos teóricos y prácticos para el diagnóstico y valoración de los procesos y resultados educativos. España: Fundación La Caixa.

Castillo Huaman, L. C. (2019). *Evaluación de la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) en el distrito de Huayucachi, Huancayo, 2019*. Huancayo: Universidad Continental.

Chávez Porras, Á., & Rodríguez Gonzáles, A. (30 de Junio de 2016). Aprovechamiento de residuos orgánicos agrícolas y forestales en Iberoamérica. *Revista Académica & Virtualidad*, 18. Obtenido de <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/ravi/article/view/2004/1988>



COMEXPERU. (11 de Febrero de 2022). *Solo aprovechamos el 1% de residuos organicos e inorganicos que generamos*. Obtenido de <https://www.comexperu.org.pe/articulo/solo-aprovechamos-el-1-de-residuos-organicos-e-inorganicos-que-generamos>

Congreso de la República del Perú. (2005). Ley General del Ambiente N°28611. Diario Oficial El Peruano.

Cruz Hernández, A., & Hernández Jiménez, D. (2021). *Microorganismos eficientes, agroecología y soberanía alimentaria. Una alternativa sostenible*. La Habana, Cuba: Editorial AGRÍCOLA.

De la Peña Nolverto, C. (2019). *Microorganismos eficientes en la producción de compost con pollinaza en Río Negro*. Huanuco: Universidad Nacional del Centro del Perú.

Días Bastos, b. (2016). *Gestión diferenciada de residuos sólidos: gestión de RESIDUOS orgánicos*. Universidad y Salud. 159-165. Universidad de Boyacá.

Díaz, L. (2017). *El compostaje una alternativa de producción de abonos orgánicos de buena calidad*. 40, 135-146. Cuba: Instituto de Ciencia Animal.

EGMASA. (2000). *Investigación y desarrollo tecnologico de procesos de compostaje y aplicación del compost en los sectores agrícola y forestal*. Empresa de Gestión Medioambiental - Consejería de Medio Ambiente, España.

EMPROTEC. (2020). *Guia de tecnologia de EM*. (A. EM Producción y Tecnología S, Ed.) Costa Rica: EM Producción y Tecnología S.A.

Equipo Editorial. (31 de marzo de 2022). *Lactobacillus*. Dream Oriental Group S.L. Obtenido de Lifer: <https://www.lifer.com/lactobacillus/>

FAO. (2013). *Manual de compostaje del agricultor*. Obtenido de <https://www.fao.org/3/i3388s/I3388S.pdf>



García Blasquez, X. (2017). *Tratamiento de los residuos sólidos generados en sanitarios ecológicos mediante el uso de microorganismos eficientes en un proceso de compostaje*.

Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.

García Pérez, F. J. (2018). *Calidad y Tiempo de Obtención del Compost Aplicando Microorganismos Eficientes en la Universidad César Vallejo, Filial - Chiclayo*. Perú:

Universidad César Vallejo. Obtenido de

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/31497/Garica_PFJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Gerencia de Medio Ambiente. (2020). *ACTUALIZACIÓN DEL PLAN INTEGRAL DE GESTIÓN AMBIENTAL DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES DE LA PROVINCIA DEL CUSCO PIGARS - CUSCO 2020-2025*. Municipalidad Provincial del Cusco.

Hernández Sampieri, R. (2018). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill.

INACAL. (2021). *FERTILIZANTES. Compost a partir de residuos sólidos orgánicos municipales*. Requisitos. Instituto Nacional de Calidad.

Jara Samaniego, J. (2020). *Lombricomposta y compost: conceptos y beneficios de los productos más utilizados*. Venezuela: Instituto Internacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico Educativo.

Leo Portilla, R. (2022). *Microorganismos eficientes en la producción de compost a partir de residuos orgánicos en Chuquibambilla - Grau*. Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac.



Lopez, M., Cascone, O., & Polo Sánchez, A. (2018). Efecto de la aplicación de dosis crecientes de consorcios microbianos en la degradación de la paja de trigo. 237-246. Universidad Nacional de La Plata.

Luna Feijoo, M. A., & Mesa Reinaldo, J. R. (2017). Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores. *Revista científica Agroecosistemas*, 2 -12. Obtenido de <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/index>

Maldonado Rojas, J. D. (2020). *Comparación de la calidad del compost resultante del proceso realizado por microorganismos eficientes comerciales y naturales en distrito de Jepelacio, región San Martín*. San Martín - Perú: UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE.

MARM; Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. (2009). Manual del compostaje. 8 - 12.

Mazuela Anguita, P., Urrestarazu Gavilán, M., & Salas Peralta, M. C. (2012). Optimización del proceso de compostaje de alperujo mediante la aplicación de té de compost enriquecido con microorganismos eficaces. España: Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria.

Ministerio del Ambiente (MINAM). (14 de diciembre de 2017). Aprueban Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278, que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Decreto Supremo N° 014-2017. Diario Oficial El Peruano. Obtenido de https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/12/ds_014-2017-minam.pdf

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2018). Tercera Comunicación Nacional del Perú a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. GTM-NDC.



Montero Ramirez, S. Y. (2019). *Eficacia de los microorganismos eficientes en la elaboración de compost con materia orgánica generados en los mercadillos de Cayhuayna, distrito de Pillco Marca, Departamento de Huánuco*. Huánuco: UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE.

Noboa Gavilanes, B. A. (2021). *Uso de microorganismos eficientes para acelerar la descomposición de residuos vegetales de cacao (Theobroma cacao L), Echeandia-Bolívar*. Ecuador: Universidad Agraria del Ecuador.

O’Ryan Herrera, J., & Riffo Prado, O. (2006). Manual de compostaje y su utilización en agricultura. *Programa de capacitación y entrenamiento para introducción de la tecnología de compostaje y uso de compost*. Universidad de las Américas, Santiago, Chile.

Parancán, J. (2019). Manual de compostaje para zonas frías. Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Pérez Aguilar, J. A. (2020). *Evaluación de la calidad de compost y efecto de implementación de microorganismo benéficos (Bio-Heral) en la producción de abono, a partir de los residuos orgánicos generados en la finca "Los Recuerdos"*. Yopal: Universidad Nacional Abierta y a Distancia.

Poder Ejecutivo del Perú. (2016). Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Diario Oficial El Peruano. Obtenido de <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2018/06/Decreto-Legislativo-N%C2%B0-1278.pdf>

Ramos Galarza, C. (2020). Los alcances de una investigación. 1 - 5.

Reynosa Navarro, E. (2018). *Trabajo de investigación. Teoría, metodología y práctica*. Perú: Editorial El Manual Moderno.



