

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



CALIDAD DE COMPOST UTILIZANDO DOS ESPECÍMENES DE
MICROORGANISMOS EN LA PRODUCCIÓN CON DESECHOS ORGÁNICOS
MUNICIPALES EN EL DISTRITO TOCACHE, REGIÓN SAN MARTÍN

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA

PRESENTADO POR:

DAVID PEREZ MEDINA

Tingo María – Perú

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María – Perú



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N°54-2023-FRNR-UNAS

Los que suscriben, miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 24 de noviembre de 2022 a horas 5:00 p.m. de la Escuela Profesional de Ingeniería de Conservación de Suelos y Agua de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:

“CALIDAD DE COMPOST UTILIZANDO DOS ESPECÍMENES DE MICROORGANISMOS EN LA PRODUCCIÓN CON DESECHOS ORGÁNICOS MUNICIPALES EN EL DISTRITO TOCACHE - REGIÓN SAN MARTÍN”

Presentado por el Bachiller: **PEREZ MEDINA DAVID**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“BUENO”**.

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

Tingo María, 19 de julio de 2023


Dr. **CÉSAR SAMUEL LÓPEZ LÓPEZ**
PRESIDENTE


Dr. **ROBERTO OBREGÓN PEÑA**
MIEMBRO


Ing. **JAIME TORRES GARCÍA**
MIEMBRO




Ing. M. Sc. **JUAN PABLO RENGIFO TRIGOZO**
ASESOR



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

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 260- 2023 - CS-RIDUNAS

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

CERTIFICA QUE:

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

Programa de Estudio:


Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua

Tipo de documento:

Tesis	<input checked="" type="checkbox"/>	Trabajo de investigación	<input type="checkbox"/>
-------	-------------------------------------	--------------------------	--------------------------

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
CALIDAD DE COMPOST UTILIZANDO DOS ESPECÍMENES DE MICROORGANISMOS EN LA PRODUCCIÓN CON DESECHOS ORGÁNICOS MUNICIPALES EN EL DISTRITO TOCACHE, REGIÓN SAN MARTÍN	DAVID PÉREZ MEDINA	22 % Veintidós

Tingo María, 22 de setiembre de 2023


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
DIRECCION DE GESTION DE LA INVESTIGACION

Dr. Tomas Menacho Mallqui
DIRECTOR

DEDICATORIA

A Dios por todo lo que me ha dado,
refugio e inspiración, por ser guía y
camino de mi formación profesional.

A mis padres, Mariano Pérez Aguirre y
Apolonia Medina Álvarez, pilares
importantes que me dieron educación que
necesitaba, un hogar para crecer y los
valores por los que me guio mi vida.

A mis hermanos Gitler y Lida Marlene
Pérez Medina, la bendición de mi vida y
mi fortaleza.

AGRADECIMIENTOS

- A Dios por mi fe y devoción, por la fortaleza física y mental que me brindo en mi día a día para guiarme por un buen camino en mi formación profesional, desde los cielos, Dios nos protege y ayuda a que cada día sea especial, único y sobre todo lleno de bendiciones.
- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, mi alma mater, por albergarme en sus aulas durante mi formación profesional.
- A la Facultad de Recursos Naturales Renovables, en especial a la escuela profesional de ingeniería en Conservación de Suelos y Agua por haberme permitido formarme en ella, gracias a sus docentes por inculcarme sus sabios conocimientos, experiencia, facilidades de aprendizaje para la culminación de mi carrera profesional y todas las personas que fueron partícipes de este proceso, ya sea de manera directa o indirecta, gracias a todos ustedes, que el día de hoy se vería reflejado en la culminación de mi paso por la universidad.
- A los miembros integrantes del jurado de tesis: Dr. Cesar Samuel López Lopéz, Dr. Roberto Obregón Peña; Ing. Jaime Torres García y Dr. Wilfredo Alva Valdiviezo, por el tiempo tomado para la evaluación de mi tesis.
- Al Ing. M.Sc. Rengifo Trigozo Juan Pablo, asesor del presente trabajo de investigación, por su amistad, sus consejos y desinteresada asistencia en la presente tesis.
- A mis compañeros de aula con quienes compartimos muchas anécdotas y espero que también al igual que yo estén terminando con todos sus proyectos trazados, gracias, amigos, y futuros colegas, que en algún momento estaremos juntos.

INDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN	13
1.1. Objetivo general.....	14
1.2. Objetivos específicos	14
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	15
2.1. Antecedentes.....	15
2.2. Marco conceptual.....	18
2.2.1. El compost.....	18
2.2.1.1.Proceso de compostaje.....	18
2.2.1.2. Calidad de compost.....	22
2.2.1.3.Normatividad relacionada con la definición de la calidad y uso del compost.....	28
2.2.1.4. Ácido láctico.....	29
2.2.1.5..Desechos orgánicos municipales.....	30
III. MATERIALES Y MÉTODOS	32
3.1. Lugar de ejecución.....	32
3.2. Materiales y equipos	32
3.2.1. Materiales	32
3.2.2. Equipos	32
3.3. Generalidades del estudio	32
3.3.1. Tipo de estudio	32
3.3.2. Diseño de la investigación.....	33
3.3.3. Nivel de estudio	33
3.3.4. Unidad de estudio	33
3.3.5. Variables en estudio	34
3.4. Metodología.....	34

3.4.1.	Comparar el tiempo en el proceso de compostaje por efecto de dos especímenes de microorganismos en la producción con desechos orgánicos municipales en el distrito Tocache.....	34
3.4.2.	Determinar las características físicas y químicas del compost producido con residuos orgánicos municipales en el distrito Tocache.....	25
3.4.3.	Identificar las características biológicas en la producción de compost con residuos orgánicos municipales en el distrito Tocache	36
3.4.4.	Contraste de hipótesis del efecto de microorganismos en la producción de compost a partir de desechos orgánicos municipales en el distrito Tocache	40
3.5.	Análisis estadístico	29
3.5.1.	Para el tiempo en el proceso de compostaje.....	29
3.5.2.	Para las características físicas y químicas del compost producido con residuos orgánicos municipales en el distrito Tocache	40
3.5.3.	Para las características biológicas en la producción del compost con residuos orgánicos municipales en el distrito Tocache	42
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	43
4.1.	Comparar el tiempo en el proceso de compostaje por efecto de dos especímenes de microorganismos en los desechos orgánicos municipales en el distrito Tocache .	43
4.2.	Determinar las características físicas y químicas del compost producido con residuos orgánicos municipales en el distrito Tocache.....	45
4.2.1.	La temperatura.....	45
4.2.2.	Valores del pH.....	52
4.2.3.	Contenido de materia seca, ceniza y materia orgánica.....	54
4.2.4.	Análisis químico especial obtenido del compost.....	56
4.3.	Identificar las características biológicas en la producción del compost con residuos orgánicos municipales en el distrito de Tocache	57
V.	CONCLUSIONES	60
VI.	PROPUESTAS A FUTURO.....	61

VII. REFERENCIAS 62

ANEXO 71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Características del suelo y la composta.	4
2. Fases y características del proceso de compostaje.	7
3. Composición física de los residuos sólidos municipales (RSM), en diferentes países de América Latina.	8
4. Relación de temperatura y tiempo para garantizar la inocuidad del producto.	9
5. Tamaño de partículas.	10
6. Resultados de material inerte presentes en las tres rumas - compost maduro.	11
7. Valores máximos permitidos de características físicas en las clases de compost.	16
8. Valores permitidos de las características químicas en compost.	17
9. Valores máximos permisibles de tolerancia de patógenos en compost, en base seca.	18
10. Parámetros físicos, químicos y biológicos del compost.	34
11. Tratamientos en estudio.	41
12. Modelo de análisis de variancia.	41
13. Análisis de varianza para el tiempo en el proceso de compostaje (N° de días) por microorganismos.	33
14. Comparaciones post-hoc para el tiempo del proceso de compostaje (N° de días).	35
15. Análisis de variancia para la temperatura del proceso de compostaje de por efecto de los microorganismos en los desechos orgánicos municipales.	35
16. Valores promedios de la temperatura del proceso de compostaje (°C) para microorganismos <i>S. cerevisae</i>	36
17. Valores promedio de la temperatura del proceso de compostaje para microorganismos ácido lácticas.	37
18. Valores promedio de la interacción de la temperatura del proceso de compostaje para microorganismos <i>S. cerevisae</i> vs ácido lácticas.	38

19. Comparación de los valores promedio de la temperatura de proceso de compostaje para microorganismos de <i>S. cerevisiae</i> versus el testigo.....	40
20. Comparación de los valores promedio de la temperatura de proceso de compostaje para microorganismos ácido láctico versus el testigo.	41
21. Análisis de varianza para el pH por aplicación de microorganismos descomponedores. .	42
22. Comparaciones post-hoc para los valores del pH.....	43
23. Correlación de Spearman para la temperatura ambiente versus las combinaciones de los factores.	44
24. Porcentaje de materia seca, cenizas y materia orgánica del compost.....	44
25. Valores del análisis químico obtenido del compost.	46
26. Presencia de invertebrados en las pilas composteras.....	48
27. Microorganismos identificados luego del análisis microbiológico.	49
28. Microorganismos identificados luego del análisis microbiológico.	62
29. Valores del tiempo del proceso de compostaje.	62
30. Valores del tiempo del proceso de compostaje.	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Diseño del experimento.	33
2. Valores para la temperatura de los microorganismos de <i>S. cerevisae</i>	37
3. Valores para los microorganismos ácido lácticas.	38
4. Interacción de los factores <i>S. cerevisae</i> vs ácido lácticas.	39
5. Valores promedios de microorganismos <i>S. cerevisae</i> vs el testigo.	40
6. Valores promedios de microorganismos ácido lácticas vs el testigo.	42
7. Área de terreno donde se producirán el compost con desechos orgánicos municipales.	66
8. Camas donde se depositará los desechos orgánicos municipales.	66
9. Acomodo de las pilas para el proceso de descomposición del compost.	67
10. Volteo de las pilas en la producción del compost.	67

RESUMEN

La investigación se desarrolló en la planta de tratamiento los residuos sólidos de la municipalidad distrital de Tocache, políticamente se encuentra ubicado en el distrito de Tocache, provincia de Tocache, región San Martín, teniendo como finalidad determinar la calidad del compost utilizando dos especímenes de microorganismos en la producción con desechos orgánicos municipales en el distrito Tocache, región San Martín. Los objetivos fueron comparar el tiempo en el proceso de compostaje por efecto de dos especímenes de microorganismos en los desechos orgánicos municipales, determinar las características físicas y químicas del compost producido con residuos orgánicos municipales, identificar las características biológicas en la producción del compost con residuos orgánicos municipales. Los resultados para el tiempo del proceso de compostaje tuvieron los mejores valores en la aplicación de microorganismos *Saccharomyces cerevisiae* en 5 litros/20 litros de agua y microorganismos Ácido lácticas 3 litros/20 litros de agua con 25 y 35 días respectivamente, la dosis de 3 litros de *Saccharomyces cerevisiae* tuvo el mejor valor con una temperatura de 41,73 °C, en el pH *Saccharomyces cerevisiae* en 5 litros con 6,75, en materia seca *Saccharomyces cerevisiae* con 3 litros de 94,95%, en humedad *Saccharomyces cerevisiae* con 5 litros de 12,20%, cenizas en *Saccharomyces cerevisiae* con 3 litros de 73,35%, materia orgánica y *Saccharomyces cerevisiae* con 5 litros, en las propiedades químicas la aplicación de *Saccharomyces cerevisiae* 3 litros tuvo los mejores valores y se identificó los insectos Clitellata, Myriapoda y Malacostraca, estableciendo que hubo presencia de estos insectos durante 22 días en el tratamiento testigo y del análisis microbiológico se identificaron los microorganismos *Aspergillus, sp, Bacillus sp, Botrytis s, Fusarium sp, Geotrichum sp, Mucor sp, Nocardia sp, Penicillium sp, Pseudomonas sp* y *Trichoderma sp*,

Palabras clave. Calidad, microorganismos, residuos orgánicos, abono orgánico.

