

NOMBRE DEL TRABAJO

**EFECTO DE LOS MICROORGANISMOS EFICIENTES EN EL COMPOSTAJE PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS**

AUTOR

**ANAIS EMILIA GUTIERREZ HERAS**

RECUENTO DE PALABRAS

**13367 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**75725 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**92 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**73.5MB**

FECHA DE ENTREGA

**May 6, 2024 8:45 AM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**May 6, 2024 8:48 AM GMT-5****● 13% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 13% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 0% Base de datos de trabajos entregados
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

**● Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)



**FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA  
PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN  
EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTELS**  
(Art. 45° de la ley N° 30220 – Ley)

Autorización de la propiedad intelectual del autor para la publicación de tesis en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur (<https://repositorio.unfels.edu.pe>), de conformidad con el Decreto Legislativo N° 822, sobre la Ley de los Derechos de Autor, Ley N° 30035 del Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, Art. 10° del Rgto. Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales en las universidades – RENATI Res. N° 084-2022-SUNEDU/CD, publicado en El Peruano el 16 de agosto de 2022; y la RCO N° 061-2023-UNTELS del 01 marzo 2023.

**TIPO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

- 1). TESIS ( )      2). TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL (X )

**DATOS PERSONALES**

Apellidos y Nombres: <i>Gutierrez Heras Anaís Emilia</i>
D.N.I.: <i>74960060</i>
Otro Documento:
Nacionalidad: <i>Peruana</i>
Teléfono: <i>9793 25629</i>
e-mail: <i>2016400268@unfels.edu.pe</i>

**DATOS ACADÉMICOS**

**Pregrado**

Facultad: <i>Facultad de Ingeniería y Gestión</i>
Programa Académico: <i>Trabajo de suficiencia profesional</i>
Título Profesional otorgado: <i>Ingeniero ambiental</i>

**Postgrado**

Universidad de Procedencia:
País:
Grado Académico otorgado:

**Datos de trabajo de investigación**

Título: <i>Efecto de los microorganismos eficientes en el compostaje para el tratamiento de residuos orgánicos en la S.E. N°6084 San Martín de Porres de Villa María del Triunfo, Lima, 2023</i>
Fecha de Sustentación: <i>15 de diciembre del 2023</i>
Calificación: <i>Aprobado distinción</i>
Año de Publicación: <i>2024</i>



### AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN VERSIÓN ELECTRÓNICA

A través de la presente, autorizo la publicación del texto completo de la tesis, en el Repositorio Institucional de la UNTELS especificando los siguientes términos:

Marcar con una X su elección.

- 1) Usted otorga una licencia especial para publicación de obras en el REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR.

Si autorizo  No autorizo

- 2) Usted autoriza para que la obra sea puesta a disposición del público conservando los derechos de autor y para ello se elige el siguiente tipo de acceso.

Derechos de autor		
TIPO DE ACCESO	ATRIBUCIONES DE ACCESO	ELECCIÓN
ACCESO ABIERTO 12.1(*)	<b>info:eu-repo/semantics/openAccess</b> (Para documentos en acceso abierto)	(X)

- 3) Si usted dispone de una **PATENTE** puede elegir el tipo de **ACCESO RESTRINGIDO** como derecho de autor y en el marco de confiabilidad dispuesto por los numerales 5.2 y 6.7 de la directiva N° 004-2016-CONCYTEC DEGC que regula el Repositorio Nacional Digital de CONCYTEC (Se colgará únicamente datos del autor y el resumen del trabajo de investigación).

Derechos de autor		
TIPO DE ACCESO	ATRIBUCIONES DE ACCESO	ELECCIÓN
ACCESO RESTRINGIDO	<b>info:eu-repo/semantics/restrictedAccess</b> (Para documentos restringidos)	( )
	<b>info:eu-repo/semantics/embargoedAccess</b> (Para documentos con períodos de embargo. Se debe especificar las fechas de embargo)	( )
	<b>info:eu-repo/semantics/closedAccess</b> (para documentos confidenciales)	( )

(\*) <http://renati.sunedu.gob.pe>



UNIVERSIDAD NACIONAL  
TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

Rellene la siguiente información si su trabajo de investigación es de acceso restringido:

Atribuciones de acceso restringido:

---

---

Motivos de la elección del acceso restringido:

---

---

---

---

---

Gutierrez Heros Anais Emilia

APELLIDOS Y NOMBRES

74960060

DNI



Firma y huella:



Lima, 31 de Julio del 2024

**UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**“EFECTO DE LOS MICROORGANISMOS EFICIENTES EN EL  
COMPOSTAJE PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS  
EN LA I.E. N°6084 SAN MARTIN DE PORRES DE VILLA MARÍA DEL  
TRIUNFO, LIMA, 2023”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

Para optar el Título Profesional de

**INGENIERO AMBIENTAL**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER**

GUTIERREZ HERAS, ANAIS EMILIA

ORCID: 0009-0001-3217-1387

**ASESOR**

RAFAEL RUTTE, ROBERT RICHARD

ORCID: 0000-0003-2411-0223

**Villa El Salvador**

**2023**





"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

VI Programa de Titulación por la Modalidad de Trabajo de Suficiencia Profesional  
Decanato de la Facultad de Ingeniería y Gestión

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OBTENER EL  
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

En Villa El Salvador, siendo las 4:40 del día 15 de diciembre del 2023, se reunieron en las instalaciones de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, los miembros del Jurado Evaluador del Trabajo de Suficiencia Profesional integrado por:

Presidente	:	DR. JULIO CÉSAR BRACHO PÉREZ	CQP 721
Secretario	:	DR. LUIS ALFREDO ZUÑIGA FIESTAS	CIP 140131
Vocal	:	Ph. D. ROBERT RICHARD RAFAEL RUTTE	CIP 68273

Designados con Resolución de Decanato de la Facultad de Ingeniería y Gestión N° 984-2023-UNTELS-R-D, de fecha 13 de diciembre del 2023.

Se da inició al acto público de sustentación y evaluación del Trabajo de Suficiencia Profesional, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental, bajo la modalidad de Titulación por Trabajo de Suficiencia Profesional (Resolución de Consejo Universitario N° 065-2023-UNTELS-CU de fecha 08 de agosto del 2023), en la cual se APRUEBA el "Reglamento, Directiva, Cronograma y Presupuesto del VI Programa de Titulación por la Modalidad de Trabajo de Suficiencia Profesional de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur"; siendo que el Art. 4º del precitado Reglamento establece que: "La Modalidad de Titulación prevista consiste en la presentación, aprobación y sustentación de un Trabajo de Suficiencia Profesional que dé cuenta de la experiencia profesional y además permita demostrar el logro de las competencias adquiridas en el desarrollo de los estudios de pregrado que califican para el ejercicio de la profesión correspondiente. Quienes participen en esta modalidad no podrán tramitar simultáneamente otras modalidades de titulación. Además, los participantes inscritos en esta modalidad, deberán acreditar un mínimo de dos (02) años de experiencia laboral, de acuerdo a lo establecido en la Resolución N° 174-2019- SUNEDU/CD y al anexo 1 sobre Glosario de Términos en el punto veinte (20)...", en el cual;

El Bachiller: ANAIS EMILIA GUTIERREZ HERAS

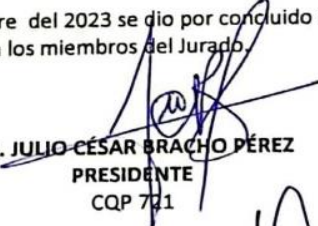
Sustentó su Trabajo de Suficiencia Profesional: EFECTO DE LOS  
MICROORGANISMOS EFICIENTES EN EL COMPOSTAJE PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN LA I.E.  
N°6084 SAN MARTÍN DE PORRES DE VILLA MARÍA DEL TRIUNFO, LIMA, 2023


Concluida la Sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional, se procedió a la calificación correspondiente según el siguiente detalle:

Condición: APROBADO distinción Equivalencia: MUY BUENA de acuerdo al Art. 65º del Reglamento General para el Otorgamiento de Grado Académico y Título Profesional de la UNTELS vigente.

Siendo las 5:20 del día 15 de diciembre del 2023 se dio por concluido el acto de sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional, firmando la presente acta los miembros del Jurado.

  
DR. LUIS ALFREDO ZUÑIGA FIESTAS  
SECRETARIO  
CIP 140131

  
DR. JULIO CÉSAR BRACHO PÉREZ  
PRESIDENTE  
CQP 721

  
Ph. D. ROBERT RICHARD RAFAEL RUTTE  
VOCAL  
CIP 68273

Nota: Art. 14°.- La sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional se realizará en un acto público. De faltar algún miembro del Jurado, la sustentación procederá con los dos integrantes presentes. En caso de ausencia del presidente del Jurado, asumirá la presidencia el docente de mayor categoría y antigüedad. En caso de ausencia de dos o más miembros del Jurado, la sustentación será reprogramada durante los 05 días siguientes.

## **DEDICATORIA**

A Dios por guiar mi aprendizaje,  
darme la paciencia y fortaleza para  
no rendirme.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi asesor Ph. D. Robert Richard Rafael Rutte por su apoyo en la parte académica de la elaboración de mi trabajo de suficiencia profesional.

A mis padres por el apoyo incondicional que me brindan y ser mi motivo en superarme personalmente y profesionalmente.

Un agradecimiento especial al Mg. Fernando Vasquez Guerrero, a la docente Ofelia Pimentel y la promoción Jhans de la Institución Educativa N°6084 San Martín de Porres, por su apoyo en la participación de mi trabajo.



## INDICE

<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>ii</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>iii</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>vi</b>
<b>LISTA DE TABLAS</b> .....	<b>vii</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>viii</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>CAPITULO I ASPECTOS GENERALES</b> .....	<b>3</b>
1.1. Contexto.....	3
1.2. Delimitación temporal y espacial del trabajo .....	4
1.3. Objetivos .....	5
1.3.1. Objetivo principal .....	5
1.3.2. Objetivos específicos.....	5
<b>CAPITULO II MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>6</b>
2.1. Antecedentes .....	6
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	6
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	7
2.2. Bases teóricas.....	9
2.2.1. Compostaje.....	9
2.2.2. Microorganismos eficientes .....	13
2.2.3. Marco Normativo.....	15
2.3. Definición de términos básicos.....	19
<b>CAPÍTULO III DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL</b> .....	<b>22</b>
3.1. Determinación y análisis del problema.....	22
3.2 Modelo de solución propuesto: .....	22
3.2.1. Formatos, materiales, equipos e insumos .....	22
3.2.2. Descripción del procedimiento .....	26

3.3 Resultados .....	42
3.3.1. Resultados del monitoreo durante el proceso del compostaje.....	45
3.3.2. Resultados del análisis de parámetros físico –químicos del compost .	49
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>53</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>54</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>55</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>64</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de la I.E. N° 6084 SMP. ....	4
Figura 2. Flujograma de la investigación. ....	26
Figura 3. Capacitación al alumnado de 5to de secundaria y a la profesora de CTA. .....	27
Figura 4. Área experimental para la pila de compostaje. ....	28
Figura 5. 100 ml de Biosflash ..... 29	29
Figura 6. Solución de melaza con Bioflash en agua.....	30
Figura 7. Bioflash activado ..... 30	30
Figura 8. Traslado de los residuos orgánicos frescos al área experimental.....	31
Figura 9. Pesado de los residuos de poda proveniente de la I.E. N°6084 SMP... 31	31
Figura 10. Dimensiones de la pila de compostaje. ....	34
Figura 11. Aplicación del Bioflash activado en el armado de la pila de compostaje. .....	36
Figura 12. Armado de la base de la pila de compostaje.....	37
Figura 13. Armado de la capa de residuos secos. ....	37
Figura 14. Volteo de la pila de compostaje.....	38
Figura 15. Medición de temperatura de la pila de compostaje. ....	39
Figura 16. Medición de humedad de la pila de compostaje. ....	39
Figura 17. Medición del pH de la pila de compostaje. ....	40
Figura 18. Tamizado del compost. ....	41
Figura 19. Pesado y rotulado de la muestra de compost. ....	41
Figura 20. Variación de la temperatura en proceso de compostaje. ....	46
Figura 21. Variación del pH en el proceso de compostaje. ....	47

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Cantidad de integrantes de la I.E. N° 6084 SMP.....	3
Tabla 2. Clasificación general de sistemas de compostaje.....	10
Tabla 3. Clasificación de los RRSS.....	16
Tabla 4. Formato de pesaje de los residuos orgánicos recolectados.....	23
Tabla 5. Formato de medición de la temperatura del proceso de compostaje. ....	23
Tabla 6. Formato de medición de pH y humedad del proceso de compostaje. ....	24
Tabla 7. Formato del control de parámetros cualitativos del proceso de compostaje. .....	24
Tabla 8. Total de residuos recolectados.....	31
Tabla 9. Relación de C/N de cada material a compostar. ....	32
Tabla 10. Consideraciones generales del diseño de la pila de compostaje. ....	34
Tabla 11. Cantidad de Bioflash activado utilizado en la pila de compostaje. ....	35
Tabla 12. Implementación de la pila de compostaje.....	36
Tabla 13. Cronograma de actividades para la ejecución del trabajo de suficiencia profesional.....	43
Tabla 14. Datos para el cálculo del rendimiento del proceso de compostaje. ....	45
Tabla 15. Volteos en el proceso de compostaje.....	45
Tabla 16. Control de la humedad en el proceso de compostaje.....	48
Tabla 17. Parámetros cualitativos del proceso de compostaje.....	49
Tabla 18. Comparación con los parámetros de calidad del compost. ....	50

## RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de los microorganismos eficientes en el proceso de compostaje para el tratamiento de residuos orgánicos en la institución educativa N°6084 San Martín de Porres del distrito de Villa María del Triunfo, con la finalidad de fomentar la responsabilidad social ambiental, que involucre a la institución pública, así como a la sociedad civil. Se realizó la investigación en las instalaciones de I.E. N°6084 San Martín de Porres y se trabajó junto a los estudiantes de quinto grado de secundaria y la docente del curso de ciencia, tecnología y ambiente (CTA). El proceso de compostaje se ejecutó en una pila con volteo manual, para ello, se inoculó Bioflash activado (consorcio microbiano comercial) al momento del armado; así como también, durante cada volteo de la pila. En el transcurso del proceso se llevó a cabo el control de la temperatura, humedad, pH y parámetros cualitativos; y al finalizar se realizó el análisis físico – químico del compost obtenido. El proceso duró 47 días calendarios (1 mes y 17 días) y la temperatura se aceleró alcanzando su máxima temperatura al día 5, llegando a 67°C (fase termófila). Se concluyó que los microorganismos eficientes tuvieron efecto en el tiempo de descomposición de los residuos orgánicos y en la temperatura. De acuerdo, al análisis físico químico del producto final (compost) cumplió con el rango de valores establecido por la norma técnica peruana NTP.201.208:2021 en cuanto a la humedad, materia orgánica, óxido de potasio y óxido de calcio. Para la FAO:2013 cumplió los parámetros de densidad, humedad, materia orgánica y óxido de potasio. Con respecto a la normativa chilena NCh2880of2004 se determinó la clasificación de la muestra de compost de Clase B. Los micronutrientes como fósforo y magnesio excedieron los estándares de calidad de la NTP.201.208:2021 y de la FAO:2013.

Palabras claves: microorganismos eficientes, compostaje, pila con volteo manual, tratamiento, residuos orgánicos.



## INTRODUCCIÓN

A nivel nacional según el sistema de información de gestión de residuos sólidos (SIGERSOL), en el año 2022 se obtuvo 0.85 Kg/hab./día de generación per cápita de residuos sólidos municipales, se produjo un total de 8 millones 455,715.19 toneladas de residuos sólidos municipales en ese año, equivalente a 23,166.34 toneladas al día. Su composición fue de 55.49% residuos orgánicos, 22.08% inorgánicos, 13.47% no aprovechables, y un 8.95% de residuos peligrosos (MINAM, 2023).

El rápido crecimiento de la población y la economía son unos de los motivos del incremento de la cantidad de residuos sólidos municipales en el Perú (NPI, 2016). De acuerdo con el capítulo 21 del “Programa 21” Organización de las Naciones Unidas esta tendencia podría aumentar considerablemente las cantidades de desechos producidos para finales del siglo, y cuadruplicarlas o quintuplicarlas para el año 2025 (ONU, 2002).

En cuanto a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en el 2016 el Perú emitió 4.482 Mt CO<sub>2</sub> eq (4.482 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente) por la disposición final de los residuos sólidos municipales, siendo los residuos orgánicos los principales responsables de las emisiones de GEI (MIEM, 2020). Cabe indicar que Perú, en el marco de la COP 2021, se propuso como meta reducir en un 40% sus emisiones de GEI al 2030 (Torres,2023).

Según la información establecida en el estudio de caracterización de residuos sólidos del 2019 el distrito de Villa María del Triunfo, precisa que el 63.91% corresponden a los residuos domiciliarios, y el 36.00% es de residuos no domiciliarios; y 0.08% a residuos especiales; siendo los residuos orgánicos provenientes de diferentes fuentes de generación del distrito, las mismas que no tienen una adecuada valorización (Municipalidad de Villa María del Triunfo, 2019).

Por otro lado, de acuerdo al SIGERSOL la generación per cápita de residuos sólidos municipales del distrito de Villa María del Triunfo, fue de 1.01 Kg/hab./día y se produjo un total de 166,142.92 toneladas de residuos sólidos municipales en ese año, equivalente a 455.19 toneladas al día. Su composición fue de 62.49%

residuos orgánicos, 11.53% inorgánicos, 15.66% no aprovechables, y un 10.32% de residuos peligrosos (MINAM, 2023).

De acuerdo a la exigencia legal que parte de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos (D.L. N° 1278-MINAM, 2016), de su reglamento (D.S. N° 014-2017-MINAM, 2017), y su modificación (D.L. N° 1501-MINAM, 2020) artículo 34 "Segregación en la fuente" establece que los generadores municipales segreguen sus residuos sólidos.