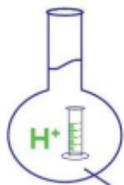
- Sanchez Gonzales, F. (2015). Evaluación de la producción de compost con microorganismos eficientes en el distrito de Rupa Rupa. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Obtenido de https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/1095/TS_SGF_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Soliva, M., & López, M. (2004). *Calidad del compost: influencia del tipo de materiales tratados y de las condiciones del proceso*. Barcelona: Centro Nacional de Educación Ambiental.
- Soluciones prácticas. (2016). Producción de abono orgánico a través de microorganismos eficientes. *Tecnología 3. Guía para la producción sostenible de caficultura en la selva alta peruana*, 1-5.
- Tanya Morocho, M., & Leiva Mora, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. 1-11.
- Vazquez, R. (2018). RELACIÓN CARBONO NITROGENO (C/N) EN LOS ABONOS ORGÁNICOS. Ajuntament de lleida. Obtenido de <https://urbanisme.paeria.es/sostenibilitat/fitxers/a21e/recursos/RelacioicalculCN.pdf>



ANEXOS



Anexo 1: Resultados de Laboratorio



MC QUIMICALAB

De: Ing. Gury Manuel Cumpa Gutiérrez
LABORATORIO DE CIENCIAS NATURALES
AGUAS, SUELOS, MINERALES Y MEDIO AMBIENTE
RUC N° 10465897711 - COVIDUC A4 - SAN SEBASTIÁN Cel: 946887776 - 951562574

INFORME N° LQ 0149-23

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE ABONO ORGÁNICO

SOLICITA : RICHARD ANDRÉ BRAVO HUMPIRE

PROYECTO : "EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LOS MICROORGANISMOS EN LA ELABORACIÓN DE COMPOST A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS"

MUESTRAS :
M1.- T1, T2, T3 y T4 de R1
M2.- T1, T2, T3 y T4 de R2
M3.- T1, T2, T3 y T3 de R3

DISTRITO : CUSCO.
PROVINCIA : CUSCO.
DEPARTAMENTO : CUSCO.
FECHA DE INFORME : 23/06/2023
RESULTADOS :

MUESTRA 1

DETERMINACIONES	UNIDAD	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
pH		8.2	8.6	8.5	8.8
Conductividad Eléctrica Saturada	dS/m	4.6	4.7	4.5	4.8
Densidad aparente	kg/m ³	449	426	448	497
Nitrógeno total (N)	%	1.6	1.6	1.9	1.7
Fosforo total (P)	%	0.21	0.38	0.33	0.45
Potasio total (K)	%	2.59	2.17	2.63	2.23
Calcio total (Ca)	%	2.08	2.89	3.23	3.69
Magnesio total (Mg)	%	0.43	0.33	0.31	0.55
Materia Orgánica	%	63.4	49.2	46.3	41.8
Relación C/N		31.9	28.7	26.2	23.4

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
CONSEJO DEPARTAMENTAL CUSCO

 Ing. Gury Manuel Cumpa Gutiérrez
 INGENIERO QUÍMICO
 CIP 234338



MUESTRA 2

DETERMINACIONES	UNIDAD	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
pH		8.4	8.6	8.8	8.9
Conductividad Eléctrica Saturada	dS/m	4.4	4.8	4.9	4.5
Densidad aparente	kg/m ³	458	435	445	509
Nitrógeno total (N)	%	2.1	1.6	1.8	1.7
Fosforo total (P)	%	0.27	0.42	0.39	0.54
Potasio total (K)	%	2.56	2.15	2.77	2.19
Calcio total (Ca)	%	2.14	2.99	3.32	3.92
Magnesio total (Mg)	%	0.46	0.39	0.42	0.52
Materia Orgánica	%	59.5	51.8	49.2	45.7
Relación C/N		32.2	27.8	27.1	22.9

MUESTRA 3

DETERMINACIONES	UNIDAD	M ₉	M ₁₀	M ₁₁	M ₁₂
pH		8.5	8.6	8.7	9.0
Conductividad Eléctrica Saturada	dS/m	4.1	4.5	4.9	4.3
Densidad aparente	kg/m ³	454	448	452	505
Nitrógeno total (N)	%	1.9	1.6	1.6	1.9
Fosforo total (P)	%	0.23	0.43	0.41	0.51
Potasio total (K)	%	2.8	2.11	2.71	2.32
Calcio total (Ca)	%	2.91	3.01	3.15	3.97
Magnesio total (Mg)	%	0.42	0.37	0.38	0.61
Materia Orgánica	%	60.8	53.2	52.8	42.4
Relación C/N		31.5	28.5	25.4	23.6

MÉTODOS DE ANÁLISIS:

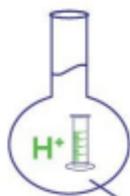
- El trabajo de análisis de suelos se ha realizado bajo los métodos establecidos en los Manuales de Análisis Químico-Agrícola, Nigel T. Faithfull, Institute of Rural Studies, University of Wales, UK 2005; que a su vez está basado en el Manual "The Analysis of Agricultural Materials, MAFF/ADAS.
- Manual de técnicas de análisis de suelos aplicadas a la remediación de sitios contaminados – SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES - INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA – MÉXICO 2006.
- Soil Testing Methods – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS

NOTA:

- Los resultados son válidos únicamente para las muestras analizadas.
- Las muestras fueron tomadas por el solicitante.


 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
 CONSEJO DEPARTAMENTAL CUSCO

 Ing. Gury Manuel Cumpa Gutierrez
 INGENIERO QUÍMICO
 CIP 234338



MC QUIMICALAB

De: Ing. Gury Manuel Cumpa Gutiérrez
LABORATORIO DE CIENCIAS NATURALES
AGUAS, SUELOS, MINERALES Y MEDIO AMBIENTE
RUC N° 10465897711 - COVIDUC A4 - SAN SEBASTIÁN Cel: 946887776 - 951562574

INFORME N° LO 0154-23

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE ABONO ORGÁNICO

SOLICITA : RICHARD ANDRÉ BRAVO HUMPIRE

PROYECTO : "EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LOS MICROORGANISMOS EN LA ELABORACIÓN DE COMPOST A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS"

MUESTRAS :
M1.- T1, T2, T3 y T4 de R1 **M3.-** T1, T2, T3 y T3 de R3
M2.- T1, T2, T3 y T4 de R2

DISTRITO : CUSCO.
PROVINCIA : CUSCO.
DEPARTAMENTO : CUSCO.
FECHA DE INFORME : 05/07/2023
RESULTADOS :

MUESTRA 1

DETERMINACIONES	UNIDAD	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
pH		7.4	8.6	8.4	8.1
Conductividad Eléctrica Saturada	dS/m	3.5	3.6	3.8	3.3
Densidad aparente	kg/m ³	585	602	644	705
Nitrógeno total (N)	%	1.4	1.5	1.7	1.7
Fosforo total (P)	%	0.31	0.69	0.71	0.7
Potasio total (K)	%	2.35	1.95	2.41	2.05
Calcio total (Ca)	%	2.05	2.87	3.2	3.64
Magnesio total (Mg)	%	0.41	0.34	0.33	0.56
Materia Orgánica	%	52.8	42.2	38.5	32.4
Relación C/N		26.8	22.3	19.5	15.1

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
CONSEJO DEPARTAMENTAL CUSCO

 Ing. Gury Manuel Cumpa Gutiérrez
INGENIERO QUÍMICO
CIP 234338



MUESTRA 2

DETERMINACIONES	UNIDAD	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
pH		7.9	8.3	8.1	8.2
Conductividad Eléctrica Saturada	dS/m	3.5	3.6	3.8	3.3
Densidad aparente	kg/m ³	542	625	665	691
Nitrógeno total (N)	%	1.9	1.5	1.8	1.6
Fosforo total (P)	%	0.33	0.59	0.57	0.66
Potasio total (K)	%	2.24	1.89	2.36	2.11
Calcio total (Ca)	%	2.12	2.97	3.3	3.84
Magnesio total (Mg)	%	0.45	0.39	0.43	0.51
Materia Orgánica	%	51.1	45.8	40.2	35.8
Relación C/N		25.7	22.1	18.8	14.8

MUESTRA 3

DETERMINACIONES	UNIDAD	M ₉	M ₁₀	M ₁₁	M ₁₂
pH		7.7	7.8	8.1	7.9
Conductividad Eléctrica Saturada	dS/m	3.9	3.2	3.7	3.1
Densidad aparente	kg/m ³	531	569	627	685
Nitrógeno total (N)	%	1.7	1.6	1.5	1.6
Fosforo total (P)	%	0.36	0.58	0.68	0.72
Potasio total (K)	%	2.64	2.02	2.52	2.1
Calcio total (Ca)	%	2.87	2.92	3.12	3.91
Magnesio total (Mg)	%	0.4	0.36	0.38	0.59
Materia Orgánica	%	50.4	46.1	41.3	33.4
Relación C/N		26.4	21.6	18.9	14.5

MÉTODOS DE ANÁLISIS:

- El trabajo de análisis de suelos se ha realizado bajo los métodos establecidos en los Manuales de Análisis Químico-Agrícola, Nigel T. Faithful, Institute of Rural Studies, University of Wales, UK 2005; que a su vez está basado en el Manual "The Analysis of Agricultural Materials, MAFF/ADAS.
- Manual de técnicas de análisis de suelos aplicadas a la remediación de sitios contaminados – SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES - INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA – MÉXICO 2006.
- Soil Testing Methods – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS

NOTA:

- Los resultados son válidos únicamente para las muestras analizadas.
- Las muestras fueron tomadas por el solicitante.