ABSTRACT

The research was developed in the solid waste treatment plant of the district municipality of Tocache, Politically, it is located in the Tocache district, Tocache province, San Martín region. with the purpose of determining the quality of the compost using two specimens of microorganisms in the production with municipal organic waste in the Tocache district, San Martín region. The objectives were to compare the time in the composting process due to the effect of two microorganism specimens in municipal organic waste, to determine the physical and chemical characteristics of the compost produced with municipal organic waste, to identify the biological characteristics in the production of compost with organic waste. municipal. The results for the time of the composting process had the best values in the application of *Saccharomyces cerevisiae* microorganisms in 5 liters/20 liters of water and lactic acid microorganisms 3 liters/20 liters of water with 25 and 35 days respectively, the dose of 3 liters of *Saccharomyces cerevisiae* had the best value with a temperature of 41.73 °C, in pH *Saccharomyces cerevisiae* in 5 liters with 6.75, in dry matter *Saccharomyces cerevisiae* with 3 liters of 94.95%, in humidity *Saccharomyces cerevisiae* with 5 liters of 12.20%, ashes in *Saccharomyces cerevisiae* with 3 liters of 73.35%, organic matter and *Saccharomyces cerevisiae* with 5 liters, in the chemical properties the application of *Saccharomyces cerevisiae* 3 liters had the best values and the clitellata insects were identified, myriapoda and malacostraca, establishing that there was presence of these insects for 22 days in the control treatment and microbiological analysis identified microorganisms *Aspergillus* sp, *Bacillus* sp, *Botrytis* s, *Fusarium* sp, *Geotrichum* sp, *Mucor* sp, *Nocardia* sp, *Penicillium* sp, *Pseudomonas* sp and *Trichoderma* sp,

Keywords. Quality, microorganisms, organic waste, organic fertilizer.

I. INTRODUCCIÓN

El crecimiento económico de la provincia de Tucumán generó un aumento del consumo de los diversos sectores: sociales, productivos y de servicios, por lo cual se buscan alternativas con fines de no generar excesiva contaminación con los residuos orgánicos municipales se vienen realizando diversas pruebas sobre la rapidez de procesar los residuos orgánicos manteniendo la calidad de esta. El compostaje es un método para la descontaminación de suelos contaminados. Casi cualquier desecho orgánico puede ser tratado por este método. El pretratamiento de los desechos orgánicos mediante el compostaje antes de los vertederos puede reducir las emisiones de efecto invernadero gases

El compostaje es un proceso de transformación de los residuos orgánicos para obtener mediante la descomposición de la materia orgánica un producto final que es el compost, todos aquellos desperdicios orgánicos en el cual, la materia vegetal y animal son transformados en abono. El proceso de compostaje se complementa por la acción de los microorganismos, donde se consume oxígeno y se produce dióxido de carbono, siendo los hongos y actinomicetos quienes más participan en el proceso por su capacidad para degradar residuos de plantas y animales como celulosa, quitina y pectina, y en algunos por su termo tolerancia, así mismo se puede adicionar bacterias quienes aceleran el proceso, ayudan a que la degradación sea más rápida, estas prácticas de utilizar aceleradores tiene como objetivo principal activar y aumentar la cantidad de microorganismos benéficos en el suelo.

Existen diversos organismos que facilitan el proceso de descomposición que de acuerdo a sus particularidades se encuentran con mayor o menor preferencia y entre ellos se puede citar a la levadura *Saccharomyces cerevisiae* y bacterias ácido lácticas que empleándolas de manera independiente y bajo las mismas condiciones pueden favorecer en cierta medida la obtención de compost con calidad alta, en el distrito de Tucumán, surgiendo interrogantes como ¿Cómo es el proceso de compostaje y su calidad utilizando dos especímenes de microorganismos en la producción con desechos orgánicos municipales en el distrito Tucumán, región San Martín?

La información generada por el presente estudio favorecerá para seguir juntando la brecha del conocimiento sobre las ventajas de utilizar uno u otro organismo y servirá para tomar decisiones más acertadas en el manejo de residuos orgánicos municipales.

Finalmente, la hipótesis que se plantea en la investigación es que “la calidad del compost es diferente al utilizar dos especímenes de microorganismos en la producción con desechos orgánicos municipales en el distrito Tucumán, región San Martín”, frente lo expresado se

formulan los siguientes objetivos:

1.1. Objetivo general

Determinar la calidad del compost utilizando dos especímenes de microorganismos en la producción con desechos orgánicos municipales en el distrito Tocache, región San Martín.

1.2. Objetivos específicos

- Comparar el tiempo en el proceso de compostaje por efecto de dos especímenes de microorganismos en los desechos orgánicos municipales en el distrito Tocache.
- Determinar las características físicas y químicas del compost producido con residuos orgánicos municipales en el distrito Tocache.
- Identificar las características biológicas en la producción del compost con residuos orgánicos municipales en el distrito Tocache.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

González y Olvera (2014) efectuaron un estudio de caracterización de la composta producida en la planta de composteo Bordo Poniente IV etapa. El proyecto se realizó con el fin de evaluar su calidad y verificar si cumple con la norma PROY-NADF-020-AMBT-2011. Además de establecer los requisitos mínimos de calidad para el compost producido y/o distribuido en el Distrito Federal, establece los requisitos mínimos para la producción de compost a partir de la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos, agrícolas, ganaderos y forestales.

Para aprovechar todo tipo de residuos biodegradables, incluidos el papel y el estiércol animal, el compostaje es una tecnología sencilla y asequible (Röben, 2002). Se puede utilizar tanto a gran escala (a nivel municipal o empresarial) como de forma individual. El resultado final del proceso de compostaje, que desarrolló una propuesta a escala piloto para la producción de compost a partir de residuos vegetales provenientes del mantenimiento de espacios verdes públicos del distrito de Miraflores, puede ser utilizado como enmienda orgánica respetando y manteniendo la armonía. (Cabrera y Rossi, 2016).

Según Schuchardt (2000), el compost maduro contiene ocasionalmente minerales, lignina y lignocelulosa que son difíciles de descomponer o no son degradables. Debido a una biodegradación insuficiente del M:O, esto puede provocar la inmovilización de nutrientes en la planta y provocar fitotoxicidad. (Butler et al., 2001). Debido a su composición química y biológica, en esta situación se pueden incorporar aceleradores de compostaje (AC) para promover la descomposición aeróbica. Se observó en el producto final un mayor porcentaje de fósforo, nitrógeno y ácidos húmicos, así como un menor porcentaje de materia orgánica y una mejor relación C:N cuando se probaron los AC en materiales orgánicos de lenta degradación. (Sánchez et al., 2001)

Najar (2014) concluye que, la producción de compost CEM es más eficiente que la producción de compost convencional SEM, tanto en los factores de tiempo: compost CEM (en promedio 2 meses y 23 días), compost SEM (en promedio 5 meses y 14 días); olor: CEM (olor a tierra de bosque) y SEM (olor a putrefacto, muy desagradable). Tesis. Evaluación de la eficiencia en la producción de compost convencional con la aplicación de la tecnología EM (microorganismos eficaces) a partir de los residuos orgánicos municipales, Carhuaz 2012.

En calidad nutricional: CEM (MO 20.71%, N 0.89%, P205 0.94% y K20 1.14%) y SEM (MO 19.74%, N 0.89%, P205 0.99% y K20 0.94%); patógenos: CEM (Coliformes totales 1417.2 NMP/g, Coliformes fecales 66.8 NMP/g, *Escherichia coli* ≤ 3 NMP/g, mohos 369200 UFC/g y *Salmonella* ≤ 3 en 25g) y SEM (Coliformes totales 643.2 NMP/g, Coliformes fecales 615.6 NMP/g, *Escherichia coli* ≤ 3 NMP/g, mohos 422000 UFC/g y *Salmonella* ≤ 3 en 25g) de acuerdo al objetivo determinar la calidad del compost con la aplicación de los EM (CEM) y del compost convencional municipal (SEM), mediante el análisis comparativo de las propiedades químicas (Najar, 2014).

Las características generales del suelo y del compost fueron identificadas en un estudio preliminar; No se consideraron otros factores, como la salinidad del suelo y la respuesta de determinados cultivos a ella. (Widman et al., 2005).

Tabla 1. Características del suelo y la composta.

Parámetros	Composta	Suelo
pH	7,35	6,93
Nitrógeno total	1,30%	0,94%
Fósforo total	0,18%	0,07%
Carbono total	38,46%	42,75%
C/N	30	45
C/P	214	618
Humedad	69,23%	76,95%
Potasio		0,63%

Fuente: Widman *et al.* (2005).

Cuando se combinan, no se cree que el nitrógeno y el fósforo totales sean medidas precisas de la calidad del compost o del suelo. Algunos autores prefieren las relaciones C/N y C/P como indicadores. (Haug,1993).

La relación C/N óptima oscila entre 20 y 30 de C por 1 de N, y la relación C/P ≤ 200 de C por 1 de P. Tanto el N como el P se mineralizan, que es la forma en la que está disponible para las plantas, cuando ambas proporciones se encuentran dentro de lo que se considera óptimo. El N es accesible para las plantas porque la relación C/N del compost (30) está en el extremo superior del rango ideal. La relación C/P (214) se encuentra ligeramente arriba del parámetro establecido, lo que indica que el P no puede ser asimilado al 100% por las plantas. Las relaciones C/N y C/P en el suelo están completamente fuera de los rangos recomendados.

(Monroy y Viniegra, 1990).

Con base en un estudio para identificar la naturaleza y composición de la MO procedente de residuos orgánicos de origen urbano y afines en Ecuador, Jara (2016) informó que la concentración promedio inicial de la MO de tres pilas para compostaje fue del 88,53 % y que se situó en 54,4 % al finalizar el proceso de compostaje. En el primer mes de compostaje se produjo la mayoría de las pérdidas de MO, que correspondieron al pico de actividad microbiana y a los valores de alta temperatura típicos de los procesos de compostaje. La falta de cambios significativos en las concentraciones de MO durante la fase de maduración sugiere que los materiales se están estabilizando después de la fase biooxidativa.