Por tal motivo, el objetivo principal de la investigación fue evaluar el efecto de los microorganismos eficientes en el proceso de compostaje para el tratamiento de residuos orgánicos en la I.E. N°6084 San Martín de Porres del distrito de Villa del Triunfo a fin de fomentar la responsabilidad social ambiental, que involucre a la institución pública, así como a la sociedad civil.

## CAPITULO I

### ASPECTOS GENERALES

#### 1.1. Contexto

La localidad del asentamiento humano (A.H.) Arenal Alto de la zona 02 El Cercado del distrito de Villa María del Triunfo no es ajena a la acumulación de residuos sólidos en las principales vías, lo que afecta la calidad ambiental y pone en riesgo la salud de la población. Existe un factor educativo, débil conciencia y cultura ambiental, que se refleja en una poca consideración del impacto negativo que tienen los residuos sólidos en nuestro ambiente y calidad de vida. En este contexto, las instituciones educativas tienen un papel importante.

Las instituciones educativas deben enfrentar su contexto ambiental y social, buscar mecanismos de participación ciudadana que demuestren los beneficios de este nuevo enfoque de la educación e inviten a las comunidades aledañas a replicar y apoyar la resolución de problemas.

Cuyo enfoque fue tomada por la I.E. N°6084 San Martín de Porres (SMP) ; entidad estatal conformada por nivel primaria y secundaria (Tabla 1) que suministra una educación de calidad que empodera a los estudiantes a seguir desarrollando los aprendizajes fundamentales para el ejercicio de una ciudadanía consciente, creando soluciones socialmente responsables y democráticas basadas en su integridad personal, desarrollo de su autonomía, cuidado de la salud, práctica de valores, conciencia ambiental e innovación tecnológica (MINEDU, 2019).

Busca ser una institución líder e innovadora en brindar un servicio educativo de calidad, con un equipo docente comprometido en la educación teniendo como aliados a la comunidad educativa para lograr su desarrollo integral basada en valores ético, morales y espirituales, innovación pedagógica, tecnológica y conciencia ambiental (MINEDU, 2019).

#### **Tabla 1**

*Cantidad de integrantes de la I.E. N° 6084 SMP.*

Integrantes	Número
-------------	--------

---

Estudiantes	423
Directivos	1
Docentes	17

---

*Nota.* Adaptada del Sistema de información de apoyo a la gestión de la institución educativa (2023).

Por el día Global de voluntariado corporativo de la empresa Citibank, este año implementó un biohuerto escolar para el nivel primaria de la institución educativa, enfocado en la seguridad alimentaria. Además, de ser una herramienta educativa para promover la educación ambiental en los estudiantes.

## **1.2. Delimitación temporal y espacial del trabajo**

### **1.2.1. Delimitación temporal**

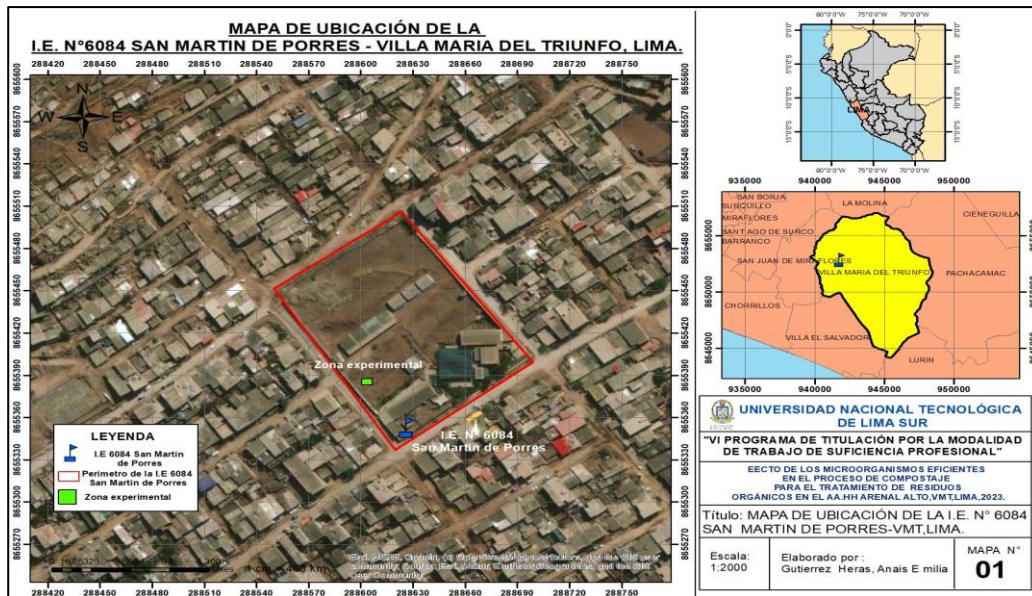
El presente proyecto fue realizado durante los meses de mayo a octubre del año 2023.

### **1.2.2. Delimitación espacial**

El proyecto se desarrolló en la I.E. N°6084 San Martín de Porres, que se encuentra ubicado en la avenida de San Martín de Porres 1300 del asentamiento humano Arenal Alto, de la zona 2 (El Cercado) del distrito de Villa del Triunfo departamento de Lima con coordenadas UTM cuya latitud - 12.1568 y - 76.9425 de longitud (Figura 1).

## **Figura 1**

*Mapa de ubicación de la I.E. N° 6084 SMP.*



### 1.3. Objetivos

#### 1.3.1. Objetivo principal

- Evaluar el efecto de los microorganismos eficientes en el compostaje para el tratamiento de residuos orgánicos en la I.E. N°6084 San Martín de Porres de Villa María del Triunfo.

#### 1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto de los microorganismos eficientes en el tiempo de descomposición del proceso de compostaje de residuos orgánicos en la I.E. N°6084 San Martín de Porres de Villa María del Triunfo.
- Determinar el efecto de los microorganismos eficientes en la variación de temperatura del proceso de compostaje de residuos orgánicos en la I.E. N°6084 San Martín de Porres de Villa María del Triunfo.
- Evaluar los parámetros físico – químicos del compost obtenido a partir de residuos orgánicos con la aplicación de microorganismos eficientes en la I.E. N°6084 San Martín de Porres de Villa María del Triunfo.



## CAPITULO II MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

#### 2.1.1. Antecedentes internacionales

Munizaga y Alcívar (2023) obtuvieron compost a partir de residuos sólidos domiciliarios con la aplicación de microorganismos eficientes comercial (BioEM) como alternativa a su tratamiento. Realizaron tres tratamientos (T1, T2 y T3) utilizando los siguientes porcentajes 0,25%, 0,5% y 1% del BioEM respectivamente. Determinaron la efectividad mediante análisis de macronutrientes, metales pesados, conductividad eléctrica, pH, reducción de volumen y pruebas ecotoxicológicas para evaluar la calidad del compost obtenido. Concluyeron que la concentración del 0,5% era la más eficaz y con menor toxicidad. Los metales pesados investigados (Pb, Cd, Cu y Ni) estuvieron todos dentro de los niveles aceptables para abonos orgánicos, los tratamientos de 0,5% y 1% lograron la mayor reducción de volumen de materia orgánica tratada. Y el abono orgánico al 100% inhibió la germinación de la *Lactuca sativa*.

Villegas (2018) realizó un estudio comparativo entre el compostaje convencional y el compostaje con microorganismos eficientes (EM) al interior de la Granja Nariño del municipio de Tuluá, con el objetivo de optimizar el manejo de los residuos orgánicos generados en la granja. Para el compostaje con EM se capturó microorganismos nativos; luego se activaron y se compostó usando los EM; el muestreo se realizó de forma aleatoria, tomando 7 muestras básicas de los compost estudiados, que posteriormente se mezclaron en la muestra final (cada compost se muestrea por separado). Concluyó que el proceso de descomposición del compost con EM llevó menos tiempo que el del compost convencional. En términos de tiempo de germinación, crecimiento y desarrollo de las semillas de frijol calima mostraron una mayor ventaja comparativa respecto al compost convencional.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Huilahuaña et al. (2022) determinaron la influencia del Mende Madre y el agua en la estabilidad del pH y la eficiencia del compost elaborado a partir de residuos de áreas verdes en el Distrito de Tacna, con la finalidad de aprovechar los residuos sólidos orgánicos y limitando el impacto ambiental de estos. Realizaron un diseño factorial multinivel de tres tratamientos por tres repeticiones (0.5 L, 1 L y 1.5 L en 33.5 L, 34.0 L y 34.5L de agua). Concluyeron que una dosis de 1.5 L de Mende Madre y 33.5 L de agua dio como resultado un pH más estable de 7.95 y una eficiencia del compost del 38.80 %. Según los requisitos internacionales EPA 40CFR 503, norma mexicana NTEA-006 – SMA-2006 y la norma chilena NCh2880of2004 el abono orgánico resultante cumplió con los siguientes parámetros: T°, materia orgánica, relación C/N, humedad, N, P y K.

Maldonado (2020) realizó una comparación de la calidad de compost utilizando microorganismos eficientes comerciales (MEC) y microorganismos eficientes naturales (MEN) a partir de los residuos sólidos orgánicos domiciliarios del distrito de Jepelacio de la provincia de Moyobamba, con la finalidad de resolver el problema poblacional con los residuos orgánicos, minimizándolos y creando efectos sociales sustentables a largo plazo para el desarrollo de la población. Se instaló tres composteras con un volumen de  $0.9 m^3$  (uno inoculado con MEC, otro con MEN y una sin microorganismos eficientes); posteriormente se midió la temperatura, humedad y tiempo de descomposición de los tres tratamientos. Concluyó que al utilizar los microorganismos eficientes comerciales dio un producto final (compost) de mejor calidad.

Chaparro et al. (2020) elaboraron compost mediante la utilización de microorganismos eficientes (EM) a partir de residuos orgánicos. Realizaron un diseño experimental con dos tratamientos y dos repeticiones (con EM y sin EM). En primer lugar, capturó los microorganismos para la obtención de Mende Madre, luego lo activaron para su posterior aplicación en el compost con EM. Concluyeron que al producir compost con la adición de EM la temperatura máxima alcanzada después de 20 días fue de 53°C, mientras que sin la adición de EM después de 45 días fue de 45 °C. Con respecto al tiempo de descomposición la adición de Mende Activo al 10 % llevó menos tiempo (40 días) a comparación sin adición (80 días).

Pillco (2020) evaluó el proceso de compostaje de residuos orgánicos aplicando microorganismos eficaces (EM), determinó la temperatura, pH, el tiempo de descomposición y la granulometría del proceso; con la finalidad de obtener un abono orgánico de calidad para mejorar la nutrición de las plantas. Realizó un diseño completamente al azar 3x3 en el que se inocularon 200ml de EM en los tres tratamientos, para el T1 (100% por residuos orgánicos domésticos); T2 (50% residuos orgánicos domésticos y 50% estiércol de oveja) y T3 (40% residuos orgánicos domésticos, 30% estiércol de oveja, 30% tallos de cañihua). Concluyó que para T1 fue de 25.58°C, T2 27.63°C y T3 25.78°C con respecto a la temperatura promedio, en cambio para el pH el T1 obtuvo 7.05, T2 7.7 y T3 7.6. Y los tiempos de descomposición de T1, T2 y T3 fueron de 61, 52 y 75 días respectivamente. Sin embargo, en términos de composición de partículas de todos los compost, el contenido de partículas osciló entre 85.7 a 90.6% de gránulos con diámetros <1.5 mm. Además, los EM contribuyeron en mejorar la calidad del compost según las Norma técnica chilena 2880:2005, OMS, EPA, Norma técnica colombiana 5167 y Bioagro 2011.

Castillo (2020) evaluó la calidad del abono orgánico (compost) a partir de residuos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) para que sea utilizado en las chacras de los pobladores del distrito de Huayucachi de la provincia de Ayacucho. Realizó un diseño experimental completamente al azar 4 x 3 en composteras de 0.48m<sup>2</sup> utilizando EM (500 ml, 1000ml, 2000ml y sin EM) y residuos orgánicos, estiércol (vaca y oveja) y residuos (mercado y cosecha). Concluyó que los parámetros físico químicos como la humedad, pH, conductividad eléctrica, contenido de MO, N total, P, K, Ca, Mg, Cu, relación C/N y contenido de metales pesados (Cr y Pb) estuvieron dentro de los estándares de calidad de compost especificados en la norma técnica chilena, FAO, IAP-Iquitos y EPA Australia. Además, el uso de los EM para el compostaje aumentó el contenido de humedad, conductividad eléctrica, Ca, Cu, Zn, relación C/N, Cd y Cr en comparación con el compost sin aplicación de EM. Sin embargo, metales como el cadmio y el zinc superaron los estándares de calidad de la EPA Australia y la norma técnica chilena porque sus contenidos superaron 1 ppm.

Montero (2019) evaluó la eficacia de los microorganismos eficientes (EM) en la elaboración de compost a partir de materia orgánica con la finalidad que la

Municipalidad Distrital de Pillco realice la implementación del recojo, tratamiento y aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos municipales (RSOM). Realizó para la muestra TA (aplicación de dosis de microorganismos eficientes) 4 muestras de compostaje y para cada muestra realizó 2 tipos de tratamientos con 3 repeticiones. En cambio, para la muestra TB (sin EM) se realizó 1 repetición. Concluyó que los EM tuvieron un efecto en la degradación de los residuos orgánicos (45 días) en comparación con la muestra TB que no se degradó por completo, ya que este proceso suele tardar entre 4- 6 meses, dependiendo de las condiciones climáticas de cada lugar de investigación. Sin embargo, los microorganismos eficientes intervinieron efectivamente con el parámetro de temperatura sin intervenir con los parámetros de humedad y pH.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Compostaje**

Román et al. (2013) definen el compostaje como una mezcla de materia orgánica capaz de descomponerse aeróbicamente que aporta al suelo nutrientes y mejora la estructura. El producto final es el compost, abono orgánico que se forma por la degradación microbiana de materiales en capas sometidos a un proceso de descomposición (Grupo Sacsá, 2016).

Las propiedades del compost varían según el material orgánico inicial, el sistema de compostaje utilizado y la duración de cada fase del proceso. Sin embargo, se pueden identificar algunas características comunes como: color marrón, baja relación carbono-nitrógeno, naturaleza en constante cambio debido a los microorganismos, alta capacidad de intercambio catiónico y alta absorción de agua (Pulgarín y Yépes, 2015).

#### **2.2.1.1. Tipos de compostaje**

Depende de las condiciones previas que se establecen al proceso, se tiene dos tipos de compostaje: compostaje aerobio y compostaje anaerobio (OPS, 1999).

De acuerdo a su localización y disponibilidad existen 3 tipos de compostaje (Docampo, 2014):

- Compostaje doméstico: en el jardín, terraza o balcón.
- Compostaje comunitario: jardines compartidos entre la comunidad, espacios libres como en las escuelas, en espacios públicos; entre otros.
- Compostaje suburbano y rural: emprendimiento con residuos agropecuarios de pequeña escala.

### 2.2.1.2. Sistemas de compostaje

De acuerdo a Sánchez y Hidalgo (2006) establecen dos categorías del sistema de compostaje: sistemas abiertos y sistemas cerrados (Tabla 2).

**Tabla 2**

*Clasificación general de sistemas de compostaje.*

	Pilas con volteo	
<b>Sistemas abiertos</b>		Con succión de aire
		Aire insuflado
	Pilas estáticas	Ventilación alternada (succión e insuflado)
		Insuflado vinculado a control de temperatura
<b>Sistemas cerrados</b>	Reactores verticales	Continuos
		Descontinuos
	Reactores horizontales	Estáticos
		Con movimiento del material

*Nota.* Datos tomados del artículo Technological aspects of composting including modelling and microbiology (1985).

La dimensión de la pila de compostaje (con volteo o estática) es a partir de tres limitantes; de la cantidad de material a compostar, la necesidad de compost final y del área disponible para realizar el compostaje. Así mismo, su implementación se da cuando hay una cantidad abundante y variada de residuos orgánicos igual o superior a 1 m<sup>3</sup> (Román et al.,2013).



### 2.2.1.3. Fases del proceso del compostaje

De acuerdo a la temperatura alcanzada se distingue 4 fases durante el proceso de compostaje. De las cuales; las tres primeras son las principales (mesófila, termófila y enfriamiento) y la cuarta fase la de maduración que presenta una duración variable (Román et al., 2013).

- Fase Mesófila: inicia a descomponerse el material de partida a T° ambiente y puede tardar días o incluso horas en alcanzar los 45°C. Además, el incremento de T° se debe a la actividad de microorganismos que utilizan C y N para generar calor. Además, cabe señalar que la degradación de compuestos solubles como el azúcar se produce mediante la formación de ácidos orgánicos y a consecuencia de ello el pH tiende a bajar hasta aproximadamente 4.0 - 4.5, período que dura entre 2 a 8 días.
- Fase Termófila o de Higienización: a 45°C, la microflora mesófila es reemplazada por microorganismos que crecen a temperaturas más altas, la mayoría de las cuales son bacterias termófilas, siendo las degradadoras de las fuentes de C más complejas como la celulosa y la lignina. Por otro lado, transforman el N a NH<sub>3</sub> y el pH es posible que aumente. A los 60°C se muestran las bacterias formadoras de esporas y actinomicetos capaces de descomponer la cera, la hemicelulosa en otros compuestos complejos de C. El calor generado por la actividad metabólica elimina bacterias y *Escherichia coli* y *Salmonella spp*, por lo que se denomina fase de higienización. Además, a temperaturas mayor de 55°C, se destruyen los quistes y huevos de helmintos, esporas de hongos que causan enfermedades en las plantas y las semillas de malezas, que pudieron ser considerados material de partida (higienización del producto). Esta etapa dura unos pocos días hasta varios meses dependiendo de las fuentes de materia prima, las condiciones climáticas y la ubicación; etc.
- Fase de Enfriamiento o Mesófila II: la temperatura desciende a 40-45°C debido al agotamiento de las fuentes de carbono, especialmente nitrógeno en las materias primas. En el caso de polímeros como la celulosa, el proceso de degradación continúa y en algunos casos aparecen hongos. Y tan pronto como la T° disminuye los 40°C, los microorganismos mesófilos se vuelven

activos nuevamente, el pH desciende gradualmente y permanece ligeramente alcalino. Esta etapa puede confundirse con la siguiente etapa y dura varias semanas.