 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
 CONSEJO DEPARTAMENTAL CUSCO

 Ing. Gury Manuel Cumpa Gutiérrez
 INGENIERO QUÍMICO
 CIP 234338

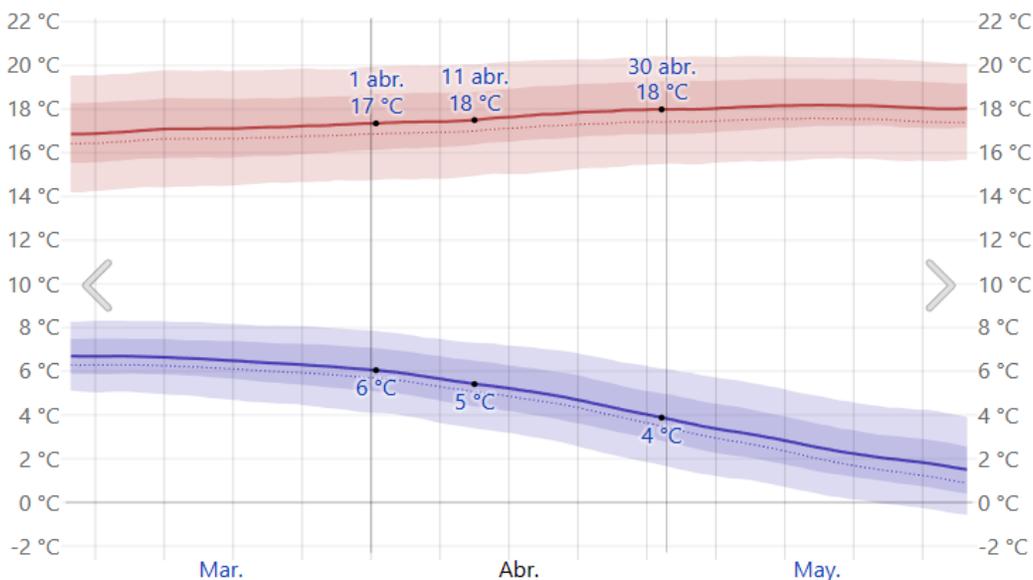


Anexo 2: Datos procesados

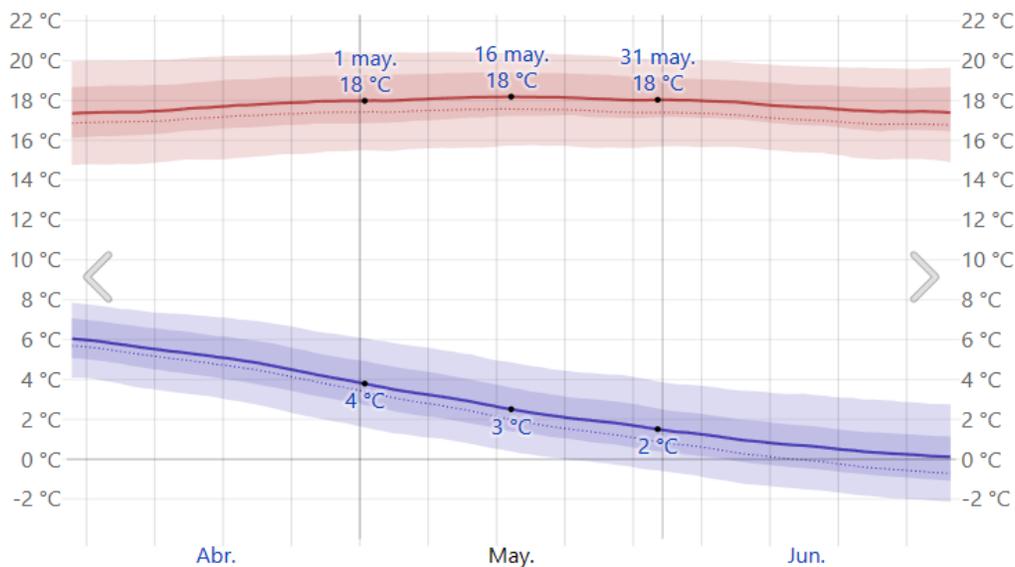
FICHA DE EVALUACION														
Encargado de los monitoreos:		Richard Andree Bravo Humpire y Julio Cesar Condori Riveros												
Evaluación de la eficiencia de las dosis de microorganismos en elaboración de compost a partir de residuos orgánicos, distritos de San Jerónimo, Cusco-2023.														
N° Semanas	FECHA	Parametros	R1				R2				R3			
			T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
Semana 1	27/04/2023	pH	6,3	6,3	6,4	6,5	6,4	6,1	6,2	6,7	6,3	6,5	6,6	6,7
		HUMEDAD	WET	WET	WET	WET	WET	WET	WET	WET	WET	WET	WET	WET
		TEMPERATURA	25,8	27,9	27,4	27,8	25,7	26,4	26,3	27,7	25,3	27,6	27,9	28,2
Semana 2	01/05/2023	pH	6,5	6,3	6,5	6,8	6,6	6,4	6,3	6,8	6,5	6,7	6,7	6,9
		HUMEDAD	NOR	WET	WET	WET	NOR	WET	WET	WET	NOR	WET	WET	WET
		TEMPERATURA	30,8	31,2	32,4	32,6	30,5	31,6	31,8	32,4	30,9	31,6	32,1	33,2
	04/05/2023	pH	6,8	6,7	6,9	7,1	6,7	6,8	6,8	7,2	6,6	6,8	6,9	7,1
		HUMEDAD	NOR	WET	WET	WET	NOR	WET	WET	WET	NOR	WET	WET	WTE
		TEMPERATURA	36,7	37,3	37,8	38,2	35,8	37,2	37,5	37,8	36,2	37,3	37,6	38,1
Semana 3	08/05/2023	pH	7,3	7,3	7,4	7,4	7,2	7,3	7,4	7,4	7,3	7,2	7,4	7,3
		HUMEDAD	NOR	WET	WET	WET	NOR	WET	NOR	WET	NOR	WET	WET	WET
		TEMPERATURA	42,6	42,2	43,1	43,5	41,6	42,8	42,7	42,9	42,1	42,3	42,6	42,7
	11/05/2023	pH	7,5	7,5	7,6	7,6	7,4	7,6	7,6	7,5	7,4	7,5	7,5	7,6
		HUMEDAD	NOR	WET	WET	WET	NOR	WET	WET	WET	NOR	WET	NOR	WET
		TEMPERATURA	49,4	49,8	50,1	51,2	48,5	49,7	49,9	50,7	49,8	50,2	49,9	50,3
Semana 4	15/05/2023	pH	7,7	7,6	7,8	7,7	7,6	7,7	7,6	7,8	7,6	7,7	7,7	7,8
		HUMEDAD	NOR	NOR	WET	WET	NOR	WET	WET	WET	NOR	WET	NOR	WET
		TEMPERATURA	55,1	56,2	57,1	57,6	54,6	55,8	56,1	56,3	55,2	56,3	56,2	56,8
	18/05/2023	pH	7,9	7,8	7,9	7,9	7,8	7,9	7,9	7,8	7,8	7,9	7,9	8
		HUMEDAD	NOR	NOR	WET	WET	NOR	NOR	NOR	WET	NOR	NOR	NOR	WET
		TEMPERATURA	63,3	65,2	64,4	65,8	62,3	64,4	64,7	65,7	62,4	63,9	64,5	66,3
Semana 5	22/05/2023	pH	8,1	8,3	8,2	8,3	8,2	8,2	8,3	8,3	8,1	8,3	8,3	8,4
		HUMEDAD	NOR	NOR	WET	WET	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	WET
		TEMPERATURA	58,2	59,8	59,6	60,1	58,1	59,6	59,5	59,8	58,9	59,3	59,1	59,9
	25/05/2023	pH	8,3	8,5	8,5	8,7	8,3	8,6	8,7	8,8	8,4	8,6	8,7	8,8
		HUMEDAD	NOR	NOR	WET	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	WET
		TEMPERATURA	48,4	49,5	49,9	51,6	49,2	49,8	49,5	50,5	48,2	48,6	49,3	49,4
Semana 6	29/05/2023	pH	8,2	8,4	8,3	8,3	8,1	8,6	8,6	8,7	8,2	8,5	8,5	8,6
		HUMEDAD	DRY	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR
		TEMPERATURA	35,3	36,2	36,8	37,1	36,1	36,9	36,9	36,8	36,1	36,5	36,8	37,1
	01/06/2023	pH	8,1	8,1	8,2	8,1	8,2	8,2	8,2	8,3	8,1	8,2	8,2	8,4
		HUMEDAD	DRY	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR
		TEMPERATURA	31,2	31,6	32,2	32,4	30,8	31,8	31,6	31,8	31,3	31,4	31,7	32,1
Semana 7	05/06/2023	pH	7,9	7,8	7,8	7,9	7,9	7,9	7,8	7,8	7,7	7,8	7,9	7,9
		HUMEDAD	DRY	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR
		TEMPERATURA	27,1	28,3	29,1	28,4	26,8	27,2	26,9	27,6	27,4	27,2	27,1	26,9
	08/06/2023	pH	7,7	7,7	7,8	7,8	7,7	7,8	7,8	7,7	7,7	7,8	7,8	7,8
		HUMEDAD	DRY	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	NOR	DRY	NOR	NOR	NOR
		TEMPERATURA	22,8	23,6	23,3	23,1	22,9	23,4	23,5	23,1	22,7	22,9	23,2	23,6
Semana 8	12/06/2023	pH	7,6	7,6	7,5	7,6	7,6	7,5	7,5	7,6	7,5	7,5	7,6	7,7
		HUMEDAD	DRY	DRY	NOR	NOR	NOR	NOR	DRY	NOR	DRY	NOR	NOR	NOR
		TEMPERATURA	20,2	20,6	20,1	20,8	19,9	20,5	20,3	20,7	20,3	19,8	20,2	20,6
	14/06/2023	pH	7,4	8,4	8,3	8,1	7,6	8,3	8,2	8,1	7,7	7,8	8,1	7,9
		HUMEDAD	DRY	DRY	NOR	NOR	NOR	NOR	DRY	NOR	DRY	NOR	DRY	NOR
		TEMPERATURA	18,4	17,9	18,1	18,3	17,8	18,3	18,2	18,6	18,1	18,3	18,4	18,2