García (2018) en la investigación “Eficiencia de *Saccharomyces cerevisiae* en la producción de abono orgánico a partir de residuos de flores del cementerio jardín de la Esperanza, en el distrito de amarilis – Huánuco abril – junio 2018”. Manifestó que la problemática que se observa en Huánuco son los residuos sólidos, generándose 135 toneladas de residuos en Huánuco, pero los residuos producidos por las de flores de los cementerios, no son aprovechados como residuo orgánico, además que no existe ninguna interacción por parte de las autoridades. Se utilizaron dos tratamientos, TA con cinco repeticiones y TB, el control, para comparar la cantidad y efectividad de *Saccharomyces cerevisiae* en los parámetros físicos, la velocidad a la que se degradan la materia orgánica y los nutrientes, y otros factores. Utilizando la misma dosis de 150 kg para cada tratamiento. Se encontró que *Saccharomyces cerevisiae* influye en los parámetros físicos humedad, temperatura, pH y degradación de la MO con respecto a los micronutrientes, arrojando los siguientes resultados: nitrógeno 1,13%, fósforo 0,162%, potasio 1,02%, sodio 0,007% y calcio con magnesio 0,5%, en comparación con nitrógeno 1,11%, fósforo 0,157%, potasio 0,72 % y magnesio 0,32 % en el control.

Chávez y Garro (2020) en su trabajo efecto del porcentaje de *Saccharomyces cerevisiae* en la calidad y tiempo del compost obtenido con biomasa residual del Mercado Corralón, encontró que las dosis la dosis utilizada de 0.5, 0.7 y 0.9% *Saccharomyces cerevisiae* tuvieron efectos favorables, mientras que para los parámetros de calidad como la conductividad eléctrica, materia orgánica y la relación de C/N. tienen diferencias significativas, encontraron reducción del tiempo en obtención del compost en nuestras dosis de 0.5%, 0.7% y 0.9% *Saccharomyces cerevisiae*, siendo en 8 semanas, a diferencia de nuestro grupo control que demoró 10 semanas, teniendo mayor velocidad de reacción la dosis de 0.5% *Saccharomyces cerevisiae*.

Rivera y Caracela (2019) Descubrieron que el Tratamiento 3 con una dosis de 300 gramos de microorganismos obtuvo mejores indicadores, acelerando el tiempo de cosecha de

compost a 93 días, a diferencia de los 118 días del control, en su estudio titulado "Aplicación de *Saccharomyces cerevisiae* para acelerar el compostaje de bioresiduos". Proceso de una Institución Educativa como Contribución a la Reducción de GEI en 2018.”.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. El compost

2.2.1.1. Proceso de compostaje

La producción de compost consiste en preparar y acondicionar la materia prima, seguido por el compostaje real. Para producir un producto comercializable es necesario para convertir el compost en un producto final. El objetivo de la preparación y el acondicionamiento de la materia prima es optimizar las condiciones para el siguiente proceso de compostaje, eliminar las impurezas para proteger el equipo técnico, reducir la entrada de metales pesados y componentes orgánicos peligrosos (si las impurezas contienen estos componentes), para cumplir con los requisitos de calidad para el compost terminado (Schuchardt, 2005).

Los pasos básicos de preparación y acondicionamiento de la materia prima (Schuchardt, 2005) son:

- Desintegración de desechos ásperos (Ejemplo, restos de madera, árboles, matorrales, hierba larga) por cortar, triturar o moler con fines de lograr un aumento del área de superficie disponible para la actividad microbiana.
- Deshidratación o secado (parcial) de desechos ricos en agua y sin estructura (Ejemplo, lodos, restos de fruta) si están demasiado húmedos para el proceso de compostaje.
- Adición de agua (Ejemplo, agua dulce, aguas residuales, lodos) si los desechos se encuentran demasiados secos para realizar el proceso de compostaje.

Tabla 2. Fases y características del proceso de compostaje.

Pre-Compostaje, principio

Post-Compostaje, fase madura

Degradación de compuestos fácilmente degradables: azúcar, almidón, pectina, proteína.	Degradación de degradables difíciles de descomponer compuestos: hemicelulosa, cera, grasa, aceite, celulosa, lignina.
Inactivación de microorganismos patógenos y semillas de malezas.	Composición de compuestos de alto peso molecular (humus).
Alta demanda de oxígeno.	Baja demanda de oxígeno.
Emisiones de olor y agua de drenaje.	Bajas emisiones.
Tiempo: 1-6 semanas	Tiempo: 3 semanas a 1 año.

Fuente: Schuchardt (2005).

- **Frecuencia de volteo (aireación)**

El volteo se realiza mecánicamente con la ayuda de una máquina volteadora para agregar oxígeno a la pila de compost, y la frecuencia depende del tipo de entrada, la altura de la pila y el clima.

La aireación sirve para controlar la temperatura, suministrar oxígeno para la degradación microbiana y secar la materia orgánica durante el proceso de compostaje. La fermentación anaeróbica (degradación por putrefacción) puede comenzar en pilas de compost con una aireación inadecuada debido a las condiciones favorables creadas. (Aprolab, 2007).

- **Segregación**

Debido a su cantidad, así como a los efectos negativos que su eliminación tiene sobre la salud humana y el medio ambiente, una gestión adecuada es crucial. Se cree que la mayor fuente de gases de efecto invernadero en los sistemas de gestión de residuos es el gas metano, que se libera a la atmósfera en los vertederos. (Bogner et al., 2007); Además, se prevé que en el transcurso de 30 años, una tonelada de residuos eliminados producirá aproximadamente 276 litros de lixiviado (Williams, 1998), un subproducto que contiene compuestos inorgánicos y orgánicos difíciles de degradar, además de compuestos biodegradables. Los lixiviados son uno de los problemas más difíciles de abordar en la operación de vertederos. (Del Borghi et al., 2003).

Tabla 3. Composición física de los residuos sólidos municipales (RSM), en diferentes países de América Latina.

Componentes	Colombia ¹	Costa Rica ²	Ecuador ²	Guatemala ²	Perú ²
Putrescibles	52,3	49,8	71,4	63,3	54,5
Cartón y papel	18,3	20,7	9,6	13,9	7,5
Metales	1,6	2,1	0,7	1,8	2,3
Vidrio	4,6	2,3	3,7	3,2	3,4
Plásticos	14,2	17,7	45	8,1	4,3
Textiles	3,8	4,1	---	0,9	1,5
Otros e inerte	5,2	3,3	---	8,8	25,9

Fuente: 1 Acuario et al. (1997); 2 OPS (2005).

Aspectos como el uso de técnicas de separación en origen (SF), la recolección selectiva y el seguimiento y control del proceso influyen en la calidad del producto de compostaje RSM. El Tabla 4 muestra la composición física de los residuos sólidos municipales producidos en varios países de América Latina. Destaca la prevalencia de residuos putrescibles y cantidades significativas de cartón, papel, vidrio y plásticos, lo que respalda la exigencia de SF para la efectividad del proceso. El compostaje es una posibilidad que se está utilizando con mayor frecuencia en la nación, pero no hay evidencia de experiencias de investigación que respalden su implementación. Por esta razón, es conveniente explorar temas como el impacto de la SF en la efectividad del proceso. (Marmolejo et al., 2010).

- Comportamiento de la temperatura

Es importante alcanzar la temperatura de funcionamiento de la masa de compost y mantenerla allí por un tiempo. Se sabe que las altas temperaturas fomentan el compostaje rápido al acelerar el proceso y matar los microorganismos patógenos, mientras que las bajas temperaturas son indicativas de una disminución de la actividad microbiana, lo que puede ser un signo de bajos niveles de oxígeno o condiciones inadecuadas. Las relaciones de temperatura más adecuadas se muestran en la Tabla 4. (Flores, 2013).

Tabla 4. Relación de temperatura y tiempo para garantizar la inocuidad del producto.

Temperatura promedio	Tiempo
55°C	Por 2 semanas
60°C	Por 1 semana
Hasta 65°C	Por 3 días

Fuente: Flores (2013).

Para realizar el estudio, el objetivo de este trabajo fueron evaluar la calidad de la composta y realizar un balance de materia para el proceso. Los datos obtenidos del comportamiento de la temperatura, de las tres muestras obtenidos se obtuvieron un promedio de 35,35 °C a un día de evaluación, segunda muestra un promedio de 46,73 °C a los 24 días y el muestreo final un promedio de 48,80 °C a los 64 días de evaluación (González y Olvera, 2014).

Cada uno tiene condiciones óptimas de crecimiento a diferentes temperaturas: psicrófilos entre 15 y 20 °C, mesofílicos entre 25 y 35 °C, y termofílicas entre 55 y 65 °C. En compost maduro a temperaturas inferiores 30 – 35 °C, otros organismos como protozoos, colembolanos, ácaros y lombrices de tierra a la biodegradación 2 y 22.

- **Comportamiento del pH**

Dado que las bacterias y los hongos se desarrollan mejor a diferentes niveles de pH, el pH es un factor crucial que afecta directamente la actividad microbiana. Saber cómo cambia el pH es posible debido a las fracciones de materia orgánica que están siendo biotransformadas durante las diversas etapas del proceso. (González y Olvera, 2014). Los resultados muestran que los valores iniciales de pH son parecidos en todas las investigaciones en un rango de 7,5 – 7,9 (Gusain et al., 2018).

Para realizar el estudio, el objetivo de este trabajo fueron evaluar la calidad de la composta y realizar un balance de materia para el proceso. Los datos obtenidos de pH de la composta, de las tres muestras obtenidos se obtuvieron un promedio de 4,59 a un día de evaluación, segunda muestra un promedio de 5,31 a los 24 días y el muestreo final un promedio de 7,42 a los 64 días de evaluación (González y Olvera, 2014).

El tipo de residuo o mezcla de residuos a compostar determinará el pH inicial del proceso (DIOS, 2008). Cuando el pH está entre 6,0 y 7,5 las bacterias alcanzarán su máximo desarrollo, mientras que los hongos lo harán cuando el pH esté entre 5,0 y 6,0. Cuando comienza la fase ácida, la degradación aeróbica inicial generalmente resulta en una disminución de 4,5 a 5,5, pero luego aumenta nuevamente y la temperatura aumenta a valores termófilos. La reacción es alcalina cuando se alcanza la temperatura máxima, pero se vuelve ligeramente ácida durante la fase de estabilización (pH 7 a 8) debido a la capacidad amortiguadora incorporada de la materia orgánica. (Ábalos, 2012).

2.2.1.2. Calidad de compost

La calidad está influenciada por la disponibilidad de nutrientes. A la hora de fertilizar o recuperar un suelo concreto, se cree que los fertilizantes orgánicos son la mejor opción. (Román et al., 2013).

- Calidad física

Tamaño de partículas

Según Balvin (2019) El objetivo fue evaluar la cantidad y calidad de MO, semillas vivas de malezas, granulometría, densidad aparente, fitotoxicidad y materiales inertes en compost estabilizado elaborado en el PTRS-MDI Huaraz en 2017-18.

Tabla 5. Tamaño de partículas.

Tamaño de partículas	Ruma 1 (%)	Ruma 2 (%)	Ruma 3 (%)
4.75 – 4.00 mm	6,5	17,1	29,0
4,00 – 2,00 mm	12,5	20,7	23,3
<2,00 mm	81,0	62,2	47,7

Fuente: Balvin (2019).