- Fase de Maduración: en esta etapa, se producen reacciones (condensación y polimerización secundaria de compuestos de C) y la formación de ácidos fúlvicos y húmicos. Pero a temperatura ambiente se necesitan varios meses.

#### **2.2.1.4. Monitoreo del proceso de compostaje**

Implica el desarrollo y reproducción de los microorganismos, al ser este un proceso biológico. También cabe señalar que algunos parámetros están sujetos a cambios, ya que depende en gran medida de las condiciones ambientales, las materias primas utilizadas, métodos utilizados y otros factores (Román et al., 2013).

- Oxígeno o aeración: el compostaje es un proceso aeróbico, por lo tanto, los microorganismos necesitan una aireación adecuada para respirar, liberando dióxido de carbono a la atmósfera. La falta de aireación provocará el crecimiento de bacterias anaeróbicas, lo que generará la fermentación y olores desagradables. El propósito de la aireación es monitorear la temperatura y quitar la humedad de la materia orgánica.
- Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>): al oxidarse, el C se transforma en biomasa, es decir, produce más microorganismos y CO<sub>2</sub>. Además, el O convierte (oxida) el C contenido en las materias primas en combustible. Cabe señalar, que el CO<sub>2</sub> producido en el proceso de compostaje tiene poco impacto ambiental y las plantas lo absorben para la fotosíntesis.
- Temperatura (T°): varía en un amplio rango según las fases del compostaje.
- Potencial del hidrógeno (pH): al iniciar el proceso, se vuelve ácido el medio debido a la formación de ácidos orgánicos. En la fase de alta temperatura (termófila), el NH<sub>4</sub> se convierte en NH<sub>3</sub>, se incrementa el pH y se vuelve alcalino y por último se acerca a valores casi neutros.
- Tamaño de partícula: la facilidad con la que los microorganismos puedan acceder al sustrato y la actividad microbiana que se produce depende del tamaño de las partículas.

- **Humedad:** es relevante para los microorganismos, usan el agua (medio) para el traslado de nutrientes y elementos energéticos mediante la membrana celular.

Para determinar el contenido de humedad se emplea la técnica del puño, para ello se toma una muestra del compost, se cierra la mano y aprieta, si esta técnica confirma que sale agua (flujo constante) del material, se infiere que el material posee más del 40% de humedad. Si el material no gotea y aún se forma al abrir la mano (moldeado), estimamos que el contenido de humedad está entre el 20% y el 30%, lo cual es óptimo. Finalmente, si abrimos el puño y el material se disgrega, asumimos que el material contiene menos del 20% de humedad (Buscalia y Rodriguez, 2002).

- **Relación carbono/nitrógeno (C: N):** varía dependiendo del material inicial y se calcula dividiendo el %C total por el contenido de %N total del material a compostar.

La relación de C/N adecuada (unidad de carbono por unidad de nitrógeno en el material) crea condiciones favorables para el crecimiento y la reproducción de microorganismos. La proporción óptima para iniciar el proceso de compostaje es entre 25:1 y 40:1 (NCAT, 2015).

Se utiliza el siguiente cálculo como referencia para determinar la relación C/N, pero se tiene en cuenta, que al utilizar la fórmula no se realiza ajustes para la humedad del material o la disponibilidad del C o N lo que introduciría un margen de error (Román et al.,2013).

$$\frac{C}{N} = \frac{(kg \text{ de material } n1 \times \text{relación } \frac{C}{N} \text{ de material } n1) + (kg \text{ de material } n2 \times \text{relación } \frac{C}{N} \text{ de material } n2) + \dots}{kg \text{ totales}}$$

### **2.2.2. Microorganismos eficientes**

Es una abreviatura de Effective Microorganisms (microorganismos eficaces, efectivos o eficientes), que son cultivos mixtos de diversos microorganismos naturales y beneficiosos que no han sido manipulados genéticamente; se encuentran en ecosistemas naturales y son fisiológicamente compatibles entre sí (Ecologic Maintenances, 2012).

La tecnología más favorable en el tratamiento de los residuos orgánicos es utilizar microorganismos eficientes, creando un compost de alta calidad, que cuando se mezclan con el suelo aumentarán el contenido de nutrientes para las plantas y mejorador del suelo (Nagasaki et al., 2019).

#### **2.2.2.1. Clasificación**

Fundases, (como se citó en Feijoo,2016) clasifica en cuatro tipos principales de microorganismos eficientes:

- Bacterias del ácido láctico: *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei*, *Streptococcus lactics*.
- Bacterias fotosintéticas: *Rhodopseudomonas plas-trus*, *Rhodobacter spaeroides*.
- Levaduras: *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida utilis*. Actinomicetes: *Streptomyces albus*, *Streptomyces griseus*.
- Actinomicetos: *Streptomyces albus*, *Streptomyces griseus*.
- Hongos de fermentación: *Aspergillus oryzae*, *Mucorhiemalis*

#### **2.2.2.2. Activación de los microorganismos eficientes (EM)**

Los EM en solución madre se encuentran inactivos, es decir, en un estado latente para su conservación a largo plazo, por lo que se deben activarse antes de su uso para obtener subproductos de EM; a fin que se obtenga una mayor población de microorganismos benéficos y minimice costos. Cabe señalar que la activación se lleva a cabo una sola vez, ya que la alteración repetidamente genera que se pierda el equilibrio de los microorganismos y no habrá garantías sobre su calidad y funcionalidad. En este caso es necesario tener en cuenta las disposiciones del fabricante para su activación, es decir, utilizar los mismos materiales y volúmenes que se han especificado (Infoagro, 2011).

#### **2.2.2.3. Inoculación de los microorganismos**

El objetivo principal de inocular a una pila de compostaje o compostera con microorganismos es reducir el tiempo de elaboración del abono orgánico, producir material microbiológica y nutricionalmente mejorado (Bejarano y Delgadillo, 2007).

Algunos beneficios de agregar microorganismos al compostaje incluyen:

- Acelera el aumento de temperatura, manteniendo la segunda fase del proceso del compostaje independientemente de la aireación y del entorno.
- Favorece la alteración aeróbica de los compuestos orgánicos, previniendo que la materia orgánica se descomponga por oxidación evitando que se liberen gases que producen olores desagradables (  $H_2SO_3$ ,  $NH_3$  y mercaptanos) Además, de prevenir la propagación de insectos portadores de enfermedades al no encontrar un entorno apropiado para crecer como es el caso de las moscas.
- Aumenta la eficiencia del uso de materia orgánica como fertilizante (compost) que al agregarse al suelo mejora sus propiedades físicas, químicas y microbiológica. Debido que durante la fermentación se libera y sintetiza sustancias y compuestos (aminoácidos, enzimas, vitaminas, sustancias bioactivas, hormonas y minerales) que se disuelven al mezclarse.

### **2.2.3. Marco Normativo**

#### **2.2.3.1. Ley General del Ambiente**

En su artículo 1° de la Ley N° 28611 (2005), menciona la potestad de toda persona a residir en un entorno sano, armonioso y apropiado para el progreso integral de la vida, así como la obligación de cooperar en el uso eficiente de los recursos naturales y la protección ambiental.

#### **2.2.3.2. La Política Nacional del Ambiente**

Según el mandato constituido en el artículo 67° de la Constitución Política del Perú y las leyes de protección ambiental, se presenta la Política Nacional del Ambiente, definiendo cómo las autoridades desde los ministerios hasta los gobiernos regionales y locales de hacer frente los problemas ambientales más importantes del país (Política Nacional del Ambiente,2009).

#### **2.2.3.3. Decreto legislativo N°1278-2016-MINAM, Ley de gestión integral de residuos sólidos.**

Suplanta la Ley N° 27314 Ley General de Residuos Sólidos.



Según el artículo 1° del Decreto Legislativo N°1278 (2016), su finalidad es decretar derechos, atribuciones, deberes y responsabilidades de la sociedad; a fin de asegurar la gestión integrada de los residuos sólidos según los principios de minimizar y prevenir riesgos ambientales, protegiendo la salud humana y la tranquilidad.

De acuerdo el artículo 31°; los residuos sólidos (RRSS) se dividen en peligrosos y no peligrosos según su manejo y según la autoridad gestora, residuos municipales y no municipales (Tabla 3).

**Tabla 3**

*Clasificación de los RRSS*

<b>MANEJO</b>	Peligrosos	
	No peligrosos	
	Municipal	Domiciliarios No domiciliarios Especiales
<b>GESTIÓN</b>		Industriales
		Construcción
	No municipal	Demolición Hospitalarios Otros

*Nota.* Datos tomados del artículo 31 D.L N°1278 (2016).

Señala en el artículo 24°, los gobiernos distritales tienen la obligación de impulsar y ejecutar gradualmente programas de segregación en la fuente y recolección selectiva de residuos sólidos en todas sus competencias, es decir, valorizar los residuos y asegurar su disposición final tecnológicamente adecuada.

Teniendo en cuenta el artículo 48°, establece que la valorización de los residuos sólidos puede darse de 2 tipos: valorización energética y material.

- Valorización energética: se realizan operaciones empleando residuos destinadas a utilizar su potencial energético (coprocesamiento, coincineración, producción de energía acorde a procesos de biodegradación, biochar; etc.).

- Valorización material: tales como reutilización, reciclado, compostaje, recuperación de aceites, bio-conversión; entre otras que demuestren viabilidad técnica, económica o ambiental mediante procesos de transformación física y química.

Cabe resaltar que el artículo 51°, señala que los gobiernos municipales tienen la obligación de valorizar los residuos orgánicos procedentes principalmente de las zonas verdes y mercados urbanos, y si es posible, los residuos orgánicos de los hogares.

#### **2.2.3.4. Decreto Legislativo N°1501-2020-MINAM**

Según el artículo 34° del Decreto Legislativo N°1501 (2020), establece de manera obligatoria que se implemente la segregación en la fuente de los residuos municipales y no municipales.

#### **2.2.3.5. Política nacional del ambiente al 2030**

Fue aprobada por el Consejo de ministros mediante el Decreto Supremo N°023-2021-MINAM.

Tiene por objetivos la obligación disminuir la pérdida de biodiversidad, la deforestación, así mismo, disminuir la polución (aire, agua y suelo) y potenciar la gestión de los residuos sólidos. Propone que para el 2030 disminuirá la vulnerabilidad al cambio climático y las emisiones de GEI, a su vez, un desarrollo de la ecoeficiencia en la fabricación de bienes y servicios, públicos y privados, hacia una economía circular. Esto permite el uso más eficiente de los recursos; respaldado por una mejor gestión, investigación y la educación ambiental (Política Nacional del Ambiente, 2021).

#### **2.2.3.6. Política nacional de educación ambiental. Aprobado por Decreto Supremo 017-2012-ED.**

Es un instrumento para desarrollar la educación, cultura y ciudadanía ambiental nacional orientada a la formación de una sociedad peruana sostenible, competitiva, inclusiva y con identidad (Ministerio del Ambiente, 2012).

#### **2.2.3.7. Resolución ministerial N°003-2023-MINAM**

Aprobar el instructivo para elaborar e implementar el Programa Municipal de Educación, Cultura y Ciudadanía Ambiental (EDUCCA), es una herramienta de

planificación y gestión de los gobiernos locales para la implementación de la Política nacional del ambiente y la Política nacional de educación ambiental. El objetivo del programa es mejorar el nivel de de cultura ambiental de la población (Ministerio del Ambiente, 2023).

#### **2.2.3.8. NCh 2880.of2004 Compost-Clasificación y requisitos**

Tiene por objeto establecer requisitos de clasificación y calidad de los abonos orgánicos obtenidos a partir de residuos orgánicos y otras materias orgánicas en general resultantes de actividades humanas: agroindustriales, agrícolas, forestales, ganaderas, pesqueras, mercados y ferias libres donde se comercializan productos vegetales, mantenimiento de parques y jardines, residuos orgánicos domiciliarios, lodos procedentes tanto de plantas depuradoras de aguas servidas como de residuos industriales líquidos. Según el nivel de calidad, el compost se divide en compost clase A (sin restricciones de uso) y compost clase B (pueden aplicarse algunas restricciones de uso si su conductividad eléctrica excede los tres decisiemens por metro (3Ds/M)) (INN,2004).

#### **2.2.3.9. NTP 201.208:2021 Fertilizantes. Compost a partir de residuos sólidos orgánicos municipales (RSOM). Requisitos**

Específica requisitos para el compostaje de RSOM, provenientes de mercados, ferias, áreas verdes, domiciliarios, restaurantes y establecimientos de servicios de alimentos; para uso en mantenimiento y reforestación de áreas verdes, paisajismo, parques, jardines, floristería y otros fines parecidos. Cabe señalar que esta norma no aplica para los compost elaborados a partir de residuos agrícolas, pecuarios, agroindustriales, forestales, residuos líquidos orgánicos; y residuos peligrosos (Andina,2021).

#### **2.2.3.10. Manual de compostaje del agricultor**

La finalidad del manual es dar a conocer las tecnologías apropiadas para originar un producto de calidad para su uso como abono en parcelas de los hogares. El manual presenta el enfoque agrícola de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) como es la intensificación sostenible de la producción agrícola (ISPA), en el que la misma superficie de tierra produce más al mismo tiempo, lo que permite conservar los recursos, reducir los efectos

negativos ambientales y mejorar la provisión de capital natural y servicios ecosistémicos (Román et al., 2013).

#### **2.2.3.11. Ordenanza N°350 - MDVMT**

Aprueba el programa municipal de educación, cultura y ciudadanía ambiental de la municipalidad distrital de Villa María del Triunfo; esto permite continuar trabajando en la promoción de la implicación ciudadana con el objetivo de mejorar el nivel de cultura ambiental de los ciudadanos y promover práctica de la ciudadanía ambiental en los términos municipales (El Peruano,2023).

### **2.3. Definición de términos básicos**

- **Actinomicetos:** es una estructura intermedia entre bacterias y hongos, pueden coexistir con bacterias fotosintéticas y producen sustancias antimicrobianas a partir de los aminoácidos y azúcares producidos por bacterias fotosintéticas y materia orgánica (Luna y Mesa, 2016).
- **Activador:** estimulante de la descomposición de materia orgánica que contiene grandes cantidades de proteínas y aminoácidos (Navarro, 2002).
- **Asentamiento humano:** es un conglomerado demográfico en el que todos los sistemas de convivencia coexistan dentro de un territorio físicamente ubicado, teniendo en cuenta los elementos naturales y las estructuras físicas que lo componen (Diario Oficial de la Federación, 1993).
- **Bacterias ácido lácticas:** producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos sintetizados por bacterias fototróficas y levaduras (Cabeza, 2019).
- **Bacterias fotosintéticas:** se trata de bacterias autótrofas que sintetizan sustancias beneficiosas a partir de secreciones de raíces, materia orgánica y gases tóxicos, utilizando la luz solar y la temperatura del suelo como fuente de energía (Arias, 2010).
- **Bioflash:** es un líquido concentrado microbiano que contiene un consorcio de microorganismos eficientes que aceleran los tratamientos de los residuos sólidos orgánicos (El Comercio, 2020).

- **Hongos de fermentación:** actúan descomponiendo rápidamente materia orgánica, produciendo alcoholes, ésteres y sustancias antimicrobianas, al tiempo que previenen la aparición de insectos dañinos y larvas de moscas (APNAN ,2003).
- **Inoculante:** se trata de cultivos bacterianos especiales o medios aislados en los que se encuentran los organismos encargados de descomponer la fracción orgánica (Navarro, 2002).
- **Levaduras:** sintetizan sustancias antimicrobiales y beneficiosas para el crecimiento de las plantas a partir de aminoácidos y azúcares secretados por bacterias fototróficas, materia orgánica y raíces de plantas (Franz Peter Mau, 2002).
- **Pila de compostaje:** la materia prima se apila en el suelo o pavimento, sin presión excesiva. Se divide en pilas estáticas o con volteo (Sánchez y Hidalgo,2006).
- **Pila con volteo:** se caracteriza por un mezclado manual periódico para homogeneizar la mezcla y su temperatura, eliminar el calor excesivo, controlar la humedad y aumentar la porosidad de la pila para mejorar la ventilación (Sánchez y Hidalgo,2006).
- **Residuos orgánicos:** se pueden generar en ámbitos municipales y no municipal, son residuos biodegradables o sujetos a descomposición (DL N° 1278, 2016).
- **Residuos sólidos:** es todo objeto, material, sustancia o componente que, como consecuencia del proceso de consumo y desarrollo de actividades humanas (uso de bienes o servicios) su poseedor dispone o tiene la intención u obligación de desprenderse y que necesita ser gestionado de tal manera que se dé prioridad su valorización y, en última instancia su disposición final (DL N° 1278, 2016).
- **Segregación:** es el acto de separar en la fuente de generación los residuos sólidos según sus propiedades físicas, químicas o biológicas para permitir su valorización o disposición final (DL N° 1278, 2016).

- **Tratamiento:** cualquier proceso, método o técnica que altere las propiedades físicas, químicas o biológicas de los residuos sólidos en preparación para su posterior valorización o disposición final (DL N° 1278, 2016).
- **Valorización:** los residuos sólidos son transformados química y/o biológicamente de manera parcial o en su totalidad como materia prima o recurso en diferentes tratamientos y durante la recuperación de los elementos o materiales (DL N° 1501, 2020).

## **CAPÍTULO III**

### **DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL**

#### **3.1. Determinación y análisis del problema**

La presente investigación se establece en base a la I.E. N°6084 San Martín de Porres del distrito de Villa María del Triunfo, personas que carecen de educación ambiental; en el manejo, control e implementación de un tratamiento para los residuos orgánicos; ya que solo se enfocan en realizar su recolección y deshacerse de estos residuos; no son conscientes de los problemas que una gestión inadecuada de estos residuos puede afectar a la salud humana y al ambiente.