La temperatura máxima y mínima promedio en abril en Cusco 2023

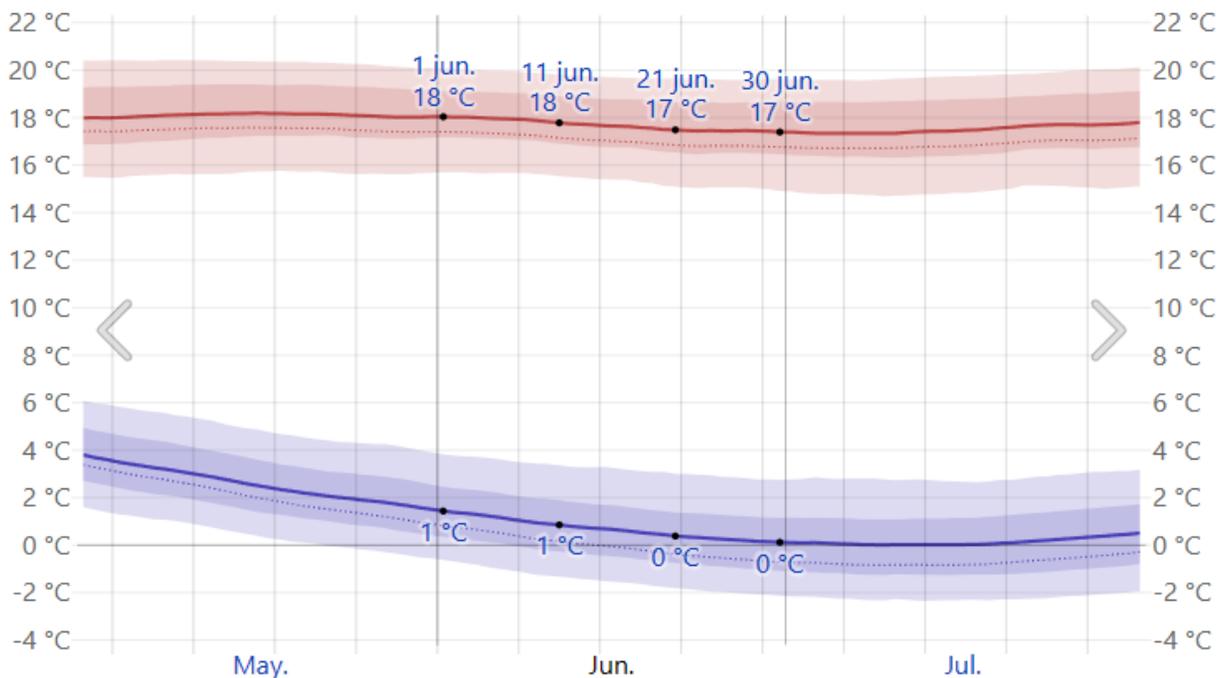


La temperatura máxima y mínima promedio en mayo en Cusco 2023

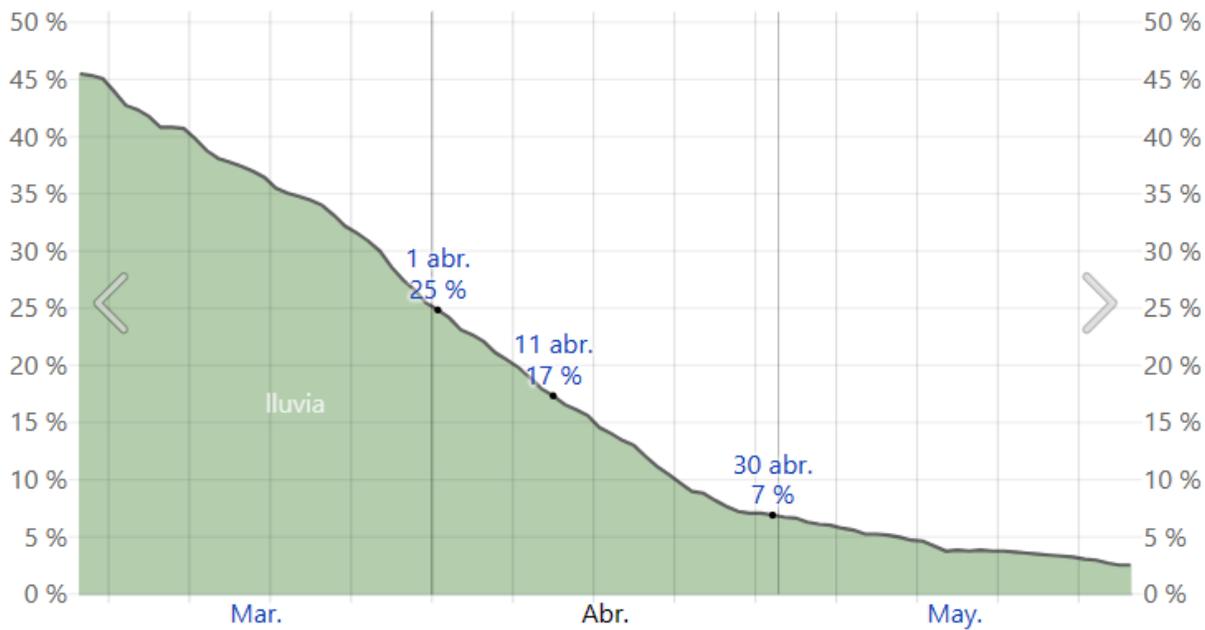




La temperatura máxima y mínima promedio en junio en Cusco 2023

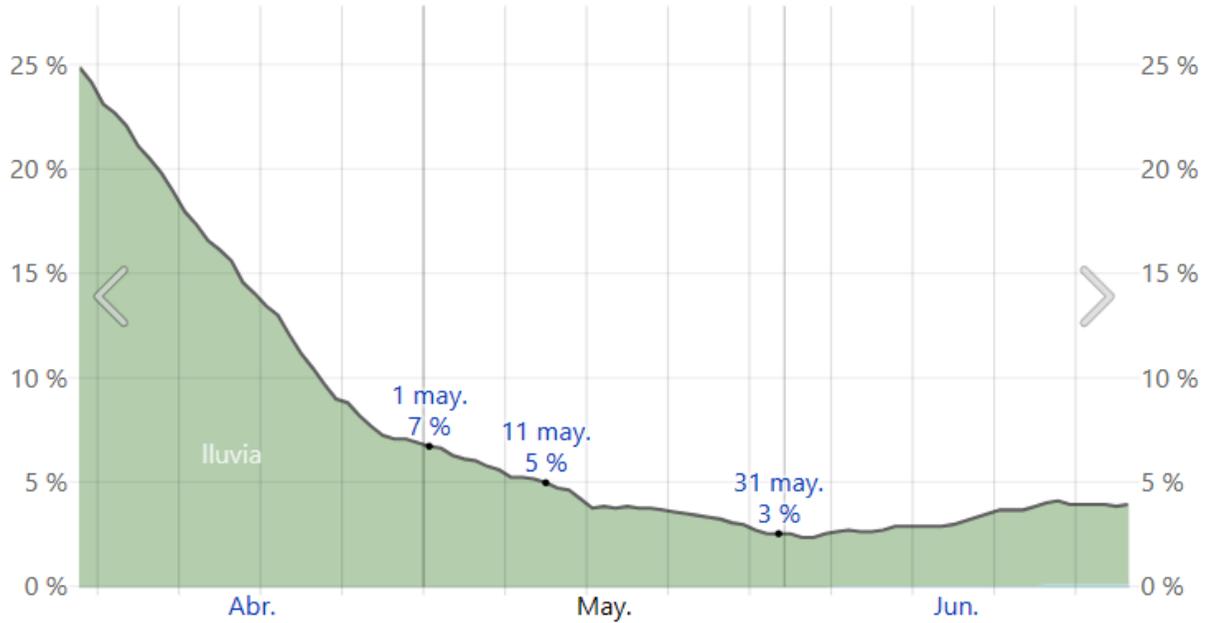


Probabilidad de precipitación en abril en Cusco 2023





Probabilidad de precipitación en mayo en Cusco 2023



Probabilidad de precipitación en junio en Cusco 2023





PREGUNTA: PH A LOS 30 DIAS				
HIPOTESIS:				
	Ho (nula): t1=t2=t3=t4 igual			
	Ha (alterna): t1#t2#t3#t5 diferente			
	o al menos uno será diferente el resto.			
t =	1	2	3	4
	TRATAMIENTOS			
	T1 (Testigo, 0% de EM)	T2 (20% EM(	T3(30% de EM)	T4 (40% de EM)
1	8,2	8,6	8,5	8,8
2	8,4	8,6	8,8	8,9
3	8,5	8,6	8,7	9
SUMATORIA Xi.	25,1	25,8	26	26,7
Sumatoria promedio i.	8,37	8,60	8,67	8,90

PREGUNTA: PH A LOS 50 DIAS				
HIPOTESIS:				
	Ho (nula): t1=t2=t3=t4 igual			
	Ha (alterna): t1#t2#t3#t5 diferente			
	o al menos uno será diferente el resto.			
t =	1	2	3	4
	TRATAMIENTOS			
	T1 (Testigo, 0% de EM)	T2 (20% EM(	T3(30% de EM)	T4 (40% de EM)
1	7,4	8,6	8,4	8,1
2	7,9	8,3	8,1	8,2
3	7,7	7,8	8,1	7,9
SUMATORIA Xi.	23	24,7	24,6	24,2
Sumatoria promedio i.	7,67	8,23	8,20	8,07

PREGUNTA: Conductividad Electrica Saturada (dS/m) 30 DIAS				
HIPOTESIS:				
	Ho (nula): t1=t2=t3=t4 igual			
	Ha (alterna): t1#t2#t3#t5 diferente			
	o al menos uno será diferente el resto.			
t =	1	2	3	4
	TRATAMIENTOS			