Materias inertes

Según Balvin (2019) Se estudió la MO, semillas de malezas viables, granulometría, densidad aparente, fitotoxicidad y materiales inertes en el compost estabilizado de la tesis en Independencia-Huaraz entre 2017 y 2018, presentó los siguientes resultados:

Tabla 6. Resultados de material inerte presentes en las tres rumas - compost maduro.

Parámetros	Ruma 1 (%)	Ruma 2 (%)	Ruma 3 (%)
(Pf)>4	0,000	0,000	0,000
(P, T)>4	0,007	0,015	0,017
(V, M, C, Pr)>4	0,000	0,000	0,001
(V, M, C, Pr)>2	0,000	0,000	0,001

Fuentes: Balvin (2019).

(Pf)>4 (%) = contenido de plásticos flexibles > 4 mm. (P, T)>4 (%) = contenido de piedras y terrones > 4 mm. (V, M, C, Pr)>4 (%) = contenido de vidrios, metales, caucho y plásticos rígidos > 4 mm. (V, M, C, Pr)>2 (%) = contenido de vidrios, metales, caucho y plásticos rígidos > 2 mm.

Presencia de semillas de maleza

Después de que se probó la viabilidad de los propágulos de malezas en las muestras de compost recolectadas después de cuatro meses de compostaje, no se descubrió nada, mientras que después de cinco meses, se registró un promedio de 0,125 propágulos por kilogramo de compost. (Vargas, 2017).

Contenido de humedad

Para realizar el estudio, el objetivo de este trabajo fueron evaluar la calidad de la composta y realizar un balance de materia para el proceso. Los datos obtenidos del contenido de la humedad de la composta, de las tres muestras obtenidos se obtuvieron un promedio de 72,90% a un día de evaluación, segunda muestra un promedio de 63,50% a los 24 días y el muestreo final un promedio de 62,90% a los 64 días de evaluación, indica que el exceso de humedad fue debido a las constantes lluvias que se presentó en el proceso (González y Olvera, 2014).

Las variaciones de humedad están correlacionadas con la exposición a la lluvia y la humedad recurrente. Aunque sería conveniente mantener la humedad por encima del 40% en las fases intermedias del compostaje, esta evolución responde al fenómeno de desecación por respiración y favorece la aerobiosis durante todo el proceso. (Dios, 2008).

Un exceso de humedad impide que el oxígeno fluya a través de las baterías, lo que provoca una fermentación anaeróbica. Ambas condiciones dan como resultado una caída notable en la actividad microbiana, lo que detiene el proceso de fermentación y reduce la temperatura. Durante la primera etapa del proceso de descomposición, se necesita la mayor humedad. (Torres, s.d.).

- Calidad química

Es bien sabido que la incorporación de nutrientes y materia orgánica que se encuentran en el compost maduro y de alta calidad mejora las características físicas, químicas y biológicas de los suelos. Sin embargo, un uso inadecuado o un abono de baja calidad también pueden tener un impacto negativo.

Macronutrientes NPK

Con respecto a las propiedades químicas, según Martínez et al. (2011) concluyen que, el contenido en nutrientes en el compost como N, P y K tiene una gran variabilidad, ya que depende de los materiales de origen fluctuando para el N de 0.3% a 1.5% (3 a 15 g/kg de compost), P de 0,1% a 1,0% (1 a 10 g/kg de compost) y K de 0,3% a 1,0% (3 a 10 g/kg de compost).

Para realizar el estudio, el objetivo de este trabajo fueron evaluar la calidad de la composta y realizar un balance de materia para el proceso. Los datos obtenidos del contenido de nitrógeno, de las tres muestras obtenidos se obtuvieron un promedio de 1.38% total del nitrógeno a un día de evaluación, segunda muestra un promedio de 1,93% total de nitrógeno a los 24 días y el muestreo final un promedio de 1,72% total de nitrógeno a los 64 días de evaluación. Para realizar el estudio, el objetivo de este trabajo fueron evaluar la calidad de la composta y realizar un balance de materia para el proceso. Los datos obtenidos de la concentración de fósforo, de las tres muestras obtenidos se obtuvieron un promedio de 26,47 mg/kg-1 a un día de evaluación, segunda muestra un promedio de 15,09 mg/kg-1 a los 24 días y el muestreo final un promedio de 22,75 mg/kg-1 a los 64 días de evaluación (González y Olvera, 2014).

Micronutrientes

Para los cultivos y la dieta humana, los micronutrientes hierro (Fe), manganeso (Mn), cobre (Cu), zinc (Zn), boro (B) y molibdeno (Mo) son cruciales. La cantidad de micronutrientes en varios abonos y naciones varía mucho (HE et al. Además, la cinética de movilización de varios conjuntos de micronutrientes en distintos compost varía. En los casos del Zn en el Mediterráneo, esta acción se ha convertido en una tecnología sostenible que puede rentabilizar la producción de residuos en cantidades cada vez mayores para aumentar la fertilidad, combatir la degradación y frenar el cambio climático. Por lo tanto, se debe investigar más a fondo en esta área, creando pruebas holísticas que tengan en cuenta cómo cambian las propiedades de los diferentes suelos y enmiendas según el clima. (He et al., 2004).

Vargas (2016) realizó un muestreo del compost producido a partir de RSOM del CEPASC, en donde determinó el pH (8,28), materia orgánica en base seca (21,83%), humedad (28,77%) y dentro de los macronutrientes estuvieron el contenido de N, P y K con valores de 1,91%, 0,62% y 0,65% respectivamente; los micronutrientes como Ca (2,12%), Fe (0,47%), Mn (0,03%) y Mg (0,51%) y en el contenido de metales pesados como el Cu (124,31 mg/kg), Zn (207,93 mg/kg), Cd (0,26 mg/kg) y Pb con valores de 40,32 mg/kg.

Materia orgánica

Para realizar el estudio, el objetivo de este trabajo fueron evaluar la calidad de la composta y realizar un balance de materia para el proceso. Los datos obtenidos de la materia orgánica de la composta, de las tres muestras obtenidos se obtuvieron un promedio de 66,79% a un día de evaluación, segunda muestra un promedio de 69,40% a los 24 días y el muestreo final un promedio de 58,62% a los 64 días de evaluación, indica que el incremento se

debe a los primeros 24 días no hubo volteo (González y Olvera, 2014).

La cantidad de materia orgánica (MO) disminuyó a lo largo del proceso de compostaje, alcanzando su punto máximo en los dos primeros meses. Al tratarse de residuos sólidos urbanos, se anticipó un valor elevado del 80,6 %; sin embargo, después de tres meses, se encontraron valores de 51,7 % y 62,8 % en las pilas de control e inoculadas, respectivamente. El proceso finalizó en la semana 20 manteniéndose esta proporción estable con algunas oscilaciones. (Cariello et al., 2007).

Finalmente, la disminución del CE (conductividad eléctrica), COT (total de carbono orgánico) y NH_4^+ (amonio) y el incremento de NO_3^- (nitrato) y CIC (capacidad de intercambio catiónico) durante el proceso del compostaje indicarían la estabilización de la materia orgánica y la madurez del producto obtenido (Rizzo et al., 2013).

Conductividad eléctrica

Según Cariello et al. (2007), Los resultados fueron muy diferentes entre las distintas baterías y no mostraron una tendencia clara a lo largo del proceso. A los cinco meses, los valores tanto en pilas inoculadas como no inoculadas oscilaron entre 0,57 y 3,95 dScm-1. Estos valores, que se relacionan con los niveles de Ca^{++} , K^+ y Na^+ , no sirvieron como un indicador fiable de madurez en nuestro caso.

La CE fue alta al inicio del proceso y disminuyó rápidamente a lo largo del ensayo, encontrándose diferencias significativas entre los tratamientos en las semanas 6 a la 9 (Riera et al., 2014). La disminución de esta variable puede deberse a la lixiviación de sales durante el proceso (Laos, et al., 2002, Leconte et al., 2009 y Rizzo et al., 2013). Finalmente, los productos compostados obtuvieron valores bajos y recomendables como enmienda de suelos.

Relación carbono/nitrógeno

Para realizar el estudio, el objetivo de este trabajo fueron evaluar la calidad de la composta y realizar un balance de materia para el proceso. Los datos obtenidos de relación carbono/nitrógeno, de las tres muestras obtenidos se obtuvieron un promedio de 28,17 a un día de evaluación, segunda muestra un promedio de 20,86 a los 24 días y el muestreo final un promedio de 19,83 a los 64 días de evaluación (González y Olvera, 2014).

La relación carbono-nitrógeno (C:N) es una de las cualidades del material orgánico que necesita ser compostado más crucial porque determina el mejor crecimiento de los microorganismos que trabajan en el proceso para lograr una rápida

descomposición. Por lo tanto, el carbono debe estar fácilmente disponible. (Schuchardt, 2005).

Además de un contenido suficiente de agua libre, los microorganismos necesitan una C/N relación en el sustrato de 25-30 para un desarrollo óptimo y un proceso de descomposición lo suficientemente rápido, y el carbono debe estar fácilmente disponible. A relaciones C/N por debajo del óptimo, el peligro de pérdida de nitrógeno a medida que aumenta el gas de amoníaco (especialmente cuando la temperatura aumenta y el pH es > 7). Si la relación C/N es mayor que la óptima, el proceso de compostaje necesita más tiempo para estabilizar el material de desecho.

Madurez

Según Schuchardt (2005), la madurez se refiere a la idoneidad del compost para el crecimiento de las plantas y está relacionada con el nivel de humificación. Según una perspectiva estrictamente científica, el concepto de madurez del compost se refiere a la estabilidad biológica y la "humificación" en conjunto. (Senesi, 1989, Iglesias y Pérez, 1989).

Se utilizan tres factores para determinar la calidad del compost: a) la relación carbono/nitrógeno. b) Estabilidad biológica medida por respirometría, que excluye materiales sometidos a descomposición microbiana activa. c) el nivel de madurez alcanzado a lo largo del crecimiento y evolución de las distintas etapas del proceso, que se evalúa mediante bioensayos para determinar la presencia de compuestos fitotóxicos. (Varnero et al., 2004).

- Calidad microbiológica

En una investigación se encontró que el volumen de la pila disminuyó porque los microorganismos descompusieron la materia orgánica, lo que resultó en una reducción de 410,15 m³ a 296 m³, o 27,8%, del volumen original. (González y Olvera, 2014).

La degradación de los compuestos orgánicos en los desechos durante el compostaje se inicia predominantemente por una comunidad muy diversa de microorganismos: bacterias, actinomicetos, y hongos (Chamuris et al., 2000, El-Din et al., 2000, Kutzner, 2000, Hassen et al., 2001, Hart et al., 2002, Jensen et al., 2002, Tiquia y Tam 2002, Bolta et al., 2003, Principi et al., 2003).

El material de desecho podrido, incluso durante el compostaje bien aireado, se caracteriza por procesos microbianos aerobios y anaerobios al mismo tiempo (Schuchardt, 2000). Los microorganismos aerobios en el material en descomposición necesitan

agua y oxígeno libres. por su actividad. Los productos finales de su metabolismo son agua, dióxido de carbono, Amoniac NH_4^+ (o, a temperaturas más altas y $\text{pH} > 7$, Nitrito NH_3), nitrato, nitrito (óxido nitroso como producto de nitrificación) (Sommer y Dahl 1999, Moller et al., 2000).