Al elegir por un sistema sustentable, simple y económico para los residuos orgánicos sean manejados, controlados y en el menor tiempo posible, lo que es, el compostaje utilizando microorganismos eficientes, la misma institución educativa sería beneficiario del producto final (compost), el cual será utilizado en sus áreas verdes y en la implementación de un biohuerto para el nivel secundaria; así mismo, se busca replicar esta investigación por el alumnado mediante la implementación de composteras domésticas (caseras).

#### **3.2 Modelo de solución propuesto:**


##### **3.2.1. *Formatos, materiales, equipos e insumos***

###### **3.2.1.1. Formatos de registro para el proceso de compostaje**

- Formato para el control de pesaje de los residuos orgánicos recolectados (Tabla 4).
- Formato de control de la temperatura (Tabla 5), el control del pH y humedad (Tabla 6); y parámetros cualitativos del proceso de compostaje (Tabla 7).

**Tabla 4***Formato de pesaje de los residuos orgánicos recolectados.*


---

 **UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR**

---

**"VI PROGRAMA DE TITULACIÓN POR LA MODALIDAD DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL"**

---

Efecto de los microorganismos eficientes en el compostaje para el tratamiento de residuos orgánicos en la I.E. N°6084 San Martín de Porres, V.M.T, Lima, 2023.

---

**Postulante:** Gutierrez Heras , Anais Emilia.


---

N°	Tipo de materia prima	Origen	Peso (Kg)
1			
2			
3			

---

**Tabla 5***Formato de medición de la temperatura del proceso de compostaje.*


---

 **UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR**

---

**"VI PROGRAMA DE TITULACIÓN POR LA MODALIDAD DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL"**

---

Efecto de los microorganismos eficientes en el compostaje para el tratamiento de residuos orgánicos en la I.E. N°6084 San Martín de Porres, V.M.T, Lima, 2023.

---

**Postulante:** Gutierrez Heras, Anais Emilia.

---

Día	T° (°C)	T° promedio (°C)	Día	T° (°C)	T° promedio (°C)	Día	T° (°C)	T° promedio (°C)
A			A			A		
B			B			B		
C			C			C		


---



**Tabla 6**

*Formato de medición de pH y humedad del proceso de compostaje.*

---



**UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR**

---

**"VI PROGRAMA DE TITULACIÓN POR LA MODALIDAD DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL"**

---

Efecto de los microorganismos eficientes en el compostaje para el tratamiento de residuos orgánicos en la I.E. N°6084 San Martín de Porres, V.M.T,Lima, 2023.

---

**Postulante:** Gutierrez Heras, Anais Emilia.

---


<b>Día</b>	<b>N° de volteo</b>	<b>pH</b>	<b>Humedad</b>

---

**Tabla 7**

*Formato del control de parámetros cualitativos del proceso de compostaje.*

---



**UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR**

---

**"VI PROGRAMA DE TITULACIÓN POR LA MODALIDAD DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL"**

---

Efecto de los microorganismos eficientes en el proceso de compostaje para el tratamiento de residuos orgánicos en la I.E. N°6084 San Martín de Porres, V.M.T,Lima, 2023.

---

**Postulante:** Gutierrez Heras, Anais Emilia.

---

<b>Parámetros cualitativos</b>					
<b>Día</b>	<b>N° de volteo</b>	<b>Color de la pila</b>	<b>Olor</b>	<b>Vectores</b>	<b>Observación</b>

---

### **3.2.1.2. Materiales de campo**

Los materiales de campo utilizados en el presente trabajo de suficiencia profesional fueron los siguientes:

- Plástico doble cara azul/negro grueso de 6 micras
- Baldes de plástico de 20litros
- Pulverizador
- Tiras de papel tornasol
- Lampa
- Rastrillo
- Tamiz de malla galvanizada de 1/2 pulgada
- Saco de rafia
- Tablero
- Lapicero
- Wincha
- Bolsa ziploc

### **3.2.1.3. Materiales de oficina**

Los materiales de oficina utilizados en el presente trabajo de suficiencia profesional fueron los siguientes:

- Laptop
- Registro de datos de campo (Excel)

### **3.2.1.4. Equipos**

Los equipos utilizados en el presente trabajo de suficiencia profesional fueron los siguientes:

- Celular
- Termómetro digital (-50° + 300°Celsius)
- Balanza eléctrica portátil (50Kg)
- Balanza electrónica digital de (10Kg)

### **3.2.1.5. Insumos**

Los insumos utilizados en el presente trabajo de suficiencia profesional fueron los siguientes:

- Residuos de poda

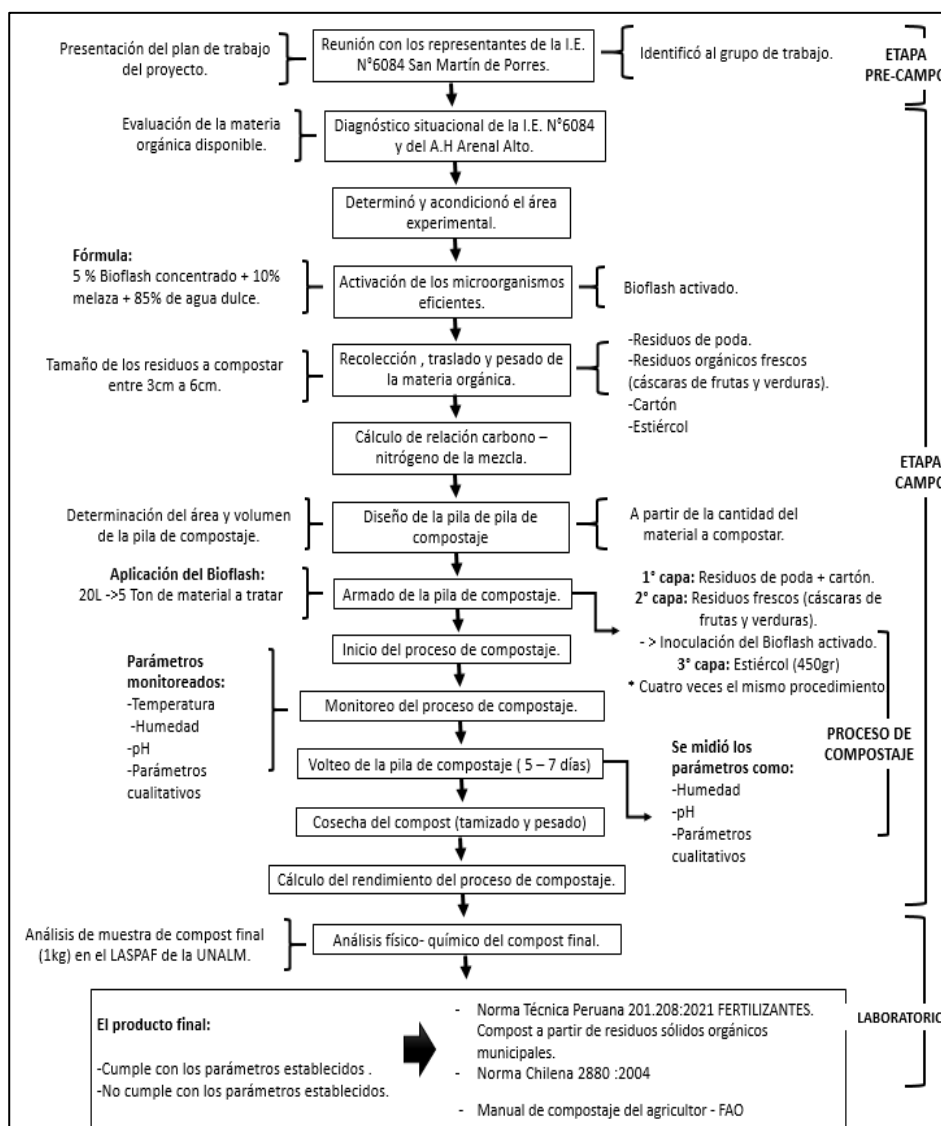
- Residuos orgánicos frescos (cáscaras de frutas y verduras)
- Cartón
- Estiércol
- Bioflash
- Melaza

### 3.2.2. Descripción del procedimiento

Se llevó a cabo el siguiente procedimiento para evaluar el efecto de los microorganismos eficientes en el proceso de compostaje para el tratamiento de residuos orgánicos, para ello, se consideró una etapa pre campo (Anexo 8), campo (Anexo 9) y laboratorio (Figura 2).

**Figura 2**

*Flujograma de la investigación.*



### **Etapa pre – campo**

- Se llevó a cabo una reunión con los representantes de la I.E. N°6084 San Martín de Porres; para la presentación del plan de trabajo del proyecto (Anexo 11); con la finalidad de que se comprometan y trabajen bajo responsabilidad, y con la aprobación del director de la institución se dio inicio del proyecto (Anexo 14).
- Se identificó el equipo de trabajo, por lo cual, se decidió trabajar directamente con los alumnos de quinto de secundaria y con la profesora de ciencia, tecnología y medio ambiente (CTA) (Figura 3); quienes fueron capacitados a lo largo del proceso de compostaje de manera teórica y práctica desde la generación de los residuos orgánicos hasta el tamizado del producto final del compostaje (compost). Así mismo, a los demás grados de secundaria se les dio a conocer en lo que iba a consistir el proyecto y se pegó en la pared de sus salones un flyer titulado ¿Qué residuos se pueden compostar y cuáles no?.

### **Figura 3**

*Capacitación al alumnado de 5to de secundaria y a la profesora de CTA.*



### **Etapa campo**

- Se evaluó la materia orgánica disponible, con la finalidad de establecer la cantidad y calidad de la materia orgánica que se dispondrá. Para ello, se llevó a cabo el diagnóstico de la I.E. N°6084 SMP y del asentamiento humano Arenal Alto.

Al realizar el diagnóstico situacional de la generación de residuos orgánicos de la I.E., se pudo visualizar que poseen una cantidad considerable de residuos orgánicos secos; por ejemplo: residuos de poda (hojas, ramas, grass, maleza y troncos) de la poda y mantenimiento de las áreas verdes. Y con respecto a la generación de residuos orgánicos del asentamiento humano Arenal Alto, los alumnos de quinto de secundario juntaron sus residuos orgánicos frescos (cáscaras de frutas y verduras) por 7 días. Así mismo, se identificó que también poseían cartones; por lo cual, fue considerado como residuo orgánico seco. Por otro lado, de acuerdo a los indicadores de residuos sólidos del año 2022, el distrito de Villa María del Triunfo presentó un total de 448,775 de población y esta generó un total de 103,822.71 ton/año de residuos orgánicos municipales (MINAM, 2023).

En base a lo anterior se determinó que la generación per cápita de residuos orgánicos municipales sería de 0.63 Kg/hab/día. Dato que sirvió de manera referencial para determinar el área experimental.

- Se determinó y acondicionó el área experimental, para la obtención del compost se delimitó un área de 4.4 m<sup>2</sup>, dicho lugar es de fácil acceso, alejado de las aulas, además, con la finalidad de aprovechar el terreno en desuso que tiene la institución (Figura 4).

#### **Figura 4**

*Área experimental para la pila de compostaje.*



- Se usó el producto de Bioflash; concentrado líquido microbiano conformado por microorganismos eficientes; que es de fácil manipulación y respaldado por INCUBAGRARIA, de la Universidad Nacional Agraria de la Molina (Anexo 3).

Al ser el Bioflash un concentrado de microorganismos y encontrarse en solución madre se realizó su activación para su uso; por lo cual, la activación se llevó a cabo en base a lo indicado por el fabricante de la siguiente manera:

**Materiales:** 01 de balde 10 litros y 01 jarra de 1 litro.

**Insumos:** 100 ml de Bioflash y 200 ml de melaza.

Cabe señalar, que 20 litros de Bioflash activado es para 05 toneladas de material a tratar.

### Figura 5

*100 ml de Biosflash*



### Procedimiento:

**Paso 1:** en un balde 10 litros se vertió 1.7 litros de agua, posteriormente se agregó 200 ml de melaza y se mezcló hasta que se diluya completamente.

**Paso 2:** a la solución obtenida se agregó 100ml de Bioflash, y de igual manera se mezcló (Figura 6).

## Figura 6

*Solución de melaza con Bioflash en agua.*



**Paso 3:** la mezcla se dejó reposar por 5 días bajo sombra y con la tapa cerrada para su posterior utilización (Figura 7).

## Figura 7

*Bioflash activado*



- Para la recolección de la materia prima se consideró previamente tomar en cuenta el tamaño de las partículas de los residuos a compostar; estos midieron entre 3 a 6 cm para así favorecer la descomposición y una correcta mezcla. Transcurrido la semana, el alumnado trasladó sus residuos orgánicos frescos a la institución (área experimental) (Figura 8); lo cual, fueron pesados con la ayuda de una balanza eléctrica portátil, y de igual manera el cartón, los residuos de poda y el estiércol (Figura 9) para su posterior registro (Anexo 1).



**Figura 8**

*Traslado de los residuos orgánicos frescos al área experimental.*



**Figura 9**

*Pesado de los residuos de poda proveniente de la I.E. N°6084 SMP.*



Las familias que participaron fueron 20 con aproximadamente 3 personas dentro su núcleo familiar, recolectando un total de 164.29 Kg de residuos orgánicos frescos y de cartón 4.30Kg (Tabla 8).

**Tabla 8**

*Total de residuos recolectados.*

<b>Tipo de residuos</b>	<b>Cantidad de residuos recolectados (Kg)</b>
Residuos orgánico frescos (verduras y frutas)	164.29



Residuos de poda	117.20
Cartón	4.30
Estiércol	1.80
TOTAL	287.59

El estiércol vacuno fue donación de un establo de Lurín y sirvió solamente como activador.

- Con las cantidades de residuos recolectados y la relación de C/N de cada material se calculó como referencia la relación C/N inicial del proceso de compostaje (Tabla 9)

**Tabla 9**

*Relación de C/N de cada material a compostar.*

Residuos a compostar	Cantidad a compostar (Kg)	Relación de C/N
Residuos orgánicos frescos (verduras y frutas)	164.29	19: 1 <sup>a</sup>
Residuos de poda	117.20	44:1 <sup>b</sup>
Cartón	4.30	350:1 <sup>c</sup>
Estiércol vacuno	1.80	25:1 <sup>d</sup>

*Nota.* <sup>a</sup>Ayuntamiento de Rojales (2017). <sup>b</sup> Román et al. (2013). <sup>c</sup>Fernández (2022). <sup>d</sup>Román et al. (2013).

Fórmula empleada para hallar la relación C/N inicial del proceso de compostaje:

$$\frac{C}{N} = \frac{(kg \text{ de material } n1 \times relación \frac{C}{N} \text{ de material } n1) + (kg \text{ de material } n2 \times relación \frac{C}{N} \text{ de material } n2) + \dots}{kg \text{ totales}}$$

$$\frac{C}{N} = \frac{(164.29 * 19) + (117.20 * 44) + (4.3 * 350) + (1.8 * 25)}{287.59}$$

$$\frac{C}{N} = 34.17$$

El valor resultante fue de 34.17 y está dentro del rango establecido, y esto significa que se puede realizar el armado de la pila de compostaje con las cantidades de los residuos obtenidas.

- Pero, antes de realizar el armado de la pila; se determinó su área y volumen. En base de las condiciones que se ha realizado el trabajo de investigación, se determinó las dimensiones de la pila a partir de la cantidad del material a compostar de la siguiente manera:

Primero, fue necesario conocer la densidad de los materiales a utilizar en el proceso de compostaje; y con ello hallar el volumen de la pila de compostaje.

$$d = \frac{m(kg)}{v (m^3)}$$

**Donde:**

d: densidad ( $\frac{kg}{m^3}$ )

m: masa expresada en *kg*

v: volumen ( $m^3$ )

Para ello, se utilizó un balde vacío con peso de 0.27 Kg y una capacidad de 10 litros ( $0.01m^3$ ), y se procedió a llenarlo con los materiales a compostar y nos dio un peso de 3.10 Kg. Para reemplazar en la fórmula anterior se restó el peso del balde con los materiales menos el peso del balde vacío y dio como resultado 2.83 Kg, se reemplazó en la fórmula, lo que resultó:

$$d = \frac{2.83(kg)}{0.01 (m^3)}$$

$$d = 283 \frac{kg}{m^3}$$

El valor resultante fue reemplazado en la fórmula nuevamente para hallar el volumen de la pila de compostaje; y este sería:

$$283 \frac{kg}{m^3} = \frac{287.59(kg)}{x}$$

$$x = 1.02m^3$$

En la Figura 10 se muestra las dimensiones de la pila de compostaje, para ello se usó la fórmula del volumen de un paralelepípedo:

$$volumen_{paralelepípedo} = ancho(m) * largo(m) * altura(m)$$

$$1.02m^3 = 1.5m * x * 0.9m$$

$$x = 0.76m$$

**Figura 10**

*Dimensiones de la pila de compostaje.*



A continuación, se muestra las consideraciones generales de la pila de compostaje (Tabla 10).

**Tabla 10**

*Consideraciones generales del diseño de la pila de compostaje.*

Largo (L)	0.76m
Ancho (A)	1.50m
Altura (H)	0.90m
Área	$1.14m^2$
Volumen	$1.02m^3$
Tiempo de duración	47 días

- Para la aplicación del Bioflash se tomó en cuenta lo establecido por el fabricante, 20 litros de Bioflash activado es para 5 toneladas de material orgánico a compostar. Después de 5 días que se dejó reposar se realizó el cálculo para 287.59 Kg (cantidad de la mezcla) y hacer uso de la cantidad necesaria para la pila de compostaje; mediante el cálculo por regla de tres simples.

$$\begin{array}{r} 20 \text{ litros Biosflash activado} \text{ -----} 5000 \text{ Kg} \\ X \text{ -----} 287.59 \text{ Kg} \end{array}$$

$$x = \frac{287.59 \text{ kg} * 20 \text{ litros}}{5000 \text{ Kg}}$$

$$x = 1.15 \text{ litros Bioflash activado}$$

- Se realizó la inoculación de los microorganismos eficientes (Bioflash) al momento de armar la pila de compostaje y para cada volteo.  
Al momento de armar la pila, se pulverizó 150ml de Bioflash activado después de agregar la capa de residuos orgánicos frescos (Figura 11).  
En el primer y segundo volteo se pulverizó 100 ml c/u; y desde el tercero al séptimo volteo 70 ml c/u (Tabla 11).