	T1 (Testigo, 0% de EM)	T2 (20% EM(	T3(30% de EM)	T4 (40% de EM)
1	4,6	4,7	4,5	4,8
2	4,4	4,8	4,9	4,5
3	4,1	4,5	4,9	4,3
SUMATORIA Xi.	13,1	14	14,3	13,6
Sumatoria promedio i.	4,37	4,67	4,77	4,53



PREGUNTA: Conductividad Electrica Saturada (dS/m) a los 50 días					
HIPOTESIS:					
	Ho (nula): t1=t2=t3=t4		igual		
	Ha (alterna): t1#t2#t3#t5		diferente		
	o al menos uno será diferente el resto.				
	t =	1	2	3	4
		TRATAMIENTOS			
		T1 (Testigo, 0% de EM)	T2 (20% EM)	T3(30% de EM)	T4 (40% de EM)
	1	3,5	3,6	3,8	3,3
	2	4,1	3,6	3,7	3,6
	3	3,9	3,2	3,1	3,7
	SUMATORIA Xi.	11,5	10,4	10,6	10,6
	Sumatoria promedio i.	3,83	3,47	3,53	3,53

PREGUNTA: Densidad aparente (kg/m3) a los 30 días					
HIPOTESIS:					
	Ho (nula): t1=t2=t3=t4		igual		
	Ha (alterna): t1#t2#t3#t5		diferente		
	o al menos uno será diferente el resto.				
	t =	1	2	3	4
		TRATAMIENTOS			
		T1 (Testigo, 0% de EM)	T2 (20% EM)	T3(30% de EM)	T4 (40% de EM)
	1	449	426	448	497
	2	458	435	445	509
	3	454	448	452	505
	SUMATORIA Xi.	1361	1309	1345	1511
	Sumatoria promedio i.	453,67	436,33	448,33	503,67

PREGUNTA: Densidad aparente (kg/m3) 50 días					
HIPOTESIS:					
	Ho (nula): t1=t2=t3=t4		igual		
	Ha (alterna): t1#t2#t3#t5		diferente		
	o al menos uno será diferente el resto.				
	t =	1	2	3	4
		TRATAMIENTOS			
		T1 (Testigo, 0% de EM)	T2 (20% EM)	T3(30% de EM)	T4 (40% de EM)
	1	585	602	644	705
	2	542	625	665	691
	3	531	569	627	685
	SUMATORIA Xi.	1658	1796	1936	2081
	Sumatoria promedio i.	552,67	598,67	645,33	693,67