La presencia de bacterias coliformes a menudo se usa como un indicador de la calidad sanitaria general del suelo y el agua. El uso de un indicador como coliformes, en oposición a los organismos que causan enfermedades reales, es ventajoso ya que los indicadores generalmente ocurren a frecuencias más altas que los patógenos y son más simples y seguros detectar. El número promedio de coliformes fecales fue 2.5×10^7 bacterias/g WDW al comienzo del proceso de compostaje, y disminuyó considerablemente a 5×10^3 bacteria/g WDW durante la fase termofílica. Esta disminución fue presumiblemente por el resultado de la alta temperatura (60 - 65 °C) y de las condiciones desfavorables establecidas durante la fase termofílica, Sin embargo, una fase de crecimiento resurgente apareció a partir de la novena semana en todas las hileras. Esta el crecimiento secundario de coliformes fecales, también observado por otros autores, puede deberse a la recontaminación o "Redistribución" durante los giros de las hileras (Alberti, 1984, Hachicha et al., 1993, Hassen et al., 2002).

La presencia de Shigella y Salmonella se considera el problema principal y específico de la calidad higiénica de compost (Yanko, 1995, Hussong y Burge, 1985, Brinton y Droffner, 1994, Hay, 1996). Esto probablemente fue porque estas bacterias son ubicuas y tienen una capacidad de crecimiento muy rápido. La protección ambiental de los Estados Unidos la Agencia (US-EPA) impone a Salmonella una tasa inferior a 3 bacterias en 4g de peso seco de compost y lodo (Hay, 1996).

Las salmonelas provienen de desechos alimenticios, esencialmente de carnes, aves, leche y sus derivados En el presente tema, la determinación de Salmonella y Shigella fue solo cualitativa (presencia o ausencia). Los resultados mostraron que las especies de *Salmonella* desaparecieron el día 25 tan pronto como la temperatura alcanzó los 55 °C y no detectado, más tarde en el compost (Hassen et al., 2002). informaron que algunas cepas mutantes de Salmonella pueden soportar las altas temperaturas (42 a 54 °C), y podría volver a contaminar hileras durante el almacenamiento de compost (Brinton y Droffner, 1995).

2.2.1.3. Normatividad relacionada con la definición de la calidad y uso del compost

- Norma Chilena NCh 2880

El compost se dividió en las siguientes clases según los requisitos de aplicación de esta norma en función de su nivel de calidad:

Compost Clase A: Producto de alta calidad que cumple con los estándares establecidos en la especificación. Su conductividad eléctrica debe ser menor a tres decisiemens por metro (3 dS/m), su relación carbono/nitrógeno debe ser menor o igual a 25 y debe cumplir con las concentraciones máximas permitidas de metales pesados (Tabla 8). Este producto es apto para agricultura ecológica y no tiene restricciones de uso.

Tabla 7. Valores máximos permitidos de características físicas en las clases de compost.

Parámetro	NCh 2880 - 2005		NADF 020 - 2011		
	Clase A	Clase B	Clase A	Clase B	Clase C
Tamaño de partículas	≤ 16 mm		≤ 10 mm	≤ 30 mm	
Materias inertes de MS:	> 4 mm - ≤ 16 mm			> 5 mm	
- Plásticos	≤ 5%		Ausente	< 0,5 %	< 1 %*
- Piedras	≤ 5%		Ausente	< 3 %	< 5 %*
- Vidrio y metales	≤ 0,5%		Ausente	< 1 %	< 2 %*
Presencia de semillas viables de malezas	Deben germinar ≤ 2 propágulos/kg de compost			No considera	
Contenido de humedad en base húmeda	30-45%		25-35%	25-45%	

* La suma de los porcentajes de impurezas físicas deben ser menor al 5%.

Compost Clase B: Producto de calidad media que cumple con los estándares establecidos en la especificación. Debe cumplir con las concentraciones máximas de metales pesados, tener una relación carbono/nitrógeno menor o igual a 30 y tener una conductividad eléctrica menor a ocho decisiemens por metro (8 dS/m) (Tabla 9). Si la conductividad eléctrica del producto es superior a tres decisiemens por metro (3 dS/m), puede haber algunas limitaciones sobre su uso.

- **Norma Ambiental 020-2011-México**

Con base en la calidad y posibles usos del compost, estableció tres clases para efectos de su aplicación. (Tablas 8, 9 y 10).

Tabla 8. Valores permitidos de las características químicas en compost.

Parámetro	NCh 2880 - 2005		NADF 020 - 2011		
	Clase A	Clase B	Clase A	Clase B	Clase C
Macronutrientes:					
Contenido de N	≥ 0.5%		De 1% a 3% en cualquiera de ellos y su		
Contenido de P	No considera		suma ≤ 7% (Compost mejorador de suelos),		
Contenido de K	No considera		si cualquiera excede 3% o la suma es > a 7%		
			(Compost para nutrición vegetal)		
Materia orgánica	≥ a 20%		> 20%		> 25%
pH	5.0 - 8.5		6.7 - 7.5		6,5 - 8
Conductividad eléctrica	< 3 dS/m	≤ 8 dS/m	< 4 dS/m	< 8 dS/m	< 12 dS/m
Relación C/N	≤ 25	≤ 30	< 15	< 20	< 25
Madurez	Relación C/N ≤ 30			No regulado	

Tabla 9. Valores máximos permisibles de tolerancia de patógenos en compost, en base seca.

Microorganismo	NCh 2880 - 2005	NADF 020 - 2011
Coliformes fecales	< 1000 NMP/g de compost	
Salmonella sp	3 NMP en 4 g de compost	< 3 NMP en 4 g de compost

Compost Clase A: uso recomendado como sustrato para viveros y sustituto de tierra para macetas. **Compost Clase B:** uso recomendado para agricultura ecológica y reforestación. **Compost Clase C:** uso recomendado para paisaje, áreas verdes y reforestación.

2.2.1.4. Ácido láctico

La producción mundial de ácido láctico ha aumentado a 100.000 toneladas anuales (Datta y Frank, 1995), con un crecimiento de la demanda del 8% anual, debido al potencial de este monómero para producir ácido poliláctico, un polímero biodegradable con aplicaciones industriales y médicas. (Naveena et al., 2005).

Se encuentra disponible ácido láctico producido químicamente o biotecnológicamente. En lugar de utilizar una producción biotecnológica que se basa en la fermentación bacteriana o fúngica, la mayoría de los estudios de producción de ácido láctico se concentran en la producción a escala industrial y utilizan suero o medios sintéticos con lactosa, sacarosa o glucosa como única fuente de carbono.

Para fines comestibles, el rango de concentración es del 50% al 70%. Esta cualidad estipula que el ácido sulfúrico, los contaminantes, el hierro, los metales pesados y los olores no deben estar presentes en cantidades mínimas. Una concentración del 85% al 90% y una incoloridad total son características del ácido láctico de alta pureza. (Dautant, 1985).

La fermentación de glucosa tendrá microorganismos en diferentes entornos, pero destacamos las bacterias *Lactobacillus Delbrueckii Bulgaricus* (ATCC® 7830), ya que es una bacteria que contribuye al deterioro del ácido azucarero para alcanzar el ácido láctico.

En este caso, el almidón de patata "*Solanum tuberosum* L" es un material procesado de origen natural que contiene ácido láctico y constituye una alternativa prometedora para frenar el deterioro ambiental.

La elección de un microorganismo depende sobre todo del carbohidrato que se fermentará. El *Lactobacillus amylophilus* y *Lactobacillus amylovirus* son las dos bacterias capaces de fermentar el almidón, el *Rhizopus oryzae* tiene menos limitaciones alimenticias y puede fermentar directamente el almidón y además generar ácido láctico L (+) puro.

Obtención del ácido láctico a partir del almidón de papa (*Solanum tuberosum* L), como materia prima para la fabricación de material descartable biodegradable.

Los plásticos ampliamente utilizados fabricados a partir de gas o petróleo no son biodegradables debido a las propiedades inertes de los materiales plásticos, que los protegen del ataque de microorganismos ambientales. Sin embargo, existen plásticos biodegradables elaborados a partir de fuentes de materias primas renovables, como el almidón de patata. (*Solanum Tuberosum* L) (Iñiguez y Castillo, 2011).

2.2.1.5. Desechos orgánicos municipales

Los residuos sólidos se componen de residuos industriales, municipales y especiales. Los primeros son aquellos que se producen en viviendas, parques,

negocios, instituciones, oficinas y otras estructuras. Las sustancias industriales se crean durante los procesos de extracción, transformación y producción y, en función de su inflamabilidad, explosividad, comorbilidad y toxicidad, pueden clasificarse como no peligrosas, peligrosas o potencialmente peligrosas. Por último, industrias como la minería, la agricultura y los mataderos producen residuos especiales. (Edué, 1986).

La planta de Compost Bordo Poniente, en el Distrito Federal, recibe para su tratamiento los residuos sólidos orgánicos allí producidos, en un promedio diario de 2.500 toneladas. Debido a la falta de espacio, personal de mantenimiento de los equipos y personas capacitadas para verificar continuamente la calidad del compost, el proceso de compostaje se realiza en circunstancias de riesgo. (González y Olvera, 2014).

La recolección eficiente, la máxima reutilización y la adecuada disposición final de los residuos (mediante incineración, depósito en vertederos o confinamientos especiales) son los componentes de una gestión racional de los residuos.

En México es insuficiente el manejo adecuado de los desechos sólidos municipales, debido a la falta de infraestructura y al gran volumen que se genera diariamente. En 1985 se produjeron en el país 32 583 t/día y en 1989, solo en la ciudad de México, 15 000 t/día. El 50% aprox. queda sin recolectar y cerca del 90% se deposita a cielo abierto (Herrera, 1990).

Sin embargo, cuenta con las instalaciones (almacenes) y equipos (contenedores) necesarios para el desarrollo efectivo de la fase de recolección, clasificación y almacenamiento de residuos para su comercialización. El manejo de los residuos producidos en el Mercado Municipal de Puerto Bolívar es poco eficiente porque solo se separan los residuos orgánicos de los inorgánicos, sin brindarles a estos últimos una disposición final adecuada.

Cada semana, la urbanización produce unos 323,80 kg de residuos orgánicos y 589,30 kg de residuos inorgánicos. La venta de este último generaría 65 coma 19 dólares por semana, lo que incitaría a los promotores a llevar a cabo el plan sugerido. El enfoque para mejorar la gestión de los residuos sólidos domiciliarios en ambas localidades de estudio es implementar el plan de educación ambiental, que conducirá a una adecuada gestión de los residuos a través del compromiso y la seguridad y promoverá una fuerte conciencia ambiental. (García et al., 2019).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La investigación se realizó en la planta de tratamiento de los residuos sólidos del distrito Tocache, políticamente se encuentra ubicado en:

Región	:	San Martín
Provincia	:	Tocache
Distrito	:	Tocache

Pigars-PT (2016) clasifica al régimen pluviométrico de la provincia de Tocache como de tipo monomodal, con precipitaciones máximas entre los meses de octubre a marzo y precipitaciones pequeñas en julio y agosto; es decir, que se destacan dos períodos durante el año, uno lluvioso estival y otro invernal con precipitaciones escasas. La temperatura es variable, con una mínima de 15 °C, una máxima de 38 °C y la media registra 25 °C. La precipitación promedio anual asciende a 1340 mm, con una humedad relativa, registrada con fluctuaciones de 87% hasta 89%.