**Tabla 11**

*Cantidad de Bioflash activado utilizado en la pila de compostaje.*

Cantidad de Bioflash activado		Momento de aplicación del Bioflash activado
Total	Sub total	
		Instalación de la pila (4 capas de residuos orgánicos)
	600 ml	150 ml * 4 veces = 600 ml
1150 ml Bioflash activado	100 ml	1° volteo
	100 ml	2° volteo
	70 ml	3° volteo
	70 ml	4° volteo
	70 ml	5° volteo
	70 ml	6° volteo

**Figura 11**

*Aplicación del Bioflash activado en el armado de la pila de compostaje.*



- Se realizó el armado de la pila de compostaje y se dio inicio el proceso de compostaje de la siguiente manera:

Primero, se colocó los residuos de poda (Figura 12); luego los residuos orgánicos frescos para posteriormente pulverizar 150ml de Bioflash activado y por último espolvorear 450gr de estiércol; en el caso del cartón fue mezclado en cada capa de residuos de poda (Tabla 12).

El procedimiento se desarrolló 4 veces (Figura 13); ya que se alcanzó la altura establecida de 90cm. Y se concluyó tapando la pila de compostaje con el plástico doble cara.

**Tabla 12**

*Implementación de la pila de compostaje.*

---

	<b>1° Capa:</b> Residuos de poda + cartón
	<b>2° Capa:</b> Residuos frescos (cáscaras de frutas y verduras)
<b>Procedimiento</b>	Inoculación del Bioflash activado (150ml)
	<b>3° Capa:</b> Estiércol (450gr)

---

**Figura 12**

*Armado de la base de la pila de compostaje.*



**Figura 13**

*Armado de la capa de residuos secos.*



- Durante el proceso de compostaje, se realizó en 4 oportunidades con los alumnos de quinto grado de secundaria el monitoreo de los parámetros de campo; para ello se elaboró un manual de los parámetros de campo durante el proceso de compostaje (Anexo 12), este fue compartido al alumnado con la finalidad que conozcan y realicen en campo los pasos a seguir para las mediciones.

Los parámetros que fueron monitoreados fueron: aireación, temperatura, humedad, potencial de hidrógeno (pH) y parámetros cualitativos.



- La aireación de la pila de compostaje se realizó con el volteo y este se desarrolló cada 5 a 7 días, con la finalidad de facilitar la oxigenación y evitar la compactación con la ayuda de pala y rastrillo para el armado posterior de la pila de compostaje (Figura 14). Mientras, se realizaba la actividad se pulverizaba el Bioflash activado; así mismo, el día que se efectuaba el volteo se llevaba a cabo la medición de parámetros de campo como el pH, humedad y control de parámetros cualitativos.

La pila de compostaje se mantuvo cubierta con un plástico de doble cara después del armado y de cada volteo.

### **Figura 14**

*Volteo de la pila de compostaje.*



- Al realizar el control de temperatura se usó un termómetro digital que mide un rango de T° de  $-50^{\circ} + 300^{\circ}$ Celsius ( $-58^{\circ}$  a  $572^{\circ}$  Fahrenheit). Se llevó a cabo el registro de las mediciones de temperatura, con una frecuencia diaria (excepto los días domingos) (Anexo 2). Para ello, de manera imaginaria se cortó la pila de compostaje en 3 partes iguales, y se tomó 3 mediciones (en cada extremo y otra en el centro a una profundidad de 29 cm) a fin de obtener la temperatura promedio por día (Figura 15).

### **Figura 15**

*Medición de temperatura de la pila de compostaje.*



- La medición de la humedad se realizó en cada volteo de la pila de compostaje y se aplicó la técnica convencional establecida por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) “Técnica del Puño Cerrado”, para ello se consideró en tomar una muestra representativa de la pila de compostaje de manera manual, se ubicó el punto medio de la pila; tanto en superficie, como en la altura de la pila (Figura 16).

### **Figura 16**

*Medición de humedad de la pila de compostaje.*



- En la Medición del potencial de hidrógeno (pH) se utilizó las tiras de papel tornasol para suelo y las indicaciones del fabricante, estas mediciones se



realizaron en cada volteo de la pila de compostaje de acuerdo al siguiente procedimiento:

Paso 1: se tomó la muestra del centro de la pila a 40cm de profundidad.

Paso 2: se recogió la muestra y agregó agua en un recipiente en relación 1:2 (muestra de la pila de compostaje: agua) dejando reposar la solución por 30min antes de realizar la prueba.

Paso 3: se sumergió la tira de tornasol en la solución durante 3s, luego se retiró y se sostuvo horizontalmente la tira por 60s.

Paso 4: Se comparó la tira con la tabla de colores de pH del envase para su lectura inmediatamente y obtener resultados precisos (Figura 17).

Paso 5: Se tomó nota del resultado en la ficha de medición de pH.

### Figura 17

*Medición del pH de la pila de compostaje.*



- En el control de parámetros cualitativos se consideró el color de la pila de compostaje, presencia de olores y vectores; el cual fueron monitoreado en cada volteo de la pila compostaje para su posterior registro.
- Finalizado el proceso de compostaje se realizó la cosecha del compost, para elaborar el tamiz se utilizó una malla galvanizada 1/2 pulgada (Figura 18), el compost fue pesado y almacenado en sacos de rafia para su posterior uso en la implementación del biohuerto escolar (Anexo 10).

**Figura 18**

*Tamizado del compost.*



- Se tomó 1Kg de compost tamizado para su análisis de parámetros físico-químicos como muestra del proceso del compostaje de residuos orgánicos con la aplicación de microorganismos eficientes (Figura 19).

**Figura 19**

*Pesado y rotulado de la muestra de compost.*



- Además, se calculó el rendimiento del proceso de compostaje obtenido mediante la siguiente fórmula.

$$R(\%) = \frac{Cf}{Ci} * 100$$

Donde:

R: rendimiento del compostaje %

Cf: peso del compost final (Kg)

Ci: peso del material total inicial (Kg)

### **Etapa de laboratorio**

La muestra fue analizada en el laboratorio de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes (LASPAF) de la Universidad Nacional Agraria la Molina para evaluar los parámetros físico- químicos del compost obtenido en la institución y fueron los siguientes parámetros: densidad, humedad (%), nitrógeno (%), pentóxido de fósforo (%), óxido de potasio (%), óxido de calcio (%), óxido de magnesio (%), óxido de sodio (%), pH, conductividad eléctrica, materia orgánica (%), relación C/N y CIC total. Los datos obtenidos fueron comparados e interpretados en base a la Norma Técnica Peruana 201.208:2021 FERTILIZANTES (Anexo 5), manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina de la FAO (Anexo 6) y la NCh2880.of2004 (Anexo 7).

### **3.3 Resultados**

El cronograma de actividades realizadas para el trabajo de suficiencia profesional es el siguiente (Tabla 13).

**Tabla 13**

*Cronograma de actividades para la ejecución del trabajo de suficiencia profesional.*

Cronograma de actividades del trabajo de suficiencia profesional:	Indicadores		MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT
	Medida	Cantidad						
<b>Etapas Pre campo</b>								
Reunión con los representantes de la I.E N°6084 San Martín de Porres	Número de reuniones	1	x					
<b>Etapas campo</b>								
Diagnóstico situacional de la I.E N°6084 San Martín de Porres y del A.H. Arenal Alto.	Informe del diagnóstico situacional de la I.E y del A.H	1		x	x			
Determinó y acondicionó el área experimental.	Área experimental	4.4 m <sup>2</sup>		x	x			
Activación de los microorganismos eficientes (Bioflash activado)	ml de bioflash activado	1 150ml			x			
Recolección, traslado y pesado de la materia orgánica.	kg de materia orgánica recolectada	287.59 kg			x			
Cálculo de relación C/N de la mezcla	Relación C/N de la mezcla	34.17:1			x			
Diseño de la pila de compostaje.	Área de la pila de compostaje	1.14m <sup>2</sup>			x			

Armado de la pila de compostaje	Volumen de la pila de compostaje	1.02 m <sup>3</sup>	x	
Monitoreo durante el proceso de compostaje	Número de monitoreos	7	x	x
Cosecha del compost (tamizado y pesado)	kg de compost obtenido	71.25 Kg		x
Cálculo del rendimiento del proceso de compostaje.	% de rendimiento del proceso	24.77%		x
<b>Etapas laboratorio</b>				
Análisis físico- químico del compost final.	Informe de resultado del análisis físico-químico del compost	1		x

*Nota:* Cronograma de actividades realizadas para la evaluación del efecto de los microorganismos eficientes en el compostaje para el tratamiento de residuos orgánicos en la I.E. N°6084 San Martín de Porres de Villa María del Triunfo.

La descomposición de los residuos orgánicos se evaluó en relación a la temperatura y tiempo; en las cuales se observó las cuatro fases del proceso de compostaje: la mesófila duró 2 días, la termófila 15 días, enfriamiento 11 días y maduración 19 días, siendo en total 47 días (1 mes y 17 días) a comparación de un proceso convencional (sin EM) que dura aproximadamente entre 3 a 4 meses. Los datos obtenidos para el rendimiento del compost fueron los siguientes (Tabla 13):

**Tabla 14**

*Datos para el cálculo del rendimiento del proceso de compostaje.*

<b>Cf :</b>	71.25 Kg
<b>Ci :</b>	287.59 Kg
<b>Rendimiento :</b>	24.77%

*Nota:* Cf: Peso final del compost obtenido, Ci: Peso del material total inicial.

La pila de compostaje tuvo un peso total inicial de 287.59Kg y al culminar el proceso de compostaje se cosechó 71.25Kg del compost logrando una reducción de la materia orgánica al 75.23% con un rendimiento de 24.77%.

### **3.3.1. Resultados del monitoreo durante el proceso del compostaje**

- **Aireación**

El día 05 la pila de compostaje presentó una baja aireación, aumento de temperatura y de humedad; por la cual, fue necesario el volteo para mantener una aireación adecuada de la pila; así mismo, no perjudicar la actividad microbiana. En cambio, en los siguientes días la aireación fue óptima, pero se siguió con la programación de volteo y se realizó un total de 7 volteos durante el proceso de compostaje (Tabla 14).

**Tabla 15**

*Volteos en el proceso de compostaje.*

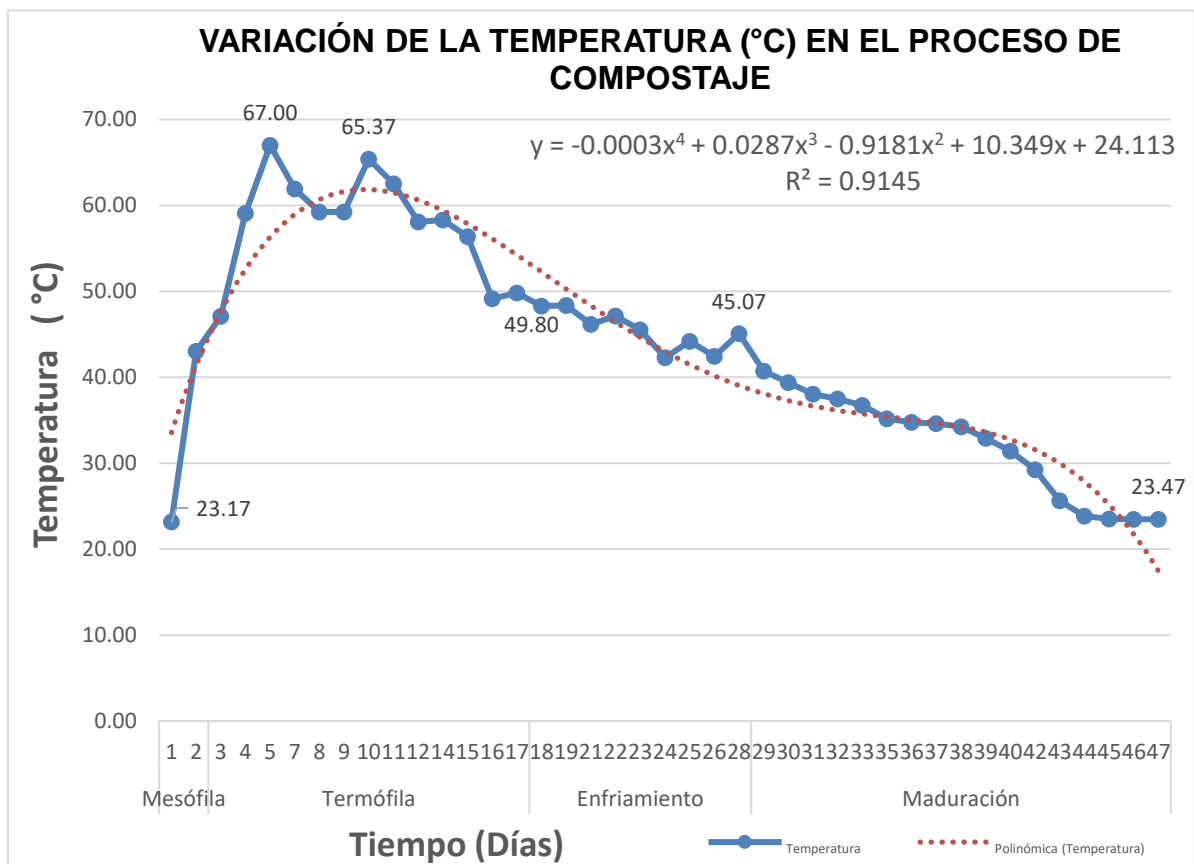
<b>Día</b>	<b>N° de volteo</b>	<b>Día</b>	<b>N° de volteos</b>
05	1er volteo	26	5to volteo
10	2do volteo	33	6to volteo
15	3er volteo	38	7to volteo
21	4to volteo		

- **Temperatura**

El proceso de compostaje se inició con la fase mesófila con una temperatura de 23.17 °C, en seguida pasó a la fase termófila y alcanzó su máxima temperatura al día 05, llegando a 67 °C; y esto es debido a la influencia de los EM que aceleran el incremento de la temperatura sin la necesidad de haber realizado previamente el volteo. Para el día 10 nuevamente la temperatura se incrementó hasta 65.37 °C, y a partir de ese momento, la temperatura empezó a decrecer; llegando a 49.80°C, esta fase duró 15 días y pasó a la fase de enfriamiento, hasta alcanzar a 45.07 °C, esta fase duró 11 días. Y, por último, la fase de maduración duró 19 días y finalizó el día 47 cuando la temperatura de la pila alcanzó 23.47 °C. Por otro lado, con el ajuste polinómica de grado cuatro se observa una línea de tendencia que se ajusta bien a la curvatura de los datos de la temperatura y se comprueba con el coeficiente de determinación del 91% (Figura 20).

**Figura 20**

*Variación de la temperatura en proceso de compostaje.*



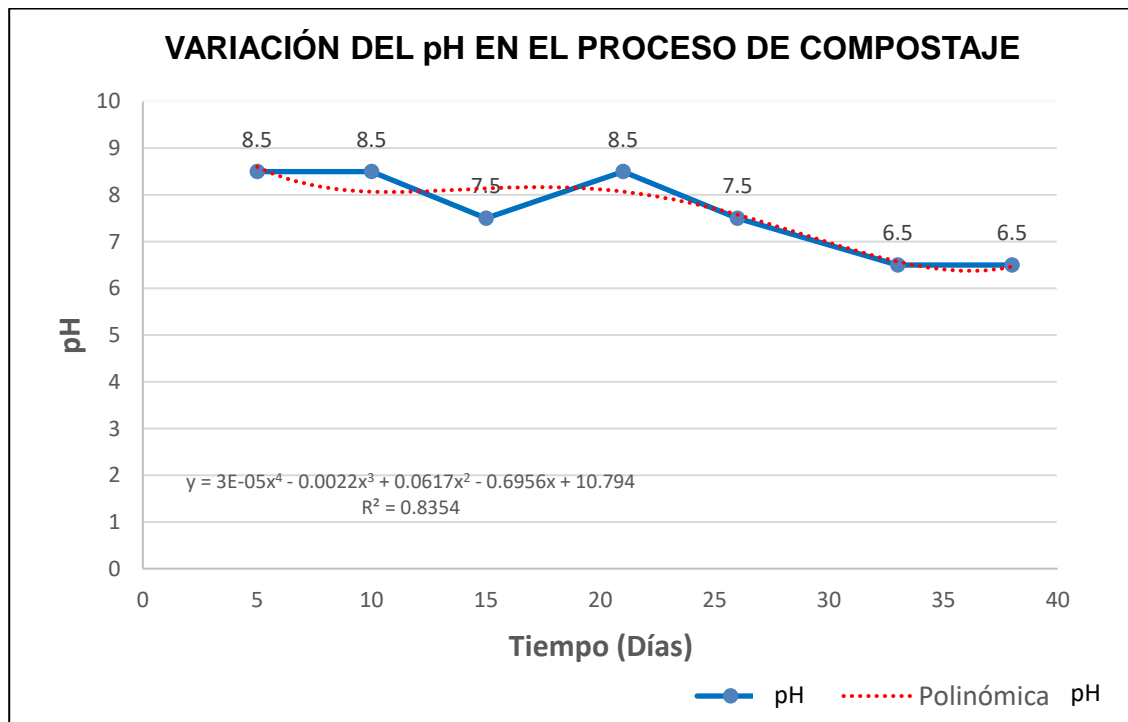
*Nota:*  $R^2$  es el coeficiente de determinación de la línea de tendencia.

- **Potencial de hidrógeno (pH)**

Cinco días después de iniciado el proceso de compostaje se registró un pH máximo de 8.5 para la fase termófila y así se mantuvo por cinco días. Al día 15 el pH bajó a 7.5, para luego, aumentar su alcalinidad a 8.5. Posteriormente a los 26 días se registró un pH de 7.5 en la fase de enfriamiento, y en los últimos 9 días del proceso que comprende la fase la maduración se observaron valores casi neutros, cuyo valor fue 6.5. Por otro lado, con el ajuste polinómica de grado cuatro se observó que la línea de tendencia se ajustaba bien a la curvatura de los datos de pH y se confirmó mediante un coeficiente de determinación del 84% (Figura 21).