PREGUNTA: Nitrogeno total (N) % a los 30 días					
HIPOTESIS:					
	Ho (nula): t1=t2=t3=t4 igual				
	Ha (alterna): t1#t2#t3#t5 diferente				
	o al menos uno será diferente el resto.				
	t =	1	2	3 4	
		TRATAMIENTOS			
		T1 (Testigo, 0% de EM)	T2 (20% EM)	T3(30% de EM)	T4 (40% de EM)
	1	1,6	1,6	1,9	1,7
	2	2,1	1,6	1,8	1,7
	3	1,9	1,6	1,6	1,9
	SUMATORIA Xi.	5,6	4,8	5,3	5,3
	Sumatoria promedio i.	1,87	1,60	1,77	1,77

PREGUNTA: Nitrogeno total (N) % a los 50 días					
HIPOTESIS:					
	Ho (nula): t1=t2=t3=t4 igual				
	Ha (alterna): t1#t2#t3#t5 diferente				
	o al menos uno será diferente el resto.				
	t =	1	2	3 4	
		TRATAMIENTOS			
		T1 (Testigo, 0% de EM)	T2 (20% EM)	T3(30% de EM)	T4 (40% de EM)
	1	1,4	1,5	1,7	1,7
	2	1,9	1,5	1,8	1,6
	3	1,7	1,6	1,5	1,6
	SUMATORIA Xi.	5	4,6	5	4,9
	Sumatoria promedio i.	1,67	1,53	1,67	1,63

PREGUNTA:Fosforo total (P) % a los 30 días					
HIPOTESIS:					
	Ho (nula): t1=t2=t3=t4 igual				
	Ha (alterna): t1#t2#t3#t5 diferente				
	o al menos uno será diferente el resto.				
	t =	1	2	3 4	
		TRATAMIENTOS			
		T1 (Testigo, 0% de EM)	T2 (20% EM)	T3(30% de EM)	T4 (40% de EM)
	1	0,21	0,38	0,33	0,45
	2	0,27	0,42	0,39	0,54
	3	0,23	0,43	0,41	0,51
	SUMATORIA Xi.	0,71	1,23	1,13	1,5
	Sumatoria promedio i.	0,24	0,41	0,38	0,50



PREGUNTA:Fosforo total (P) % a los 50 dias					
HIPOTESIS:					
	Ho (nula): t1=t2=t3=t4		igual		
	Ha (alterna): t1#t2#t3#t5		diferente		
	o al menos uno será diferente el resto.				
t =	1	2	3	4	
	TRATAMIENTOS				
		T1 (Testigo, 0% de EM)	T2 (20% EM)	T3(30% de EM)	T4 (40% de EM)
1	0,31	0,69	0,71	0,7	
2	0,33	0,59	0,57	0,66	
3	0,36	0,58	0,68	0,72	
SUMATORIA Xi.	1	1,86	1,96	2,08	
Sumatoria promedio i.	0,33	0,62	0,65	0,69	

PREGUNTA:Potasio total (K) % a los 30 dias					
HIPOTESIS:					
	Ho (nula): t1=t2=t3=t4		igual		
	Ha (alterna): t1#t2#t3#t5		diferente		
	o al menos uno será diferente el resto.				
t =	1	2	3	4	
	TRATAMIENTOS				
		T1 (Testigo, 0% de EM)	T2 (20% EM)	T3(30% de EM)	T4 (40% de EM)
1	2,59	2,17	2,63	2,23	
2	2,56	2,15	2,77	2,19	
3	2,8	2,11	2,71	2,32	
SUMATORIA Xi.	7,95	6,43	8,11	6,74	
Sumatoria promedio i.	2,65	2,14	2,70	2,25	

PREGUNTA:Potasio total (K) % a los 50 dias					
HIPOTESIS:					
	Ho (nula): t1=t2=t3=t4		igual		
	Ha (alterna): t1#t2#t3#t5		diferente		
	o al menos uno será diferente el resto.				
t =	1	2	3	4	
	TRATAMIENTOS				
		T1 (Testigo, 0% de EM)	T2 (20% EM)	T3(30% de EM)	T4 (40% de EM)
1	2,35	1,95	2,41	2,05	
2	2,24	1,89	2,36	2,11	
3	2,64	2,02	2,52	2,1	
SUMATORIA Xi.	7,23	5,86	7,29	6,26	
Sumatoria promedio i.	2,41	1,95	2,43	2,09	



PREGUNTA: Calcio total (Ca) % a los 30 días				
HIPOTESIS:				
	Ho (nula): t1=t2=t3=t4		igual	
	Ha (alterna): t1#t2#t3#t5		diferente	
	o al menos uno será diferente el resto.			
	t =	1	2	3
				4
		TRATAMIENTOS		
		T1 (Testigo, 0% de EM)	T2 (20% EM)	T3(30% de EM)
		T4 (40% de EM)		
	1	2,08	2,89	3,23
	2	2,14	2,99	3,32
	3	2,91	3,01	3,15
	SUMATORIA Xi.	7,13	8,89	9,7
	Sumatoria promedio i.	2,38	2,96	3,23

PREGUNTA: Calcio total (Ca) % a los 50 días				
HIPOTESIS:				
	Ho (nula): t1=t2=t3=t4		igual	
	Ha (alterna): t1#t2#t3#t5		diferente	
	o al menos uno será diferente el resto.			
	t =	1	2	3
				4
		TRATAMIENTOS		
		T1 (Testigo, 0% de EM)	T2 (20% EM)	T3(30% de EM)
		T4 (40% de EM)		
	1	2,05	2,87	3,20
	2	2,12	2,97	3,30
	3	2,87	2,92	3,12
	SUMATORIA Xi.	7,04	8,76	9,62
	Sumatoria promedio i.	2,35	2,92	3,21

PREGUNTA: Magnesio total (Mg) % a los 30 días				
HIPOTESIS:				
	Ho (nula): t1=t2=t3=t4		igual	
	Ha (alterna): t1#t2#t3#t5		diferente	
	o al menos uno será diferente el resto.			
	t =	1	2	3
				4
		TRATAMIENTOS		
		T1 (Testigo, 0% de EM)	T2 (20% EM)	T3(30% de EM)
		T4 (40% de EM)		
	1	0,43	0,33	0,31
	2	0,46	0,39	0,42
	3	0,42	0,37	0,38
	SUMATORIA Xi.	1,31	1,09	1,11
	Sumatoria promedio i.	0,44	0,36	0,37



PREGUNTA: Magnesio total (Mg) % a los 50 días					
HIPOTESIS:					
	Ho (nula): t1=t2=t3=t4		igual		
	Ha (alterna): t1≠t2≠t3≠t5		diferente		
	o al menos uno será diferente el resto.				
	t =	1	2	3	4
		TRATAMIENTOS			
	ii	T1 (Testigo, 0% de EM)	T2 (20% EM)	T3(30% de EM)	T4 (40% de EM)
	1	0,41	0,34	0,33	0,56
	2	0,45	0,39	0,43	0,51
	3	0,4	0,36	0,38	0,59
	SUMATORIA Xi.	1,26	1,09	1,14	1,66
	Sumatoria promedio i.	0,42	0,36	0,38	0,55