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Materiales

Levadura *Saccharomyces cerevisiae*, bacterias ácido-lácticas, residuos orgánicos municipales, pala tipo cuchara, costales, baldes, tamiz y balanzas.

3.2.2. Equipos

Receptor GPS (sistema de posicionamiento global), pHmetro, termómetro y equipo de cómputo.

3.3. Generalidades del estudio

3.3.1. Tipo de estudio

De acuerdo con la publicación de Ñaupas *et al.* (2014), el ensayo corresponde al tipo básico, debido a que con los resultados que se obtuvo información que servirá como cimiento para investigaciones posteriores.

3.3.2. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación será de tipo experimental, de tipo “experimentos puros” por la existencia de manipulación deliberada de la variable independiente (Hernández et al., 2014).

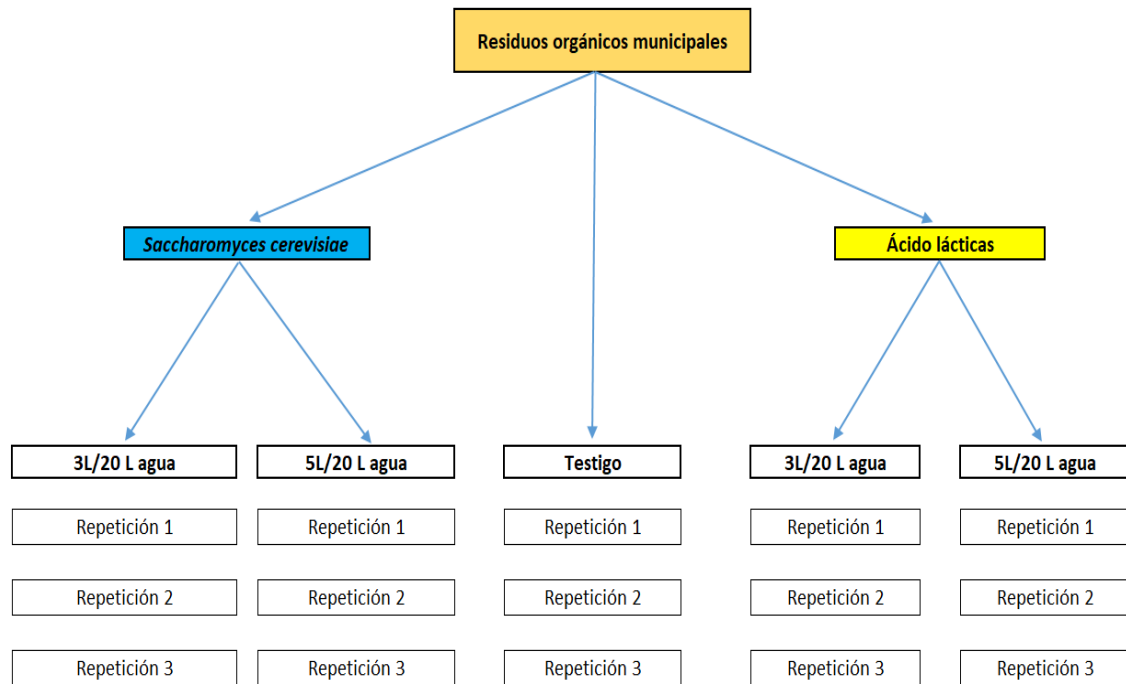


Figura 1. Diseño del experimento.

3.3.3. Nivel de estudio

Debido a que existirá manipulación de las variables, repetición y un control del medio, la investigación pertenece al nivel “explicativo”, ya que su objetivo principal es la verificación de hipótesis causales o explicativas (Ñaupas *et al.*, 2014).

3.3.4. Unidad de estudio

La unidad de estudio de la investigación estuvo comprendida por una muestra de compost (1 kg), mientras que la unidad experimental comprendió a un conjunto de 15 subparcelas donde para cada pila se necesitaron un peso de 150 kg de residuos orgánicos siguiendo la metodología empleada por (García, 2018).

3.3.5. Variables en estudio

La evaluación de las variables en estudio se realizó tomando en consideración los parámetros físicos, químicos y biológicos (Tabla 10).

Tabla 10. Parámetros físicos, químicos y biológicos del compost.

Parámetros físicos	Método de su determinación
Temperatura del suelo	Método directo (termómetro)
Contenido de humedad	Por peso húmedo y seco
Parámetros químicos	
pH	Potenciómetro
Materia orgánica	Método de Walkley y Black
Nitrógeno total	Método de Kjeldahl
Calcio	Método del versenato
Magnesio	Método del versenato
Potasio disponible	Método del ácido sulfúrico
Fósforo disponible	Método de Olsen
Hierro	Método de espectrofotometría de absorción atómica
Cobre	Método de espectrofotometría de absorción atómica
Manganeso	Método de espectrofotometría de absorción atómica
Zinc	Método de espectrofotometría de absorción atómica
Parámetros biológicos	
Macrofauna	Método por recolección de especies
Parámetros microbiológicos	
Bacterias	Identificación y cuantificación de microorganismos
Actinomicetos	Identificación y cuantificación de microorganismos
Mohos y levaduras	Identificación y cuantificación de microorganismos

3.4. Metodología

3.4.1. Comparar el tiempo en el proceso de compostaje por efecto de dos especímenes de microorganismos en la producción con desechos orgánicos municipales en el distrito Tocache

- Obtención de residuos orgánicos familiares

Se utilizaron los residuos generados por las familias del distrito Tocache,

identificando las clases de residuos orgánicos generado mediante labores de segregación y caracterización, realizando este tratamiento en tres oportunidades: mediante tres repeticiones las mismas que fueron pesados en promedio 750 kg por repeticiones, distribuidos en (150 kg de residuos orgánicos por tratamiento o unidad experimental) las mismas que se dio un tratamiento de picado y homogenizado de las mezclas adicionando los microorganismos para su proceso de descomposición.

- **Acondicionamiento y formación de pilas**

Una vez segregados, se acondicionaron el lugar donde se formaron las pilas horizontales, luego se pesaron 150 kg de residuos (peso inicial) por repeticiones. Paralelo a esta actividad, se realizó la producción de la Cepa Madre para posteriormente dosificarlos por cada tratamiento de acuerdo con el diseño de la investigación Figura 1.

- **Manejo de las pilas**

Como parte del manejo de las pilas, se realizaron los volteos semanales empleando una pala tipo cuchara.

3.4.2. Determinar las características físicas y químicas del compost producido con residuos orgánicos municipales en el distrito Tocache

- **Características físicas del compost**

Se procedió a realizar las mediciones de la temperatura que fue medido con un termómetro digital registradas antes y después del volteo de las pilas, el registro del pH se realizó semanalmente In situ y en el Laboratorio una vez seco el compost y la humedad en periodos de cada cuatro días hasta la estabilización de dichos parámetros siendo un indicador de la madurez del compost.

- **Evaluación de las variables**

Con los valores de temperatura, pH y humedad se realizaron comparaciones en cada fecha de medición, dichas comparaciones entre tratamientos se lograron mediante un análisis de la varianza con arreglo factorial.

- **Tamizado del compost seco**

Como actividad final en la producción de compost, se realizó el tamizado del producto orgánico utilizando como herramienta mallas con rejillas de dimensiones: 8 mm y 6 mm, realizando el tamizado agregando de poco a poco el abono para así dejar pasar solamente el abono o grano fino y descartar los grumos o restos que no serán de utilidad para el muestreo

final.

- **Pasaje del compost como producto final**

Posterior a los días de secado, se pesó el compost y se recogieron las muestras en bolsas de polietileno, que fueron enviadas al laboratorio de Análisis de suelos adscrito a la facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para determinar el contenido de macronutrientes y micronutrientes.

- **Características químicas del compost**

Los análisis en el Laboratorio de suelos de la UNAS se realizaron tomando en consideración la Tabla 12 una vez que el compost este maduro y embolsado.

- **Tabulación de los resultados de los análisis del compost**

Una vez obtenido los resultados emitidos por el Laboratorio de Suelos de la UNAS, estas fueron sometidas a un análisis de la varianza con fines de comparar los resultados entre tratamientos a un nivel de confiabilidad del 95%; la comparación de medias se realizó mediante la prueba Tukey.

3.4.3. Identificar las características biológicas en la producción de compost con residuos orgánicos municipales en el distrito Tocache

- **Determinación de la macrofauna presente en el proceso de compostaje**

Consistió en recolectar las especies presentes en las diferentes fases de compostaje y conservarlos en alcohol al 95%, luego fue trasladado al laboratorio de Entomología para su respectiva clasificación.

- **Identificación y cuantificación de los microorganismos eficientes presentes en el proceso de compostaje**

Para la identificación y cuantificación de los microorganismos eficientes presentes en el proceso de compostaje se tomaron las muestras a 0, 15, 25, 35, 43, 46 días que luego fueron enviados al Laboratorio de Microbiología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para su respectivo análisis microbiológico.

- **Identificación y cuantificación de los microorganismos eficientes**

Para la identificación y cuantificación se tomaron las muestras a 0, 15, 25, 35, 43, 46 días por cada muestra para ello se enviaron 1 litro aproximadamente del líquido con microorganismos eficientes al Laboratorio de microbiología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para su respectivo análisis microbiológico.

Procedimiento para la identificación y cuantificación de microorganismos

- Enumeración de microorganismos aerobios viables

Se pesaron 10 g de la muestra de compost, se adicionó en el caldo peptonado y luego se filtró, de este filtrado se extrajo 1 mL para las diluciones 101, 102, 103, 104, de la última dilución (104), se realizó el sembrado por profundidad un inóculo de 1 mL utilizando el medio de plate count más manitol (1%), luego lo dejamos incubar a temperatura ambiente de (26 °C a 29 °C) por 48 horas y posteriormente se realizó el recuento de colonias utilizando el equipo para contar las colonias, para cuantificar la presencia de los microorganismos utilizamos la fórmula de enumeración de microorganismos por gramo siguiendo la metodología. (López, 1990).

$$M.O/g \text{ de muestra} = C \times I \times F$$

Dónde:

M.O/g = microorganismos por gramo de suelo

C = Numero de colonias

I = Inóculo de siembra

F = Factor de dilución

- Aislamiento de microorganismos aerobios viables

Se pesaron 10 g de la muestra de compost se repartió en un diluyente con 90 mL de caldo peptonado al 0.1% luego se filtraron la solución y se distribuyó en diluciones con tubos de ensayos con 9 mL hasta la dilución 104, luego se realizaron el sembrado de los microorganismos por diseminación en superficie, un inóculo de 0.25 mL en placas con medio M77, posteriormente fue llevada a incubación a 30°C por 48 horas a más, luego observamos el desarrollo de las colonias y se conservaron los microorganismos aislados en sepas para su posterior identificación.

- Diferenciación bioquímica

Se utilizaron los medios, caldo peptonado, caldo RMVP, caldo VP medio citrato, medio TSI, medio LIA, rojo de metilo, medio ureasa.