**Figura 21**

*Variación del pH en el proceso de compostaje.*



*Nota:*  $R^2$  es el coeficiente de determinación de la línea de tendencia.

- **Humedad**


Transcurrido 5 días del proceso de compostaje se encontró en un medio húmedo; es decir se estimó que contiene más de un 40% de humedad. Y a partir del día 10 hasta finalizar el proceso se evidenció una humedad óptima (al abrir el puño de la mano con la muestra de compost permaneció



moldeado), lo cual, representó que se encontró entre 20% - 30% de humedad (Tabla 15).

**Tabla 16**


*Control de la humedad en el proceso de compostaje.*

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR</b>			
<b>"VI PROGRAMA DE TITULACIÓN POR LA MODALIDAD DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL"</b>			
Efecto de los microorganismos eficientes en el proceso de compostaje para el tratamiento de residuos orgánicos en el A.H Arenal Alto de V.M.T, Lima, 2023.			
<b>Postulante:</b> Gutierrez Heras, Anais Emilia.			
<b>Día</b>	<b>N° de volteo</b>	<b>pH</b>	<b>Humedad</b>
5	1er volteo	8.5	húmedo
10	2do volteo	8.5	óptimo
15	3er volteo	7.5	óptimo
21	4to volteo	8.5	óptimo
26	5to volteo	7.5	óptimo
33	6to volteo	6.5	óptimo
38	7to volteo	6.5	óptimo

- **Parámetros cualitativos**

En el primer volteo del día 5 la pila de compostaje se evidenció mosquitos y un olor a amoníaco; esto es debido a que en ese lapso el proceso de compostaje estuvo en la fase termófila y esto tiende a elevar la temperatura, generar mayor humedad y el medio se encontró con un pH alcalino. A partir del día 10, hasta finalizar el proceso, no hubo presencia de mosquitos ni olores desagradables gracias a que los microorganismos eficientes son capaces de contrarrestarlo (Tabla 16).

**Tabla 17***Parámetros cualitativos del proceso de compostaje.*

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR</b>					
<b>"VI PROGRAMA DE TITULACIÓN POR LA MODALIDAD DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL"</b>					
Efecto de los microorganismos eficientes en el proceso de compostaje para el tratamiento de residuos orgánicos en el A.H Arenal Alto de V.M.T,Lima, 2023.					
<b>Postulante:</b> Gutierrez Heras , Anais Emilia.					
<b>Parámetros cualitativos</b>					
<b>Día</b>	<b>Nº de volteo</b>	<b>Color de la pila</b>	<b>Olor</b>	<b>Vectores</b>	<b>Observación</b>
5	1er volteo		sí	sí	Residuos orgánicos no degradados, olor a amoníaco y presencia de mosquitos
10	2do volteo		no	no	Residuos orgánicos no degradados
15	3er volteo		no	no	Residuos orgánicos no degradados
21	4to volteo		no	no	Residuos parcialmente degradados
26	5to volteo		no	no	Residuos parcialmente degradados
33	6to volteo	marrón oscuro	no	no	Residuos parcialmente degradados
38	7to volteo	marrón oscuro	no	no	Residuos orgánicos degradados

**3.3.2. Resultados del análisis de parámetros físico –químicos del compost**

Los resultados del análisis de parámetros físico químico del compost obtenido del laboratorio de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes (LASPAF) de la Universidad Nacional Agraria la Molina (Anexo 4) fue comparado con las siguientes normas (Tabla 17).

**Tabla 18**

*Comparación con los parámetros de calidad del compost.*

	Unidad	Valores	NCh2880:2004		FAO:2013	Valores obtenidos
		según NTP 201.208:2021	Clase A	Clase B		
Densidad	Kg/m <sup>3</sup>	550 - 850	≤ 700	≤ 700	< 700	0.30 g/cc
Humedad	%	35 - 50	30 - 45	30 - 45	30 - 40	42.60%
pH		6.5 - 8.5	5.0 - 8.5	5.0 - 8.5	6.5 - 8.5	6.26
C.E	dS/m	2- 4	< 3	≤ 8	--	7.65 dS/m
M.O	%	≥ 20	≥ 20	≥ 20	≥ 20 %	34.42%
Relación C/N		25:1- 35:1	≤ 25	≤ 30	10:1 - 15:1	9.68
CIC total	cmol/Kg	> 65	--	--	--	44.80 meq/100g
N	%	0.3 - 1.5	≥ 0.5	≥ 0.5	0.3 - 1.5	2.06%
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	0.1 - 1.0	--	--	0.1- 1.0	2.80%
k <sub>2</sub> O	%	0.3 - 1.0	--	--	0.3 - 1.0	0.76%
CaO	%	2 - 6	--	--	--	3.05%
MgO	%	0.2 - 0.7	--	--	--	1.00%

*Nota:* Los valores resaltados representa que se cumplió con el rango establecido por cada estándar de calidad de compost. Fuente: Datos tomados de la norma chilena NCh2880of2004 (2004), Manual de compostaje del agricultor de la FAO (2013) y de la norma técnica peruana NTP 201.208:2021 (2021).

- **Densidad**

La densidad que se obtuvo de la muestra de compost presentó un valor de 0.30 g/cc que equivale a 300 kg/m<sup>3</sup>; encontrándose dentro del valor establecido por la NCh2880of2004 para la clase A y B, así como, de la FAO:2013; en cambio no cumplió para la NTP 201.208:2021.

- **Humedad**

Se obtuvo un 42.60% de humedad de la muestra de compost; este valor estuvo dentro del rango establecido por la NTP 201.208:2021 y la NCh2880of2004 clase A y B, en cambio superó el rango por la FAO:2013.

- **Potencial de hidrógeno (pH)**

Se verificó que el nivel de pH de la muestra de compost presentó un valor de 6.26 (ligeramente ácido); por tal motivo se determinó que no se encuentra dentro del rango establecido por la NTP 201.208:2021 ni de la FAO:2013; y si para la NCh2880of2004 clase A y B.

- **Conductividad eléctrica (C.E)**

El resultado obtenido de la muestra de compost fue de 7.65 dS/m, fue un valor elevado al óptimo expresado en la NTP 201.208:2021; en cambio cumple para la clase B de la NCh2880of2004. Por ello, al ser un valor superior presenta restricciones en su uso.

- **Materia orgánica (M.O)**

La muestra de compost obtuvo de materia orgánica 34.42%, superó el límite mínimo de contenido de M.O, que es  $\geq 20\%$  y cumplió con la NTP 201.208:2021, NCh2880of2004 clase A y B y la FAO:2013.

- **Relación C/N**

La muestra del compost obtuvo de relación de C/N 9.68; este valor se encontró dentro del rango establecido por la NCh2880of2004 clase A y B; pero por debajo de la NTP 201.208:2021 y de la FAO:2013.

- **Capacidad de intercambio catiónico (CIC)**

La CIC que se obtuvo fue 44.80 meq/100g que equivale a 44.80 cmol/Kg, este valor fue menor a lo establecido por la NTP 201.208:2021.

- **Contenido de nutrientes**

Con respecto al contenido de nutrientes se obtuvo de porcentaje de nitrógeno (N) 2.06% resultó ser superior al rango establecido por la NTP 201.208:2021 y la FAO:2013; en cambio, si cumplió para la NCh2880of2004 clase A y B. El pentóxido de fósforo ( $P_2O_5$ ) fue de 2.80% superior a los valores de la NTP 201.208:2021 y la FAO:2013; así mismo, sucedió para óxido de magnesio (MgO) cuyo resultado fue de 1% superior a lo establecido por la NTP 201.208:2021. El porcentaje de óxido de potasio ( $K_2O$ ) y el óxido de calcio (CaO)

que se obtuvo fue de 0.76% y 3.05% respectivamente; estos valores están dentro de lo establecido por la NTP 201.208: 2021.

## CONCLUSIONES

- Los microorganismos eficientes tuvieron un efecto en el proceso de compostaje de residuos orgánicos. Estos efectos fueron: en el tiempo de descomposición del proceso de compostaje, se obtuvo en un menor tiempo (47 días calendarios) a comparación de un proceso convencional que dura entre 3 a 4 meses; así mismo, en la variación de la temperatura en el proceso de compostaje, en que la fase termófila fue alcanzada con mayor rapidez, por su elevada temperatura.
- En el análisis físico químico del compost, cumplió con el rango de valores establecido por la norma técnica peruana NTP.201.208:2021 en cuanto a la humedad, materia orgánica, óxido de potasio y óxido de calcio. Para la FAO:2013 cumplió con los parámetros de densidad, humedad, materia orgánica y óxido de potasio. Con respecto a la NCh2880of2004 se determinó la clasificación de la muestra de compost de Clase B. Los micronutrientes como fósforo y magnesio excedieron los estándares de calidad de la NTP.201.208:2021 y de la FAO:2013.

## RECOMENDACIONES

- Realizar el estudio de caracterización de los residuos sólido para la I.E. N°6084 San Martín de Porres, con la finalidad de determinar la cantidad de generación de los residuos orgánicos.
- Realizar el análisis de parámetros físico químicos de los insumos utilizados en el proceso de compostaje; ya que, de ello depende los resultados al finalizar el proceso.
- Que forme parte del curso de ciencia, tecnología y ambiente (CTA) de las instituciones educativas; el incentivar al alumnado a valorizar los residuos orgánicos a fin de promover la educación ambiental.
- Continuar con las investigaciones sobre el compostaje u otros tratamientos con la aplicación de microorganismos eficientes, ya que contribuye a la valorización de los residuos orgánicos municipales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez, J. (2022). *4 beneficios de la valorización de residuos sólidos en el Perú*.  
<https://ogreen.com.pe/gestion-ambiental/beneficios-valorizacion-residuos-solidos/>
- Andina. (2021). *Aprueban norma técnica para elaborar compost con residuos sólidos orgánicos municipales*. <https://andina.pe/agencia/noticia-aprueban-norma-tecnica-para-elaborar-compost-residuos-solidos-organicos-municipios-896011.aspx>
- Asociación de Países Nórdicos para las Acciones de Mitigación [NPI]. (2016). *Programa de Preparación de NAMA Residuos Sólidos en Perú*.  
<https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:917454/FULLTEXT01.pdf>
- Ayuntamiento de Rojales (2017). *Compostaje y abonado: Reciclar nutrientes para mejorar nuestro huerto*.  
<https://redhuertosalicante.files.wordpress.com/2017/11/compostaje-rojales-para-pdf.pdf>
- APNAN. (2003). Red de Agricultura natural de para la Región Asia/Pacífico. Manual de Aplicación. [www.apnam.com](http://www.apnam.com).
- Arias, A. (2010). Microorganismos eficientes y su beneficio para la agricultura y el medio ambiente. CO. *Revista Journal de Ciencia e Ingeniería*, 2(2), 42-45.  
<https://jci.uniautonoma.edu.co/2010/2010-7.pdf>
- Bejarano, E. y Delgadillo, S. (2007). *Evaluación de un tratamiento para la producción de compost a partir de residuos orgánicos provenientes del rancho de comidas del establecimiento carcelario de Bogotá “La Modelo” por medio de la utilización de microorganismos eficientes (EM)*. [Proyecto de pregrado, Universidad de la Salle]. Archivo digital.



[https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1666&context=ing\\_ambiental\\_sanitaria](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1666&context=ing_ambiental_sanitaria)

Cabeza, E. (2019). *Microorganismos Eficientes Características y experiencias de aplicaciones*. [https://www.redbiocol.org/wpcontent/uploads/2019/10/7\\_Microorganismos-Eficientes-REDBIOCOL.pdf](https://www.redbiocol.org/wpcontent/uploads/2019/10/7_Microorganismos-Eficientes-REDBIOCOL.pdf)

Castillo, L. (2020). *Evaluación de la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) en el distrito de Huayucachi, Huancayo, 2019*. [Tesis de pregrado, Universidad Continental]. Repositorio Institucional Continental. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/8245>

Chaparro, E., Herrera, F., Vera, M. y Barahona, J. (2020). Utilización de microorganismos eficientes para la elaboración de compost a partir de residuos orgánicos. *Sincretismo*, 1(1), 45-48. <https://revistas.unam.edu.pe/index.php/sincretismo/article/view/34>

Centro Nacional de Tecnología Apropiada [NCAT]. (2015). Hoja de datos: Compost. <https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/FINAL%20Compost.pdf>

Constitución Política del Perú. (1993). (13.a ed.). Oficial. [https://www.minjus.gob.pe/wp-content/uploads/2019/05/Constitucion-Politica-del-Peru-marzo-2019\\_WEB.pdf](https://www.minjus.gob.pe/wp-content/uploads/2019/05/Constitucion-Politica-del-Peru-marzo-2019_WEB.pdf)

Consortio Provincial Residuos Sólidos urbanos [RSU]. (2010). *Residuos orgánicos*. <https://www.consorciorsumalaga.com/5936/residuos-organicos>

Decreto Legislativo N° 1501 decreto legislativo que modifica el decreto legislativo N° 1278, que aprueba la ley de gestión integral de residuos sólido (2020, 11

- de mayo). Congreso de la República. El Peruano.  
<https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/1866220-2>
- De Bertoldi, M.; Vallini, G.; Pera, A. y Zucconi, F. (1984). *Technological aspects of composting including modelling and microbiology. Composting of agricultural and other wastes. Elsevier Applied Science Publishers*, 27 - 40.  
10.13140/2.1.3212.0964
- Diario Oficial de la Federación (1993). *Ley General de Asentamiento Humanos*.  
<https://vlex.com.mx/vid/ley-general-asentamientos-humanos-42601560>
- D.L 1278 que aprueba la Ley de gestión integral de residuos sólidos (2016).  
Congreso de la República. El Peruano N° 607472.  
<https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/1466666-4>
- Docampo, R (2014). *Guía del compostaje en pequeña escala*.  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/3553/1/Rev.INIA-2014-No38-p.46-49.pdf>
- Ecologic Maintenances (2012). *Microorganismos efectivos EM en la Agricultura. Yucatán, México*. <http://www.emmexico.com>
- El Comercio (2020). *Conoce las iniciativas peruanas que buscan un planeta mejor*.  
<https://especial.elcomercio.pe/perusostenible/conoce-las-iniciativas-peruanas-que-buscan-un-planeta-mejor/>
- El Peruano (2023). *Aprueban el Programa Municipal de Educación, Cultura y Ciudadanía Ambiental de la Municipalidad Distrital de Villa María del Triunfo*.  
<https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/2166736-1>
- Feijoo, M (2016, diciembre). *Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores*. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/84/115>

- Fernández, G. (2022). *Aprenda sobre la proporción adecuada de carbono y nitrógeno durante el compostaje.*  
[https://composteros.go.cr/web/guest/blog?p\\_p\\_id=com\\_liferay\\_blogs\\_web\\_portlet\\_BlogsPortlet&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&\\_com\\_liferay\\_blogs\\_web\\_portlet\\_BlogsPortlet\\_mvcRenderCommandName=%2Fblogs%2Fview\\_entry&\\_com\\_liferay\\_blogs\\_web\\_portlet\\_BlogsPortlet\\_showOnlyIcons=true&\\_com\\_liferay\\_blogs\\_web\\_portlet\\_BlogsPortlet\\_urlTitle=carbono-y-nitrogeno-o-cafes-y-verdes-el-balance-adecuado-para-el-compostaje-parte-2.&scroll=\\_com\\_liferay\\_blogs\\_web\\_portlet\\_BlogsPortlet\\_discussionContainer](https://composteros.go.cr/web/guest/blog?p_p_id=com_liferay_blogs_web_portlet_BlogsPortlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&_com_liferay_blogs_web_portlet_BlogsPortlet_mvcRenderCommandName=%2Fblogs%2Fview_entry&_com_liferay_blogs_web_portlet_BlogsPortlet_showOnlyIcons=true&_com_liferay_blogs_web_portlet_BlogsPortlet_urlTitle=carbono-y-nitrogeno-o-cafes-y-verdes-el-balance-adecuado-para-el-compostaje-parte-2.&scroll=_com_liferay_blogs_web_portlet_BlogsPortlet_discussionContainer)
- Flores, D. (2003). *Guía No. 2. Para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos.* <https://rfd.org.ec/biblioteca/pdfs/LG-056.pdf>
- Franz, M. (2006). *Microorganismos efectivos.* <https://www.casadellibro.com/libro-em-microorganismos-efectivos/9788478717415/1100665>
- Grupo Sacsa. (2016). *¿Qué hay que conocer sobre la composta?*  
<https://www.gruposacsa.com.mx/que-hay-que-conocer-sobre-la-composta/>
- Huilahuaña, J., Camaticona, M., Foras, E y Tirado, L. (2022). El Mende Madre y su eficiencia en el proceso de compostaje de residuos provenientes de áreas verdes de la ciudad de Tacna, Perú. *Ingeniería Investiga*, 4(704), 2708-3039.  
<https://revistas.upt.edu.pe/ojs/index.php/ingenieria/article/view/704>
- INFOAGRO. (2011). *Guía de la Tecnología de EM.*  
<http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/Boletin%20Tecnologia%20%20EM.pdf>

- Instituto de normalización [INN]. (2004). *NCh2880. Of2004.Compost Clasificación y requisitos*. [https://miros.cl/wp-content/uploads/2020/01/NCh\\_2880\\_Compost\\_Clasificaci%C3%B3n.pdf](https://miros.cl/wp-content/uploads/2020/01/NCh_2880_Compost_Clasificaci%C3%B3n.pdf)
- INTAGRI (s.f.). *Importancia de la Materia Orgánica (MO) en la Actividad Biológica en el suelo* <https://www.intagri.com/articulos/suelos/importancia-de-la-materia-organica-en-la-actividad-biologica-en-el-suelo>
- Jiménez, Y y Pulgarín, L. (2015). *Ciencias del suelo*. <https://elsueloysubbiologia.wordpress.com/>
- Ley N°28611 (2005, 15 de octubre). Congreso de la República. El Peruano N° 302291. <https://www.leyes.congreso.gob.pe/Documentos/Leyes/28611.pdf>
- Luna, M. A., y Mesa, J. (2016). Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores. *Revista científica Agroecosistemas*, 4 (2), 31-40. <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/index>
- Maldonado, J. (2020). *Comparación de la calidad del compost resultante del proceso realizado por microorganismos eficientes comerciales y naturales en el distrito de Jepelacio, región San Martín*. [Tesis de pregrado, Universidad Católica Sede Sapientiae]. Repositorio UCSS. <https://repositorio.ucss.edu.pe/handle/20.500.14095/1026>
- Ministerio de Educación [MINEDU]. (2019). *Proyecto educativo institucional*. <https://www.institucioneducativa.info/dre/dre-lima-metropolitana/colegio-6084-san-martin-de-porres-56358/>
- Ministerio de Educación [MINED]. (2023). *Sistema de información de apoyo a la gestión de la institución Educativa*. <https://siagie.minedu.gob.pe/inicio/>

Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2009). *Política Nacional del Ambiente*.  
<https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/08/Pol%C3%ADtica-Nacional-del-Ambiente.pdf>

Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2012). *Política Nacional del Educación Ambiental*. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/politica-nacional-educacion-ambiental>

Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2021). *Política Nacional del Ambiente al 2030*. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2037169/POLITICA%20NACIONAL%20DEL%20AMBIENTE%20AL%202030.pdf.pdf?v=1627230844>

Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2023). *Indicadores RSS Año 2022*. <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiM2FiNGExY2ltZmlyOS00NTgxLThiOTAtMDg3YzdiNzlmNjQzliwidCI6IjBIMmFiZjRILWExZjUtNDFiZi1iOWE0LWM5YWE2ZGQ1NTE4MCMJ9>

Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2023). *Instructivo para elaborar e implementar el programa municipal de educación, cultura y ciudadanía ambiental (Programa municipal EDUCCA)*.  
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4028290/ANEXO%20RM.%20003-2023-MINAM%20-%20INSTRUCTIVO%20PARA%20ELABORAR%20E%20IMPLEMENTAR%20EL%20PROGRAMA%20MUNICIPAL%20DE%20EDUCACION%2C%20CULTURA%20Y%20CIUDADANIA%20AMBIENTAL%20%28Programa%20Municipal%20EDUCCA%29.pdf.pdf?v=1673136519>

Ministerio de Energía y Minas [MIEM]. (2020). *Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero del sector Energía del año 2020*.