PREGUNTA:Materia Organica % a los 30 días					
HIPOTESIS:					
	Ho (nula): t1=t2=t3=t4		igual		
	Ha (alterna): t1≠t2≠t3≠t5		diferente		
	o al menos uno será diferente el resto.				
	t =	1	2	3	4
		TRATAMIENTOS			
	ii	T1 (Testigo, 0% de EM)	T2 (20% EM)	T3(30% de EM)	T4 (40% de EM)
	1	63,4	49,2	46,3	41,8
	2	59,5	51,8	49,2	45,7
	3	60,8	53,2	52,8	42,4
	SUMATORIA Xi.	183,7	154,2	148,3	129,9
	Sumatoria promedio i.	61,23	51,40	49,43	43,30

PREGUNTA:Materia Organica % a los 50 días					
HIPOTESIS:					
	Ho (nula): t1=t2=t3=t4		igual		
	Ha (alterna): t1≠t2≠t3≠t5		diferente		
	o al menos uno será diferente el resto.				
	t =	1	2	3	4
		TRATAMIENTOS			
	ii	T1 (Testigo, 0% de EM)	T2 (20% EM)	T3(30% de EM)	T4 (40% de EM)
	1	52,8	42,2	38,5	32,4
	2	51,1	45,8	40,2	35,8
	3	50,4	46,1	41,3	33,4
	SUMATORIA Xi.	154,3	134,1	120	101,6
	Sumatoria promedio i.	51,43	44,70	40,00	33,87



PREGUNTA:Relacion C/N a los 30 dias					
HIPOTESIS:					
	Ho (nula): t1=t2=t3=t4 igual				
	Ha (alterna): t1#t2#t3#t5 diferente				
	o al menos uno será diferente el resto.				
	t =	1	2	3 4	
		TRATAMIENTOS			
	\bar{y}_{ii}	T1 (Testigo, 0% de EM)	T2 (20% EM)	T3(30% de EM)	T4 (40% de EM)
	1	31,9	28,7	26,2	23,4
	2	32,2	27,8	27,1	22,9
	3	31,5	28,5	25,4	23,6
	SUMATORIA Xi.	95,6	85	78,7	69,9
	Sumatoria promedio i.	31,87	28,33	26,23	23,30

PREGUNTA:Relacion C/N a los 50 dias					
HIPOTESIS:					
	Ho (nula): t1=t2=t3=t4 igual				
	Ha (alterna): t1#t2#t3#t5 diferente				
	o al menos uno será diferente el resto.				
	t =	1	2	3 4	
		TRATAMIENTOS			
	\bar{y}_{ii}	T1 (Testigo, 0% de EM)	T2 (20% EM)	T3(30% de EM)	T4 (40% de EM)
	1	26,8	22,3	19,5	15,1
	2	25,7	22,1	18,8	14,8
	3	26,4	21,6	18,9	14,5
	SUMATORIA Xi.	78,9	66	57,2	44,4
	Sumatoria promedio i.	26,30	22,00	19,07	14,80

PREGUNTA:compost tamizado kg a los 50 dias					
HIPOTESIS:					
	Ho (nula): t1=t2=t3=t4 igual				
	Ha (alterna): t1#t2#t3#t5 diferente				
	o al menos uno será diferente el resto.				
	t =	1	2	3 4	
		TRATAMIENTOS			
	\bar{y}_{ii}	T1 (Testigo, 0% de EM)	T2 (20% EM)	T3(30% de EM)	T4 (40% de EM)
	1	21,60	25,60	27,10	34,60
	2	19,90	24,10	29,20	35,90
	3	18,4	28,9	31,1	29,2
	SUMATORIA Xi.	59,9	78,6	87,4	99,7
	Sumatoria promedio i.	19,97	26,20	29,13	33,23



Anexo 3: Acondicionamiento del lugar de investigación





Anexo 4. Activación de los microorganismos eficientes







Anexo 5. Instalación de pilas





Anexo 6. Dosificación de ME activados







Anexo 7: Volteo de las pilas compostaje y Aplicación de los ME







Anexo 8: Medición de Ph, temperatura y humedad





Anexo 9: Tamizaje de las pilas, extracción de muestras y pesado







Anexo 10: Muestras para laboratorio





Anexo 11: Acreditación de Instrumentos



PazLaboratorios

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 053



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Calibración
Acreditado

Registro N° LC - 053

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
PL - FQ100 - 22 - 6

Página 1 de 3

1. **SOLICITANTE** : GURY MANUEL CUMPA GUTIERREZ (MC QUIMICALAB)
2. **DIRECCIÓN DEL CLIENTE** : COVIDUC A-4, San Sebastián, Cusco
3. **DATOS DEL EQUIPO:**
 - INSTRUMENTO** : pHmetro
 - MARCA** : HANNA INSTRUMENTS
 - MODELO** : HI 98103 - pH Tester
 - SERIE** : H02103026
 - IDENTIFICACIÓN** : No indica (*)
 - INTERVALO DE INDICACIÓN** : 0,0 a 14,0 unidades de pH (**)
 - RESOLUCIÓN** : 0,1 unidades de pH
4. **LUGAR DE CALIBRACIÓN:** Laboratorio de Fisicoquímica de Paz Laboratorios S.R.L.
5. **FECHA DE CALIBRACIÓN:** 2022-06-07
6. **ORDEN DE TRABAJO:** CAL-0650-2022-6
7. **ACLARACIONES DEL CERTIFICADO:**

Este certificado de calibración es trazable a los patrones Nacionales o Internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo al Sistema Internacional de unidades (SI).

Los resultados reportados son válidos solo para el equipo de medición en las condiciones y momento en que se realizó la calibración. El solicitante y/o usuario es responsable de definir el periodo de calibración según la recomendación del fabricante, uso, análisis de deriva y exactitud de medición.

La difusión del presente certificado debe ser de forma completa. Los extractos o modificaciones requiere que se cuente con la autorización de PAZ LABORATORIOS S.R.L.
Certificado sin la firma digital del jefe de laboratorio carece de validez.

Arequipa, 7 de junio de 2022

Signatario autorizado:





CHECYA BUSTINCIO J. JESUS
EDUARDO
PAZ LABORATORIOS S.R.L.
JEFE DE LABORATORIO
lchecya@pazlaboratorios.com
Fecha: 08/06/2022 09:32
Firmado con www.tocapu.pe

"EL USO INDEBIDO DE ESTE CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LEY"

Oficina: Calle Oscar Benavides N° 602, Yanahuara - Arequipa
Celular: 953 766 470 | 959 010 230 | 950 780 507
Email: servicioalcliente@pazlaboratorios.com
www.pazlaboratorios.com

PL-LM-FOR-90 v00



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 053



Registro N° LC - 053

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

PL - FQ100 - 22 - 6

Página 2 de 3

8. PROCEDIMIENTO UTILIZADO:

Procedimiento "PC-020, Procedimiento para la calibración de medidores de pH" del Instituto Nacional de Calidad, Segunda Edición - Noviembre 2017.

9. PATRONES DE REFERENCIA UTILIZADOS:

TRAZABILIDAD	INSTRUMENTO / MRC	N° CERTIFICADO
Este instrumento es trazable a los patrones de INACAL-DM	Un termómetro digital con incertidumbre de 0,019 °C a 25 °C	LT-234-2021
Materiales de Referencia Certificado trazables a los patrones de Inorganic Ventures	Material de Referencia Certificado con incertidumbre de 0,015 unidades de pH	R2-WCS699643
	Material de Referencia Certificado con incertidumbre de 0,012 unidades de pH	S2-WCS702547
	Material de Referencia Certificado con incertidumbre de 0,03 unidades de pH	S2-WCS701705

Se utilizó un Baño Termostático con certificado E136-032A-2022-1.

10. CONDICIONES AMBIENTALES:

	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%HR)
Inicial	19,67	57,4
Final	21,69	53,1

Se usó un termohigrómetro con certificado: E410-644A-2022-1

11. OBSERVACIONES:

La incertidumbre expandida de medición reportada es la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura $k=2$ de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%.