Entre todas las colonias aisladas en medio M77, solo se seleccionó una colonia mediante siembra en asa, y todas se sembraron en el medio de cultivo diferencial, se incubaron a 37 °C durante 48 horas y luego se leyeron los resultados. Se añadió reactivo de confirmación a cada tubo respectivo y se observó el cambio de color.

- **Prueba de indol**

Para la prueba de indol se agregaron 3 gotas del reactivo de Kovac al tubo con caldo peptonado. El color de la formación de un anillo rojo nos dice que es positivo a indol (metabolitos proteicos), si se nota el anillo de color anaranjado nos indica que es negativo al indol.

- **Prueba de rojo de metilo (RM)**

Para la prueba de metilo se agregaron de 2 a 3 gotas de colorante rojo de metilo a uno de los tubos con caldo MRVP, si observamos una coloración roja es porque la muestra es positiva a rojo de metilo, si da un color anaranjado es porque la solución es negativa a rojo de metilo.

- **Prueba de Voges-Proskauer (VP)**

Al otro tubo con caldo MRVP se agrega de 2 a 3 gotas de KOH al 4% luego se añadió gotas de reactivo alfa naftol, se hace reposar por un tiempo de 10 a 20 minutos. Si se observa una coloración rosada nos indica que es positivo a VP, si se observa una coloración amarilla nos indica que negativo a VP. Luego para las otras pruebas de citrato TSI, LIA, Urea, se observaron el viraje de color de cada prueba, luego se compararon con una tabla de pruebas bioquímicas la especie o género de cada microorganismo.

- **Coloración**

Se toma una pequeña muestra de la cepa y luego se diluye en un portaobjetos de vidrio y luego se estabiliza térmicamente quemándola con un encendedor, teniendo cuidado de no quemar la muestra. El portaobjetos se coloca en un soporte y las muestras se recubren con cristal violeta. Luego esperar 1 minuto, escurrir y enjuagar, cubrir la muestra con solución de Lugol y esperar 1 minuto.

Se escurrió y enjuagó. Se cubrieron las muestras con alcohol cetona. Se esperaron que transcurrieran 5 segundos. Igualmente se realizaron la misma actividad con la muestra con safranina, y se esperaron que transcurriera 1 minuto. La misma actividad se realizaron y se dejaron secar las muestras, se agregaron una gota de aceite de inmersión y luego se observaron en el microscopio a 100 x.

- **Enumeración de mohos y levaduras (fungi)**

- **Aislamiento de microorganismos mohos y levaduras**

Pesar 10 g de muestra de compost seco tamizada, dispensar en el diluyente con 90 mL de caldo de peptona al 0,1%, filtrar y diluir en un tubo de ensayo con 9 mL hasta la

Dilución 104 y la dilución final. . Se añadió 1 ml de inóculo y se colocó en una placa de Petri estéril vacía, luego se añadió a agar, glucosa de Sabouraud al 4% más antibiótico y se dejó solidificar, luego se incubó a temperatura ambiente durante 3 a 8 días.

- **Micro cultivó de mohos y levaduras**

Los microcultivos se realizaron utilizando placas de Petri con rejilla de vidrio en forma de U, con cuchillas y tapas, todas esterilizadas 1 día antes (placas de microcultivo), y luego las placas de Petri se utilizaron con medio agar Sabouraud más antibiótica (ceftriaxona de 1g), para formar bloques con unas dimensiones de 20 x 20 x 10 mm, cada uno colocado sobre un portaobjetos dentro de la placa de microcultivo (el espesor del medio depositado dentro de la placa de microcultivo no supera los 10 mm), luego se procede a recoger una colonia de la muestra aislada para cada microplaca y, mediante un ansa micológica, retirar el inóculo y transferirlo a un cubo de medio Sabouraud colocado sobre un portaobjetos de vidrio en la placa el microcultivo, luego colocamos el objeto de cobertura sobre el cubo y agregamos algodón húmedo, cultivamos a temperatura ambiente durante 10 días, verificamos todos los días si el algodón está mojado.

- **Identificación de mohos y levaduras**

Después de 10 días de incubación, retire con cuidado la tapa de la microplaca con unas pinzas, colóquela sobre un vidrio limpio y esterilizado, agregue de 3 a 4 gotas de azul AMANN y luego absorba el exceso de tinte con papel absorbente. Luego de la absorción sellamos los bordes con esmalte de uñas transparente, retiramos el cubo del centro y lo colocamos en un recipiente con solución de sulfonato, retiramos el portaobjetos de la microplaca y agregamos 3 gotas de AMANN azul, agregamos cubre objeto limpio y lo tapamos con esmalte de uñas transparente y colóquelo bajo el microscopio.

- **Enumeración de microorganismos actinomicetos**

Se pesó 10 g de la muestra de compost seco tamizado, se repartió en un diluyente con 90 mL de caldo peptonado al 0.1% luego se filtró y se repartió en diluciones con tubos de ensayos con 9 mL hasta la dilución 104 y de la última dilución se repartió 1 mL de inóculo y se colocó en una placa Petri esterilizado vacía y luego se adicionó en medios de agar, actinomicetos más glicerina al 1% y se dejó que se solidifique, se incubó a temperatura ambiente de 3 - 8 días.

3.4.4. Contraste de hipótesis del efecto de microorganismos en la producción de compost a partir de desechos orgánicos municipales en el distrito Tocache

Para alcanzar el objetivo general, se utilizó la Norma Chilena de compost (NCh 2880) con fines de categorizar los productos de cada tratamiento en estudio. La contrastación de la calidad se realizó mediante un análisis de variancia entre los tratamientos utilizados.

3.5. Análisis estadístico

3.5.1. Para el tiempo en el proceso de compostaje

En cuanto el tiempo en el proceso de compostaje por efecto de dos especímenes de microorganismos en los desechos orgánicos municipales en el distrito Tocache los valores obtenidos no cumplían una distribución normal, por lo que se analizó mediante la prueba H de Kruskal-Wallis, que es una prueba no paramétrica, teniendo como tratamientos a las combinaciones de los factores con números de repeticiones variables. Teniendo como premisas.

- H0: las medianas de la población son iguales.
- H1: las medianas de la población no son iguales

El estadístico esta dado por:

$$K = (N - 1) \frac{\sum_{i=1}^g n_i (\bar{r}_i - \bar{r})^2}{\sum_{i=1}^g \sum_{j=1}^{n_i} (r_{ij} - \bar{r})^2}$$

Donde:

- n_i : es el número de observaciones en el grupo i
- r_{ij} : es el rango (entre todas las observaciones) de la observación j en el grupo
- r_i : es la sumatoria de los r_{ij}/n_i
- \bar{r} : es el promedio de r_{ij}

Finalmente, el p-value (valor p) es aproximado por $\Pr(\chi_{g-1}^2 \geq K)$.

si algún n_i es pequeño (>5) la distribución de K puede ser distinta de la chi-cuadrado.

3.5.2. Para las características físicas y químicas del compost producido con residuos orgánicos municipales en el distrito Tocache

El diseño de la investigación fue de tipo experimental, de tipo “experimentos puros” por la existencia de manipulación deliberada de la variable independiente (Hernández

et al., 2014).

Fue de carácter transversal, porque los datos se recolectaron en un tiempo determinado, mediante la evaluación del proceso de compostaje, que luego fueron analizadas tanto físicas, químicas, microbiológicas y las biológicas se realizaron in situ, actividad que se desarrolló durante un periodo de seis meses.

Los factores que se consideraron en la investigación fueron:

- *Saccharomyces cerevisiae* (A)
 - a₁: 3 litros de microorganismos/ 20 litros de agua
 - a₂: 5 litros de microorganismos/ 20 litros de agua
- Ácido lácticas (B)
 - b₁: 3 litros de microorganismos/ 20 litros de agua
 - b₂: 5 litros de microorganismos/ 20 litros de agua

Las dosis que se utilizó fueron tomadas en cuenta como base de los resultados obtenidos por Jara (2019) que fue de 4 litros de microorganismos/20 litros de agua.

Tabla 11. Tratamientos en estudio.

Factor A	Factor B	Tratamiento
-----	----	T ₀
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	3 litros de microorganismos/ 20 litros de agua	T ₁
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	5 litros de microorganismos/ 20 litros de agua	T ₂
Ácido lácticas	3 litros de microorganismos/ 20 litros de agua	T ₃
Ácido lácticas	5 litros de microorganismos/ 20 litros de agua	T ₄

El diseño del experimento empleado fue bajo un diseño completo al azar con arreglo factorial de la forma 2A x 2B + 1 testigo adicional con tres repeticiones (Figura 12).

Tabla 12. Modelo de análisis de variancia.

Fuentes de variación	Grados de libertad
Total	abr - 1
Sacharomices cerevisae (A)	a - 1
Acido lactico	b - 1
AxB	(a - 1) (b - 1)
AxB vs tratamiento adicional	ab - 1
Error	ab(r-1)

A y B: factores y r: Repetición

3.5.3. Para las características biológicas en la producción del compost con residuos orgánicos municipales en el distrito Tocache

Estas variables fueron analizadas mediante promedios, desviación estándar y coeficiente de variación para saber el grado de dispersión con respecto a los promedios de las combinaciones.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Comparar el tiempo en el proceso de compostaje por efecto de dos especímenes de microorganismos en los desechos orgánicos municipales en el distrito Tocache

Los resultados comparados mediante el análisis de varianza de una sola vía para el tiempo del proceso de compostaje por microorganismos en los desechos orgánicos municipales muestran que a un nivel de confianza del 95% existen evidencias estadísticas para afirmar que las medianas en el tiempo del proceso son diferentes.

Tabla 13. Análisis de varianza para el tiempo en el proceso de compostaje (N° de días) por microorganismos.

Variable	GI	Tratamientos	Valores	Rangos	H _{k-w}	p ≤ 0.05
Número de días	4	Testigo	46	109,12	13,72	0,0082
		T ₁	43	103,48		
		T ₂	25	63,00		
		T ₃	35	86,57		
		T ₄	42	101,48		

Prueba estadística: Kruskal-Wallis • Regla de decisión: Si $p \leq 0.05$ se rechaza H_0

La prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis mostrado en la tabla 14 muestra que el tiempo del proceso de compostaje en número de días son diferentes estadísticamente, teniendo los mejores valores en la aplicación de microorganismos *Saccharomyces cerevisiae* en 5 litros/20 litros de agua (T₂) y microorganismos Ácido lácticas 3 litros/20 litros de agua (T₃), con 25 y 35 días respectivamente, según Röben (2002) El compostaje es una forma sencilla y económica de aprovechar todo tipo de residuos biodegradables, desde residuos de jardín o cocina, pasando por papel hasta estiércol, y puede utilizarse tanto a gran escala (a nivel municipal o de empresa) como de forma individual. Marmolejo et al. (2010) añaden que la calidad del producto del compostaje de RSM está condicionada por aspectos como la aplicación de prácticas de separación en la fuente (SF), la recolección selectiva y monitoreo y el control de los procesos. Está comprobado que la aplicación de microorganismo contribuye favorablemente a la reducción en el tiempo de compostaje.