[https://infocarbono.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2021/06/RAGEI\\_2016Energia-Estacionaria\\_Ajustado-MINAM-11-06-21.pdf](https://infocarbono.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2021/06/RAGEI_2016Energia-Estacionaria_Ajustado-MINAM-11-06-21.pdf)

- Montaño. J. (2018). *Estudio comparativo entre un compostaje convencional y compostaje con microorganismos eficientes al interior de la "Granja Nariño" corregimiento la Palmera, Municipio de Tuluá, Valle del Cauca*. [Tesis de pregrado, Universidad Agraria del Ecuador]. Repositorio UCEVA. <https://repositorio.uceva.edu.co/handle/20.500.12993/2019>
- Montero, S. (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 noviembre-2018-enero-2019*. [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio UDH. <http://repositorio.udh.edu.pe/handle/123456789/1680>.
- Municipalidad de Villa María del Triunfo. (2019). *Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales del distrito de Villa María del Triunfo*. <http://winms4hu7ssdt4.munivmt.gob.pe/PLATAFORMAVIRTUAL/Transparencia/DescargarArchivos/4775>
- Munizaga, D y Alcívar, U. (2023). Producción de Compost a Partir de Desechos Sólidos Orgánicos Domésticos Mediante el Uso de Microorganismos Eficientes. *MQRInvestigar*, 7(2), 3-21. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.7.2.2023.3-21>
- Navarro R. (2002). Manual para hacer Composta Aeróbica. [http://www.resol.com.br/textos/manual\\_para\\_hacer\\_composta\\_aerobica.pdf](http://www.resol.com.br/textos/manual_para_hacer_composta_aerobica.pdf)
- Noboa, B. (2021). *Uso de microorganismos eficientes para acelerar la descomposición de residuos vegetales de cacao (Theobroma cacao L)*,

*Echeandía- Bolívar*. [Tesis de pregrado, Universidad Agraria del Ecuador].

Archivo digital.

<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/NOBOA%20GAVILANES%20BYRON%20ALEXANDER.pdf>

Nagasaki, K.; Hirai, H.; Mimoto, H.; Quyen, T.; Koyama, M. y Takeda, K. (2019).

Succession of microbial community during vigorous organic matter degradation in the primary fermentation stage of food waste composting.

*Science of the Total Environment*. 671, 1237–1244.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.341>

Organización Panamericana de la Salud [OPS]. (1999). *Manual para la elaboración*

*de compost bases conceptuales y procedimientos*.

<http://www.ingenieroambiental.com/newinformes/compost.pdf>

Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (2002). *Programa 21: Capítulo 21*.

<https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/agenda21spchapter21.htm>

P&C INTECHI S.A.C (2019). Plan de manejo de residuos sólidos para una estación

de servicios de venta de combustibles líquidos con gasocentro de GLP.

<https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGAAH/PA/3040737/PLAN%20DE%20MANEJO%20DE%20RESIDUOS%20SOLIDOS.pdf>

Pillco, K. (2020). *Evaluación del proceso de compostaje de residuos orgánicos,*

*aplicando microorganismos eficaces*. [Tesis de pregrado, Universidad

Nacional del Altiplano]. Archivo digital.

[http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/14508/Pillco\\_Mamani\\_Katia.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/14508/Pillco_Mamani_Katia.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Román, P., Martínez, M. y Pantoja, A. (2013). *Manual de compostaje del agricultor*.  
FAO. <https://www.fao.org/3/i3388s/i3388s.pdf>
- Salazar, Takeshi. (2014). Actividad microbiana en el proceso de compostaje aerobio de residuos sólidos orgánicos. *Revista de investigación universitaria*, 3(2), 74-84. <https://revistas.upeu.edu.pe/index.php/riu/article/view/680>
- Sánchez, A y Hidalgo, F. (2006). Estudio sobre maquinaria idónea para las labores de compostaje de alpeorujos. [https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/documento\\_completo.pdf](https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/documento_completo.pdf)
- Sistema Nacional de Información Ambiental [SINIA]. (2019 ,09 de mayo). *Generación total de residuos sólidos municipales*. <https://sinia.minam.gob.pe/indicadores/generacion-total-residuos-solidos-municipales#:~:text=Residuo%20s%C3%B3lido%20es%20cualquier%20objeto,%C3%BAltimo%20caso%2C%20su%20disposici%C3%B3n%20final>
- Torres, A. (2023, junio 5). La ruta para convertir la 'basura' en dinero: la estrategia en Perú. *Gestión*. <https://gestion.pe/peru/la-ruta-para-convertir-la-basura-en-dinero-la-estrategia-en-peru-cambio-climatico-economia-circular-noticia/?ref=gesr>



## ANEXOS

### Anexo 1.

*Control de pesaje de los residuos orgánicos recolectados. (AB)*



**UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR**

**"VI PROGRAMA DE TITULACIÓN POR LA MODALIDAD DE  
TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL"**

Efecto de los microorganismos eficientes en el proceso de compostaje  
para el tratamiento de residuos orgánicos en el A.H Arenal Alto de  
V.M.T,Lima, 2023.

**Postulante:** Gutierrez Heras , Anais Emilia.

<b>N°</b>	<b>Tipo de materia orgánica</b>	<b>Origen</b>	<b>Peso (Kg)</b>
1	residuos orgánicos secos	residuos de poda	13.33
2	residuos orgánicos secos	residuos de poda	15.10
3	residuos orgánicos secos	residuos de poda	15.89
4	residuos orgánicos secos	residuos de poda	11.80
5	residuos orgánicos secos	residuos de poda	12.71
6	residuos orgánicos secos	residuos de poda	15.73
7	residuos orgánicos secos	residuos de poda	16.90
8	residuos orgánicos secos	residuos de poda	15.75
9	residuos orgánicos secos	cartón	4.30
10	residuos orgánicos frescos	verduras y frutas	6.22
11	residuos orgánicos frescos	verduras y frutas	10.26
12	residuos orgánicos frescos	verduras y frutas	6.25
13	residuos orgánicos frescos	verduras y frutas	8.22
14	residuos orgánicos frescos	verduras y frutas	6.21
15	residuos orgánicos frescos	verduras y frutas	7.23
16	residuos orgánicos frescos	verduras y frutas	7.25
17	residuos orgánicos frescos	verduras y frutas	6.27
18	residuos orgánicos frescos	verduras y frutas	7.48
19	residuos orgánicos frescos	verduras y frutas	7.24
20	residuos orgánicos frescos	verduras y frutas	7.22

<b>21</b>	residuos orgánicos frescos	verduras y frutas	6.30
<b>22</b>	residuos orgánicos frescos	verduras y frutas	7.63
<b>23</b>	residuos orgánicos frescos	verduras y frutas	7.38
<b>24</b>	residuos orgánicos frescos	verduras y frutas	6.31
<b>25</b>	residuos orgánicos frescos	verduras y frutas	6.22
<b>26</b>	residuos orgánicos frescos	verduras y frutas	6.91
<b>27</b>	residuos orgánicos frescos	verduras y frutas	5.61
<b>28</b>	residuos orgánicos frescos	verduras y frutas	6.87
<b>29</b>	residuos orgánicos frescos	verduras y frutas	6.87
<b>30</b>	residuos orgánicos frescos	verduras y frutas	6.09
<b>31</b>	residuos orgánicos frescos	verduras y frutas	6.52
<b>32</b>	residuos orgánicos frescos	verduras y frutas	10.40
<b>33</b>	residuos orgánicos frescos	verduras y frutas	1.33

## Anexo 2.

Control de la temperatura del proceso de compostaje. (AB)



UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

### "VI PROGRAMA DE TITULACIÓN POR LA MODALIDAD DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL"

Efecto de los microorganismos eficientes en el compostaje para el tratamiento de residuos orgánicos en la I.E N°6084 San Martín de Porres, V.M.T, Lima, 2023.

**Postulante:** Gutierrez Heras, Anais Emilia.

Día	T°		Día	T°		Día	T°	
	T° (°C)	promedio (°C)		T° (°C)	promedio (°C)		T° (°C)	promedio (°C)
1	A	22.5	17	A	50.0	33	A	38.1
	B	23.1		B	51.3		B	37.6
	C	23.9		C	48.1		C	34.5
23.17		49.13		36.73				
2	A	40.5	18	A	47.8	35	A	35.3
	B	45.9		B	48.1		B	34.5
	C	42.7		C	48.9		C	35.7
43.03		49.80		35.17				
3	A	46.5	19	A	48.4	36	A	35.1
	B	44.9		B	49.3		B	34.8
	C	49.9		C	47.4		C	34.4
47.10		48.27		34.77				
4	A	54.7	21	A	45.8	37	A	33.7
	B	60.8		B	47.7		B	34.5
	C	61.8		C	45.0		C	35.6
59.10		48.37		34.60				
5	A	64.1	22	A	46.9	38	A	34.6
	B	67.9		B	47.7		B	34.5
	C	69.0		C	46.8		C	33.6
67.00		46.17		34.23				
7	A	63.6	23	A	45.8	39	A	33.9
	B	60.2		B	46.7		B	33.2
	C	62.0		C	44.1		C	31.6
61.93		47.13		32.90				
8	A	60.3	24	A	42.3	40	A	33.9
	B	58.3		B	40.5		B	30.2
59.23		45.53		31.40				

	C	59.1			C	43.1			C	30.1	
	A	57.5			A	42.1			A	29.6	
9	B	59.3	59.23	25	B	44.7	42.30	42	B	30.1	29.27
	C	60.9			C	45.8			C	28.1	
	A	63.6			A	42.9			A	26.4	
10	B	65.9	65.37	26	B	44.4	44.20	43	B	25.4	25.63
	C	66.6			C	40.0			C	25.1	
	A	63.7			A	43.7			A	23.9	
11	B	62.0	62.50	28	B	45.9	42.43	44	B	23.1	23.83
	C	61.8			C	45.6			C	24.5	
	A	57.5			A	41.1			A	23.1	
12	B	59.1	58.07	29	B	40.3	45.07	45	B	24.0	23.50
	C	57.6			C	40.8			C	23.4	
	A	59.7			A	39.8			A	23.5	
14	B	58.1	58.30	30	B	40.1	40.73	46	B	23.6	23.47
	C	57.1			C	38.2			C	23.3	
	A	56.7			A	38.0			A	23.1	
15	B	55.9	56.37	31	B	36.6	38.03	47	B	23.6	23.47
	C	56.5			C	39.5			C	23.7	
	A	49.5			A	37.7					
16	B	46.3	49.13	32	B	36.9	37.47				
	C	51.6			C	37.8					

## Anexo 3.

### Ficha técnica del Bioflash (AB)



# Ficha Técnica

## 1. DESCRIPCIÓN

**C3K WASTE MANAGEMENT CONSULTING S.A.C.** está conformado por un equipo de profesionales que tiene como objetivo brindar soluciones innovadoras en la gestión integral de residuos orgánicos que reduzcan tiempo y costos operativos. Es una empresa beneficiaria del concurso Startup Perú por mérito en innovación del programa de Innóvate Perú, por el Ministerio de la Producción (PRODUCE).

Nuestro producto **BIOFLASH** es un **concentrado líquido microbiano** con amplia aplicación en el sector agropecuario. Es un producto inocuo y de fácil manipulación que cuenta con el respaldo de INCUBAGRARIA, de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).

## 2. COMPOSICIÓN

### Composición:

Materia orgánica en solución (g/L)	51.86
Ácidos Húmicos %(p/v)	0.75
Ácido Fúlvico %(p/v)	2.95
Humina %(p/v)	0.19

### Macro Nutrientes:

Nitrógeno total (mg/L)	1344.00
Fósforo total (mg/L)	179.54
Potasio total (mg/L)	5350.00
Calcio total (mg/L)	1257.50
Magnesio total (mg/L)	575.00
Sodio total (mg/L)	2775.00

## 3. ESPECIFICACIONES FÍSICAS Y QUÍMICAS

- Color: Marrón Oscuro
- Olor: Característico a fermento
- pH: 3.00-4.00
- C.E. (dS/m): 19.60

## 4. ESPECIFICACIONES MICROBIOLÓGICAS

### Organismos benéficos:

Mohos y levaduras (UFC/ml)	$18 \times 10^9$
Bacterias ácido láctica (UFC/ml)	$27 \times 10^6$

**Organismos patógenos:**

Coliformes totales (NMP/ml)	<3
Coliformes fecales (NMP/ml)	<3
Escherichia coli (NMP/ml)	<3

El valor <10 indica ausencia de microorganismos

## 5. PROPIEDADES Y VENTAJAS

### Medio Ambiente

- Reduce el tiempo de descomposición de residuos orgánicos hasta un tercio del tiempo promedio.
- Tratamiento de aguas residuales.
- Elimina y controla malos olores y moscas.

### Agricultura sostenible

- Preparación del terreno.
- Mantenimiento de cultivos.
- Biofertilizante foliar.
- Aumenta la resistencia a enfermedades.

### Ganadería sostenible

- Manejo de excretas para el tratamiento de residuos y control de malos olores y moscas.
- Tratamiento de aguas residuales del sector agropecuario.

## 6. PREPARACIÓN Y APLICACIÓN

### Preparación de BIOFLASH ACTIVADO

1. **Mezclar:** 5% de Bioflash Concentrado+10% de melaza+85% de agua dulce.
2. Dejar reposar por 5-7 días **bajo sombra** en un **recipiente hermético**.

### Aplicación

**Compost:** 20 litros de Bioflash Activado por 05 toneladas de material a tratar.

## 7. RECOMENDACIONES DE USO

- Almacenar bajo sombra
- Mantener el sello hermético
- No agitar el producto en exceso si va a ser almacenado
- No mezclar con pesticidas químicos

## Anexo 4.

### Informe de análisis de materia orgánica.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



## INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : ANAIS EMILIA GUTIERREZ HERAS  
PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ VILLA MARIA DEL TRIUNFO/ A.H. ARENAL ALTO  
MUESTRA DE : COMPOST  
REFERENCIA : H.R. 81019  
BOLETA : 6088  
FECHA : 30/10/2023

Nº LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	M.O. %	N %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	K <sub>2</sub> O %
722		6.26	7.65	34.42	2.06	2.80	0.76

Nº LAB	CLAVES	CaO %	MgO %	Hd %	Na %
722		3.05	1.00	42.60	0.26

Nº LAB	CLAVES	Relación C/N	Densidad g/cc	CIC meq/100g
722		9.68	0.30	44.80

M.O. por oxidación.



*Constantino Calderón Mendoza*  
Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM  
Telf.: 614-7800 Anexo 222  
Celular: 946-505-254  
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

## Anexo 5.

Norma técnica peruana NTP 201.208:2021.

---

<b>NORMA TÉCNICA</b>	<b>NTP 201.208</b>
<b>PERUANA</b>	<b>2021</b>

---

Dirección de Normalización - INACAL  
Calle Las Camelias 817, San Isidro (Lima 27)

Lima, Perú

### **FERTILIZANTES. Compost a partir de residuos sólidos orgánicos municipales. Requisitos**

FERTILIZERS. Compost from municipal organic solid waste. Requirements

**2021-07-13**

**1ª Edición**

R.D. N° 017-2021-INACAL/DN. Publicada el 2021-07-26

Precio basado en 17 páginas

LC.S.: 65.080

**ESTA NORMA ES RECOMENDABLE**

Descriptores: Fertilizante, compost, residuo orgánico municipal, residuo orgánico, requisito

© INACAL 2021



## Anexo 6.

### Norma chilena 2880.of2004.

Derechos entregados al Servicio Agrícola Ganadero (SAG) por el Instituto Nacional de Normalización (INN), exclusivamente para publicación en sitio web del SAG.