La incertidumbre expandida declarada en el presente certificado ha sido estimada siguiendo: Procedimiento "PC-020, Procedimiento para la calibración de medidores de pH" y "Guía para la expresión de la incertidumbre de medida" del Centro Español de Metrología (CEM), Primera edición - Septiembre 2008.

Se colocó en el equipo la etiqueta de calibración de Paz Laboratorios S.R.L. identificada con N° **00173**

(*) Información proporcionada por el cliente.

(**) Información tomada del manual del equipo.

El ajuste se llevó a cabo sólo en los valores nominales 7,01 pH y 10,01 pH debido a la configuración del equipo.

"EL USO INDEBIDO DE ESTE CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LEY"



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 053



Registro N° LC - 053

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

PL - FQ100 - 22 - 6

Página 3 de 3

12. TOMA DE DATOS DEL AJUSTE:

Valor certificado a 25 °C (pH)	Lectura del instrumento (pH)	
	Antes del ajuste	Después del ajuste
6,97	6,7	6,9
9,94	9,8	10,0

13. RESULTADOS DE CALIBRACIÓN:

Valor certificado a 25 °C (pH)	Lectura del instrumento (pH)	Corrección (pH)	Incertidumbre (pH)
4,01	3,87	0,14	0,09
6,97	6,97	0,00	0,09
9,94	9,97	-0,03	0,09

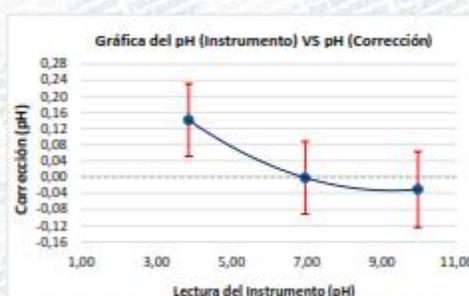
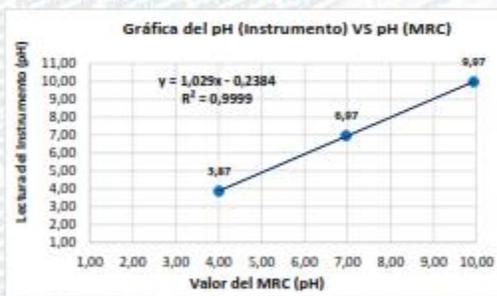
Nota 1: El sensor del equipo presenta el modelo HI 1271 y el número de serie 06240510201.

Nota 2: La lectura del instrumento es el valor promedio de tres lecturas a una temperatura estabilizada de 25 °C.

Nota 3: La profundidad mínima de inmersión fue de aproximadamente 4 cm.

Nota 4: El tiempo de estabilización promedio fue de 5 minutos.

14. GRÁFICAS DE LOS RESULTADOS DE CALIBRACIÓN:



***** FIN DEL DOCUMENTO *****

"EL USO INDEBIDO DE ESTE CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LEY"



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 053



Registro N° LC - 053

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PL - FQ101 - 22 - 6

Página 1 de 3

1. SOLICITANTE : GURY MANUEL CUMPA GUTIERREZ (MC QUIMICALAB)
2. DIRECCION DEL CLIENTE : COVIDUC A-4, San Sebastián, Cusco
3. DATOS DEL EQUIPO:
 - INSTRUMENTO : Conductímetro
 - MARCA : HANNA INSTRUMENTS
 - MODELO : HI 98311
 - SERIE : 05270302101
 - IDENTIFICACIÓN : No indica (*)
 - INTERVALO DE INDICACIÓN : 0 μ S/cm a 3999 μ S/cm (**)
 - RESOLUCIÓN : 1 μ S/cm (**)
4. LUGAR DE CALIBRACIÓN: Laboratorio de Físicoquímica de Paz Laboratorios S.R.L.
5. FECHA DE CALIBRACIÓN: 2022-06-07
6. ORDEN DE TRABAJO: CAL-0650-2022-6
7. ACLARACIONES DEL CERTIFICADO:

Este certificado de calibración es trazable a los patrones Nacionales o Internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo al Sistema Internacional de unidades (SI).

Los resultados reportados son válidos solo para el equipo de medición en las condiciones y momento en que se realizó la calibración. El solicitante y/o usuario es responsable de definir el periodo de calibración según la recomendación del fabricante, uso, análisis de deriva y exactitud de medición.

La difusión del presente certificado debe ser de forma completa. Los extractos o modificaciones requiere que se cuente con la autorización de PAZ LABORATORIOS S.R.L.

Certificado sin la firma digital del jefe de laboratorio carece de validez.

Arequipa, 8 de junio de 2022

Signatario autorizado:



CHECYA BUSTINCIO JESUS
EDUARDO
PAZ LABORATORIOS S.R.L.
JEFE DE LABORATORIO
[cheeya@pazlaboratorios.com
Fecha: 08/06/2022 09:29
Firmado con www.tocapu.pe

"EL USO INDEBIDO DE ESTE CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LEY"



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 053



Registro N° LC - 053

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PL - FQ101 - 22 - 6

Página 2 de 3

8. PROCEDIMIENTO UTILIZADO:

Procedimiento "PC-022, Procedimiento para la calibración de conductímetros" del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI-SNM), Primera Edición - Setiembre 2014.

9. PATRONES DE REFERENCIA UTILIZADOS:

TRAZABILIDAD	INSTRUMENTO / MRC	N° CERTIFICADO
Este instrumento es trazable a los patrones de CADENT S.A.C.	Un termómetro digital con incertidumbre de 0,05 °C a 25°C.	0209-LT-2022
Materiales de Referencia Certificado trazables a los patrones de Inorganic Ventures.	Material de Referencia Certificado con incertidumbre de 0,8 µS/cm	S2-COND701970
	Material de Referencia Certificado con incertidumbre de 5 µS/cm	S2-COND701646

Para la estabilización de temperatura de los materiales de referencia certificados (MRC) se utilizó un baño de calibración con certificado E136-032A-2022-1.

10. CONDICIONES AMBIENTALES:

	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%HR)
Inicial	22,04	56,18
Final	21,96	60,32

Se usó un termohigrómetro con certificado E410-644A-2022-1.

11. OBSERVACIONES:

La incertidumbre expandida de medición reportada es la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura $k=2$ de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%.

La incertidumbre expandida declarada en el presente certificado ha sido estimada siguiendo las directrices de: Procedimiento "PC-022, Procedimiento para la calibración de conductímetros" y "Guía para la expresión de la incertidumbre de medida" del Centro Español de Metrología (CEM), Primera edición - Septiembre 2008.

Se colocó en el equipo la etiqueta de calibración de Paz Laboratorios S.R.L. identificada con N° 00174

(*) Información proporcionada por el cliente.

(**) Información tomada del manual del equipo.

"EL USO INDEBIDO DE ESTE CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LEY"



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 053



Registro N° LC - 053

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PL - FQ101 - 22 - 6

Página 3 de 3

12. DATOS DEL AJUSTE:

Valor certificado a 25 °C (µS/cm)	Lectura del instrumento (µS/cm)	
	Antes del ajuste	Después del ajuste
1416	1208	1414

13. RESULTADOS DE CALIBRACIÓN:

Valor certificado a 25 °C (µS/cm)	Lectura del instrumento (µS/cm)	Corrección (µS/cm)	Incertidumbre (µS/cm)
84,7	92	-7,7	3,1
1416	1414	2	6

Nota 1: La lectura del instrumento es el valor promedio de tres lecturas a la temperatura estabilizada de 25 °C.

Nota 2: La profundidad mínima de inmersión fue de aproximadamente 3 cm.

Nota 3: El tiempo de estabilización promedio fue de al menos 10 minutos.

***** FIN DEL DOCUMENTO *****

"EL USO INDEBIDO DE ESTE CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LEY"