---

NORMA CHILENA OFICIAL

NCh2880.Of2004

---

## Compost - Clasificación y requisitos

### Preámbulo

El Instituto Nacional de Normalización, INN, es el organismo que tiene a su cargo el estudio y preparación de las normas técnicas a nivel nacional. Es miembro de la INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO) y de la COMISION PANAMERICANA DE NORMAS TECNICAS (COPANT), representando a Chile ante esos organismos.

La norma NCh2880 ha sido preparada por la División de Normas del Instituto Nacional de Normalización, y en su estudio participaron los organismos y las personas naturales siguientes:

Agrolab Ltda.

Agroorgánicos Mostazal

Aguas Andinas  
Análisis Ambientales S.A.

Asociación de Productos Avícolas de Chile A.G., APA

ASPROCER  
Comisión Nacional del Medio Ambiente, CONAMA  
Comisión Nacional del Medio Ambiente,  
Región Metropolitana, CONAMA RM

Consultor

Consultor

Consultor

Ecoglobal S.A.

ECOTEMPO

EMERES

Empresa de Obras Sanitarias de Valparaíso, ESVAL S.A.  
Fundación Chile

Rosa Espinoza A.  
Rodrigo Millán A.  
Francisco Brander C.  
Bárbara García V.  
Paola Arata  
Cristian Borie G.  
Alejandra Olea M.  
Felipe De La Carrera  
Mauricio Serrano R.  
Carlos Cantuarias  
Joost Meijer

Ximena Rojas L.  
Christian Hauser  
Cristián Paredes O.  
Soledad Aliaga V.  
David Acuña M.  
Alvaro Pumarino C.  
Lucrecia Brutti  
Raúl Donoso Z.  
Marcia Antimilla P.

III

**Anexo 7.**

*Manual de compostaje del agricultor. Experiencia en América Latina-FAO: 2013.*





## Anexo 8.

### Etapa pre campo de la investigación.

Se elaboró material didáctico que fue compartido y brindó una charla sobre el proyecto a desarrollar a los demás salones de secundaria.





## Anexo 10.

### Etapa campo de la investigación. (ABCD)







Taller de compostaje al alumnado de primaria.



Fase mesófila.



Equipo de trabajo.



Pila de compostaje tapada con plástico.



Fase termófila



Poca presencia de mosquitos.











## Anexo 11.

### Aplicación del compost.

Se aplicó el compost para la germinación de semillas, mediante la siembra indirecta ( jaba de huevo) con semillas de betarraga y directa (en la jaba de fruta) con semillas de rabanito.





## Anexo 12.

### Plan de trabajo de la investigación.

**PLAN DE TRABAJO**

**COMPOSTAJE PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS CON LA APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS EFICIENTES (EM) EN LA I.E 6084 SAN MARTIN DE PORRES – VILLA MARIA DEL TRIUNFO**

Elaborado: Bach. Gutierrez Heras, Anais Emilia  
Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur

**2023**

**I. INTRODUCCIÓN**

Durante los últimos años, las actividades antropogénicas han generado impactos ambientales que afectan constantemente la biodiversidad a nivel global. Asimismo, el incremento poblacional y su falta de conciencia ambiental generan exponencialmente la contaminación, la acumulación de residuos sólidos y el uso indiscriminado de recursos.

Por ello, mediante la implementación de pilas de compostaje se busca fomentar la responsabilidad social ambiental, crear pequeñas acciones para el cambio y empoderar a nivel institucional y de la ciudadanía el tema medioambiental.

En la presente propuesta técnica se detallará las acciones a realizar dentro de la I.E 6084 San Martín de Porres para la implementación de la pila de compostaje para el tratamiento de los residuos orgánicos con la aplicación de microorganismos eficientes cuyo propósito es contribuir educación ambiental en dicha institución, mejorar la calidad de vida y del entorno ambiental.

**II. ÁMBITO DE APLICACIÓN**

La implementación de la pila de compostaje, se ejecutará dentro de las instalaciones de la I.E 6084 San Martín de Porres esta institución cuenta con espacios adecuados para su implementación, además se desarrolla una buena organización y disposición por parte de sus autoridades correspondientes y el alumnado.

Nº	INSTITUCIÓN EDUCATIVA	DIRECCIÓN
1	I.E 6084 SAN MARTIN DE PORRES	Asentamiento Humano Aremal Alto, de la zona de Cercado del distrito de Villa del Triunfo, departamento de Lima.

**III. OBJETIVOS**

**3.1. Objetivo General**

Fortalecer la conciencia ambiental del profesorado y del alumnado de la I.E 6084 San Martín de Porres, mediante el proceso de compostaje para el tratamiento de residuos orgánicos con la aplicación de microorganismos eficientes (EM).

**Objetivos Específicos**

- ✓ Fortalecer la valoración de residuos orgánicos como herramientas generadoras de conocimiento y sensibilidad frente al cuidado del ambiente.

**2**

- ✓ Proveer al personal de trabajo de la Institución Educativa asistencia técnica sobre la elaboración de compost para el mantenimiento de su biohuerto y de sus áreas verdes.
- ✓ Difundir la iniciativa, así como sus resultados dentro de la institución buscando la sostenibilidad de la experiencia y la replicación en otras instituciones educativas.

**IV. IMPORTANCIA DE LA VALORIZACIÓN DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS**

- **Reduce la cantidad de residuos destinados a los rellenos sanitarios.**
- **Se devuelve al suelo materia orgánica, enriqueciéndolo de esta manera,** ya que al aplicar el compost tiene efectos sobre la estructura del suelo, ya que el compost, al tener un alto contenido en materia orgánica tiende a formar «terrones» lo que ayuda a que el suelo esté aireado y no se compacte, favoreciendo la aireación y la humedad.
- **Obtienes abono de muy alta calidad sin compuestos químicos y libres de patógenos,** ya que en el proceso de fermentación aeróbica aumenta de temperatura, ocasionando así una especie de «pasteurización» de la materia orgánica.

Como conclusión, destacar el compostaje en la reducción de la masa total de residuos orgánicos que generamos y la importancia del compost como aporte de materia orgánica al suelo, tan necesaria en muchos lugares hoy en día.

**V. BENEFICIOS PARA LA I.E 6084 SAN MARTIN DE PORRES**

- ✓ Capacitación y asistencia técnica relacionadas al manejo adecuado de los residuos orgánicos y su reaprovechamiento para el mantenimiento de su biohuerto y de sus áreas verdes.
- ✓ Obtención de abono orgánico y en menor tiempo; ya que, lo Microorganismos Eficientes (EM) aceleran la descomposición de los residuos orgánicos.
- ✓ Dar a la comunidad de la institución una experiencia de elaboración de compost que sirva de modelo para su implementación en sus hogares.

**VI. ACTIVIDADES A REALIZAR**

**Por parte de mi persona:**

**1. Reunión con los representantes de la I.E 6084 San Martín de Porres y presentación del proyecto**

Mi persona se reunirá con los representantes de la I.E 6084 San Martín de Porres con el propósito de presentar la iniciativa de implementación de pila de compostaje y la aplicación de microorganismos eficientes para acelerar la descomposición de los residuos orgánicos, detallando los beneficios que tendrá al realizar el proyecto, además de exponer las actividades y compromisos de ambas partes que se deben adoptar para la implementación adecuada.

**3**

**2. Identificación del equipo de trabajo**

- El equipo de trabajo estará conformado por un grupo de alumnado, profesorado, personal de limpieza y mi persona.

Por tanto, el equipo de trabajo estará conformado de la siguiente manera:

- ✓ Alumnado y profesorado de la I.E
- ✓ Personal de limpieza
- ✓ Mi persona; asistencia técnica durante todo el proceso del proyecto.

**3. Recorrido situacional y diagnóstico para la implementación de la pila de compostaje**

Se realizará un recorrido por las instalaciones de la I.E, haciendo un diagnóstico situacional de la generación de residuos sólidos orgánicos y determinar las posibles dimensiones del área de instalación. Durante el recorrido en la institución se podrá observar ciertas características que posee el terreno para implementar la pila de compostaje.

**4. Implementación de la pila de compostaje**

De acuerdo al diagnóstico, se determina la cantidad de generación de residuos sólidos orgánicos, para su posterior implementación de la pila de compostaje que será instalado en la I.E.

**5. Capacitación al equipo de trabajo sobre la implementación de la pila de compostaje**

Se realizará una capacitación al equipo de trabajo encargado de la implementación de la pila de compostaje conformado por el personal de limpieza de la I.E, el alumnado y el profesorado, con el objetivo de reforzar conocimientos teórico-práctico, con la finalidad de que puedan realizar un manejo adecuado de los residuos orgánicos.


**6. Proporcionar insumos y materiales de trabajo**

**Microorganismos eficientes;** es un cultivo microbiano mixto que contienen más de 80 especies de microorganismos algunos aeróbicos, anaeróbicos e incluso fotosintéticos; es de resaltar que su logro principal es que pueden coexistir como comunidades microbianas e incluso pueden complementarse. Así mismo, transformen rápidamente la materia orgánica haciendo disponibles los nutrientes para las plantas.

**Materiales de medición:**

Con el fin de realizar las mediciones de pH, temperatura y la cantidad de residuos orgánicos a desarrollar en la elaboración de compost.

- Tiras de papel de tomasol; para medir pH de la pila de compostaje.



**4**

- Termómetro; para medir la temperatura de la pila de compostaje y determinar sus fases.
- Balanza de piso y de mano; para la medición de la cantidad de residuos orgánicos frescos y secos recolectados.

**7. Asistencia técnica y supervisión de la pila de compostaje**

Se brindará la asistencia técnica necesaria para el buen manejo de los residuos sólidos orgánicos a fin de evitar la generación de olores y la proliferación de vectores.

**Por parte de la I.E. 6084 San Martín de Porres**

**1. Acondicionamiento de un área de capacitación**

A fin de realizar las capacitaciones teóricas.

**2. Selección del lugar a implementar la pila de compostaje**

La selección del lugar se realizará de acuerdo a las dimensiones de la pila de compostaje previamente se considerará la generación de residuos sólidos orgánicos

**3. Proporcionar materiales**

La institución contará con las siguientes herramientas con el fin de poder desarrollar de manera correcta las actividades para la elaboración de compost.

01 Rastrillo

01 Pala

01 Trinche de 4 dientes

01 Regadera o pulverizador

**4. Difusión de la actividad al personal administrativo de la institución**

La valorización de residuos orgánicos para la elaboración de compost constituye una actividad educativa donde las personas aprenden a elaborar su propio abono, es por ello necesario hacer partícipes a todo el personal de trabajo, para que pueda ser replicado en sus hogares.

**5. Compromiso y responsabilidad**

Se requiere que los participantes de la implementación de la pila de compostaje demuestren un real compromiso para que éste se realice de la mejor manera y obtener los resultados esperados.

## Anexo 13.

### Manual de parámetros de campo durante el proceso de compostaje.



**PARÁMETROS DE CAMPO DURANTE EL PROCESO DE COMPOSTAJE**

ELABORADO: ANAIS E. GUTIERREZ HERAS

2023



## 1. AIREACIÓN

El proceso de compostaje es aeróbico (presencia de oxígeno) para ello se necesita una aireación adecuada para permitir la respiración de los microorganismos, liberando a su vez dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a la atmósfera.

La falta de aireación producirá el crecimiento de bacterias anaeróbicas, dando así las fermentaciones y ocasionando malos olores.

**Objetivo de la aireación es suministrar oxígeno para la degradación microbiana, controlar la temperatura y eliminar la humedad de la materia orgánica.**

- El volteo se desarrolla semanal (cada 5 a 7 días) con la ayuda de pala y rastrillo para el armado de la pila de compostaje.
- Y se mantiene cubierta con un plástico doble cara negro/azul grueso de 6 micras, con el fin de protegerlo de la lluvia y conservar la temperatura.



## 2. HUMEDAD

Es un parámetro estrechamente vinculado a los microorganismos, ya que, como todos los seres vivos, usan el agua como medio de transporte de los nutrientes y elementos energéticos a través de la membrana celular.

- El monitoreo de este parámetro se realiza semanal (en cada volteo de la pila de compostaje) y se aplica la técnica convencional establecida por la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) "Técnica del Puño Cerrado".
- Se toma una muestra representativa de la pila de compostaje de manera manual, se ubica el punto medio de la pila; tanto en superficie, como en la altura de la pila. Al tener la muestra en la palma de la mano, se procede a cerrarla completamente por 5min.



- SI CAEN MÁS DE 3 GOTAS, NECESITAS AGREGAR RESIDUOS SECOS.
- SI CAEN MENOS DE 3 GOTAS, AGREGA RESIDUOS HÚMEDOS.

ELABORADO: ANAIS E. GUTIERREZ HERAS

## 3. TEMPERATURA (T°)

Es un parámetro determinante para obtener un buen abono natural; y permite identificar las 04 fases del proceso de compostaje.

La medición de la temperatura se realiza utilizando un termómetro digital que mide un rango de T° de -50° + 300° Celsius (-58° a 572° Fahrenheit)

- Se lleva a cabo el registro de las mediciones de T°, con una frecuencia diaria. Para ello, de manera imaginaria se cortará la pila de compostaje en 3 partes iguales y se tomará 3 mediciones (en cada extremo y otra en el centro a una profundidad de 29 cm)



## 4. Potencial de Hidrógeno (pH)

La medición de pH determina el grado de alcalinidad o acidez de una disolución.

Depende de los materiales de origen y varía en cada fase del proceso (desde 4.5 a 8.5).

En los primeros estadios del proceso, el pH se acidifica por la formación de ácidos orgánicos. En la fase termófila, debido a la conversión del amonio en amoníaco, el pH sube y se alcaliniza el medio, para finalmente estabilizarse en valores cercanos al neutro.

Así mismo, define la supervivencia de los microorganismos y cada grupo tiene pH óptimos de crecimiento y multiplicación.

La mayor actividad bacteriana se produce a pH 6.0- 7.5 mientras que la mayor actividad fúngica se produce a pH 5.5-8.0.



ELABORADO: ANAIS E. GUTIERREZ HERAS

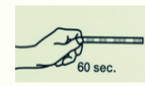
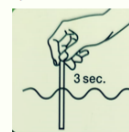
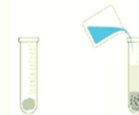
## ¿CÓMO SE MIDE EL pH?

Te mostramos cómo realizar la medición de pH en el proceso de compostaje empleando las tiras de papel tornasol.

- Se lleva a cabo el registro de las mediciones de pH en cada volteo.
- Se considera tomar la muestra del centro de la pila a 40 cm de profundidad.

### 1 PASO 1

Recoja una muestra de la pila de compostaje y mezcle con agua en la proporción 1:2 (Muestra de la pila de compostaje: Agua) dejando reposar la solución durante 30min antes de realizar la prueba.

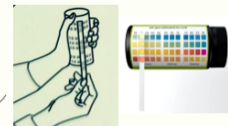


### 2 PASO 2

Sumerja una tira en la solución durante 3s y retire la tira, luego retire y sostenga la tira horizontalmente durante 60s.

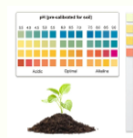
### 3 PASO 3

Compare la tira con la tabla de colores de pH del envase y lea inmediatamente para resultados precisos.



### 4 PASO 4

Por último tomo nota del resultado en la ficha de medición del pH.



ELABORADO: ANAIS E. GUTIERREZ HERAS



## CONTROL DE PARÁMETROS CUALITATIVOS

Los parámetros tomados en cuenta para el control y seguimiento cualitativo se realizó en cada volteo semanal (antes , durante y después del volteo) y fueron los siguientes:

- Color de la pila de compostaje.
- Presencia de olores proveniente en la pila de compostaje.
- Presencia de vectores (moscas, roedores ; etc).



«La materia no se crea ni se destruye solo se transforma»

ELABORADO: ANAIS E. GUTIERREZ HERAS

## Anexo 14.

Carta de presentación a la I.E. N°6084 San Martín de Porres.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

Villa El Salvador, 05 de setiembre del 2023

### CARTA N° 015-2023-UNTELS-R-D-EPIA

Señor:

**Mg. FERNANDO VASQUEZ GUERRERO**

Director de la Institución Educativa N° 6084 San Martín de Porres - VMT

Presente. -

**Asunto:** Solicito apoyo para realizar trabajo de investigación.

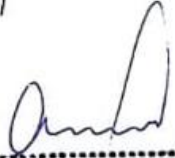
De mi especial consideración para dirigirme a usted y expresarle mis cordiales saludos a nombre de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur y, asimismo, para hacer de su conocimiento que en nuestra universidad se forman profesionales íntegros en lo científico, académico, tecnológico y humanístico. Conocedores de su voluntad hacia el desarrollo de investigación, consideramos conveniente presentar a nuestra egresada **Anais Emilia Gutierrez Heras**, bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, con la finalidad de solicitar a su Despacho, brinde las facilidades para la ejecución de su trabajo de investigación titulado "**Microorganismos eficientes en el tratamiento de residuos orgánicos en la Institución Educativa N° 6084 San Martín de Porres de Villa María del Triunfo, Lima, 2023**", el cual redundará en beneficio y en el desarrollo sostenible de la I. E. que Ud. dignamente dirige. Por lo antes expuesto, y esperando contar con su apoyo, para cualquier coordinación, comunicarse al teléfono 979325629 y/o a los correos electrónicos: [anaisgutierrezheras@gmail.com](mailto:anaisgutierrezheras@gmail.com), [rrafael@untels.edu.pe](mailto:rrafael@untels.edu.pe) o [ingambiental@untels.edu.pe](mailto:ingambiental@untels.edu.pe).

Sin otro particular y esperando su amable atención, hago propicia la oportunidad para reiterarle los sentimientos de mi consideración especial.

Atentamente,

  
  
**Dra. CARMEN MILAGROS RUIZ HUAMAN**  
JEFE  
Directora de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



  
Lic. Fernando Vásquez Guerrero  
Director I.E. 6084 - 652 - 30 SM

6-9-23