Schuchardt (2005) aduce que el acondicionamiento de materias primas optimiza el tiempo del proceso de compostaje y permite obtener un compost de calidad, Arolab (2007)

arguye también que la frecuencia de volteo juega un papel importante en la obtención de un producto en buenas condiciones, estas materias primas que se incorporan a veces no son fáciles de digerir y se necesita aceleradores como es el caso de *S. cerevisiae* y bacterias ácido lácticas, estos según Sanches et al. (2001) Debido a su composición química y biológica, causan descomposición aeróbica y han sido probados en materiales orgánicos de lenta descomposición, lo que resulta en mejores propiedades del producto final, como mayores porcentajes de fósforo, nitrógeno y ácidos húmicos y un menor contenido de materia orgánica y relaciones C:N.

González y Olvera (2014) encontraron que el volumen de la pila disminuyó debido a que los microorganismos degradaron la materia orgánica lo cual hizo que de 410,15 m³ llegara a 296 m³ de volumen, el equivalente a 27,8%. El mejor valor encontrado muestra que la aplicación de *Saccharomyces cerevisiae* en 5 litros/20 litros de agua (T₂) tuvo 25 días de proceso de compostaje siendo el mejor valor obtenido teniendo la misma significancia estadística los microorganismos Ácido lácticas 3 litros/20 litros de agua (T₃) con 35 días, valores por debajo de lo obtenido por García (2018) obteniendo 55 días en la producción de abono orgánico a partir de residuos de flores del cementerio jardín de la Esperanza, en el distrito de Amarilis, también Rivera y Caracela (2019) en su trabajo aplicando *Saccharomyces cerevisiae* para acelerar el proceso de compostaje bio-residuos de una institución educativa como contribución a la reducción de GEI en el 2018, encontraron que el tratamiento 3 con una dosis de 300 gramos de microorganismos, obtuvo mejores indicadores, acelerando el tiempo de cosecha del compost a 93 días, en comparación a los 118 días de testigo.

Chávez y Garro encontraron reducción del tiempo en obtención del compost en nuestras dosis de 0,5%, 0,7% y 0,9% *Saccharomyces cerevisiae*, siendo en 8 semanas, a diferencia de nuestro grupo control que demoró 10 semanas, teniendo mayor velocidad de reacción la dosis de 0,5% *Saccharomyces cerevisiae*, así mismo en investigaciones con bacterias, según la Organización para el Progreso Industrial, Espiritual y Cultural [OISCA] (2009) reportan que, las bacterias ácido lácticas generan sustancias que ayudan a que la descomposición de materiales orgánicos sea más rápida, lo cual permite reducir el período de tiempo del compostaje, en ese sentido en nuestra investigación se obtuvo un tiempo menor a lo encontrado por aquellos investigadores. Al final Najjar (2014) concluye que, la producción de compost CEM es más eficiente que la producción de compost convencional SEM, tanto en los factores de tiempo: compost CEM (en promedio 2 meses y 23 días), compost SEM (en promedio 5 meses y 14 días); olor: CEM (olor a tierra de bosque) y SEM (olor a putrefacto, muy desagradable).

Tabla 14. Comparaciones post-hoc para el tiempo del proceso de compostaje (N° de días).

Tratamientos	Días totales	Medianas	p> 0.05	
T ₂	25	13	a	
T ₃	35	18	a	b
T ₄	42	21,50	b	
T ₁	43	22,00	b	
T ₀	46	23,50	b	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0.05), según prueba de Kruskal-Wallis

4.2. Determinar las características físicas y químicas del compost producido con residuos orgánicos municipales en el distrito Tocache

4.2.1. La temperatura

El análisis de varianza de la **temperatura** del proceso de compostaje realizada a un nivel de confianza del 95% con respecto mostraron diferencias estadísticas significativas de los factores en evaluación (microorganismos *S. cerevisiae* y ácido lácticas) así como en la interacción entre los factores antes mencionados y versus el testigo.

Tabla 15. Análisis de variancia para la temperatura del proceso de compostaje de por efecto de los microorganismos en los desechos orgánicos municipales.

Fuentes de variación	GL	SC	CM	Fc	Ftab	Sig 0.05
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (A)	1	9,40	9,40	78,33	5,59	*
Ácido lácticas (B)	1	34,07	34,07	283,92	5,59	*
Interacción AyB	1	178,49	178,49	1 487,42	5,59	*
Factores vs testigo	2	81,67	40,84	340,33	5,59	*
Error experimental	7	0,84	0,12			
Total	11	304,47				

CV (%):0.73

Realizada la prueba de Tukey (tabla 16 y figura 2) a los valores promedios de

la temperatura del proceso de compostaje encontramos que, la aplicación de microorganismos *S. cerevisiae* a los desechos orgánicos municipales muestra que la dosis de 3 litros de microorganismos *S. cerevisiae* en 20 litros de agua tuvo el mayor valor con una temperatura promedio de 41,73 °C. Al respecto Flores (2013) Se dice que las altas temperaturas promueven un rápido compostaje, lo que mejora la estructura y la eficiencia del proceso de compostaje, acelerando el compostaje y matando los microorganismos que causan enfermedades, mientras que las bajas temperaturas indican una actividad microbiana reducida, lo que a su vez puede indicar niveles bajos de oxígeno o condiciones inapropiadas. El comportamiento de la temperatura según González y Olvera (2014) muestran promedios de 35,35°C a un día de evaluación, segunda muestra un promedio de 46,73°C a los 24 días y el muestreo final un promedio de 48,80°C a los 64 días de evaluación, datos que se asemejan a los datos obtenidos en la investigación.

Aranda et al. (2004) mencionan que la levadura *Saccharomyces cerevisiae* es probablemente el microorganismo más ampliamente utilizado por el hombre a través del tiempo; posee una elevada capacidad fermentativa (Querol, 2003) al ser una levadura se propaga muy fácilmente en condiciones favorables, aunque siempre ha sido utilizado para productos como el pan, se puede observar que aplicando dosis de 3 litros en 20 litros de agua obtiene el mayor valor de temperatura, a lo que también Tomasso (2004) añade que las altas temperaturas ocasionan una disminución de la biomasa, producto de un descenso en el contenido de proteínas, hecho que es corroborable ya que los residuos sólidos disminuyen en peso y tamaño en las pilas de compostaje, esto se denomina según Barrena (2006) La descomposición ocurre en dos etapas, una etapa mesófila con temperaturas de hasta 45°C y una etapa de alta temperatura con temperaturas de hasta 70°C. Durante esta etapa, las moléculas complejas se descomponen en moléculas orgánicas e inorgánicas más simples. La energía producida por este proceso de descomposición se libera en forma de calor, elevando gradualmente la temperatura.

Tabla 16. Valores promedios de la temperatura del proceso de compostaje (°C) para microorganismos *S. cerevisiae*.

Factor A	Promedio	Sign. Alpha 0.05
3 L de microorganismos	41,73	a
5 L de microorganismos	39,96	b

Letras distintas por columnas indican diferencias significativas ($p <= 0.05$), según prueba de Tukey

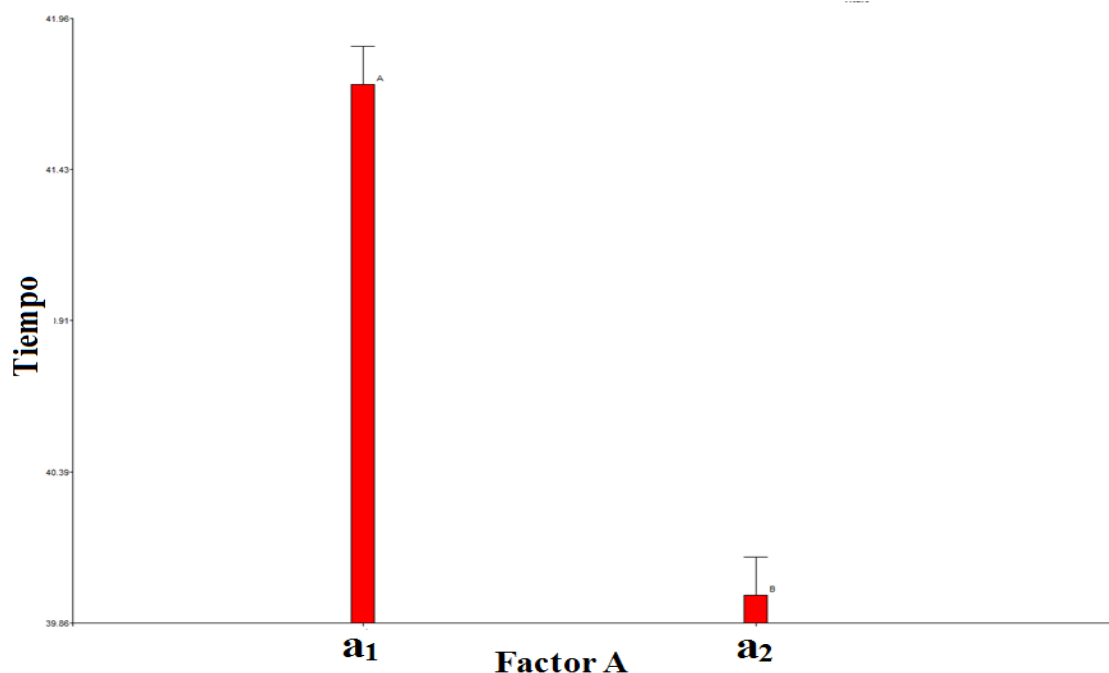


Figura 2. Valores para la temperatura de los microorganismos de *Saccharomyces cerevisiae*

Tabla 17. Valores promedio de la temperatura del proceso de compostaje para microorganismos ácido lácticas.

Factor B	Promedio	Sign. Alpha 0.05
5 L de microorganismos	42,53	a
3 L de microorganismos	39,16	b

Letras distintas por columnas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$), según prueba de Tukey

Realizada la prueba de Tukey (tabla 17 y figura 3) a los valores promedios de la temperatura del proceso de compostaje encontramos que, la aplicación de microorganismos ácido lácticas a los desechos orgánicos municipales muestra que la dosis de 5 litros de microorganismos ácido lácticas en 20 litros de agua tuvo el mayor valor con una temperatura promedio de 42,53°C. según Barrena temperaturas altas, es un proceso exotérmico debido principalmente a la actividad biológica, las familias de microorganismos mesófilos, que inician la descomposición de las moléculas más fácilmente degradables, alcanzar temperaturas altas permite eliminar los microorganismos patógenos y las semillas de malas hierbas, con lo que se asegura la higienización del producto final, según OISCA (2009) Las bacterias del ácido láctico producen sustancias que ayudan a que la materia orgánica se descomponga más rápidamente y, según Cieza (2017), este tipo de bacterias previene la descomposición de sustancias (la formación de sustancias nocivas como el amoníaco y el sulfuro de hidrógeno) provocando la

fermentación y el procesamiento adecuado evita olores no deseados, reduce los vectores de enfermedades (moscas, roedores, etc.) y produce sustancias aminoacídicas y ácidos orgánicos. Además, son ácidos tolerantes alcanzando pH entre 4,8 y 9,6. es por lo que un proceso adecuado en la formación de pilas de compostaje y la aplicación óptima de estas bacterias ácido lácticas permite evitar olores y reducir el tiempo de compostaje, esto obviamente no se condice con la temperatura, ya que llegan al valor óptimo que evita olores desagradables de la pila. Además, se añade que con estas bacterias es posible llegar a temperaturas de 70°C que es idónea para el proceso de higienización.

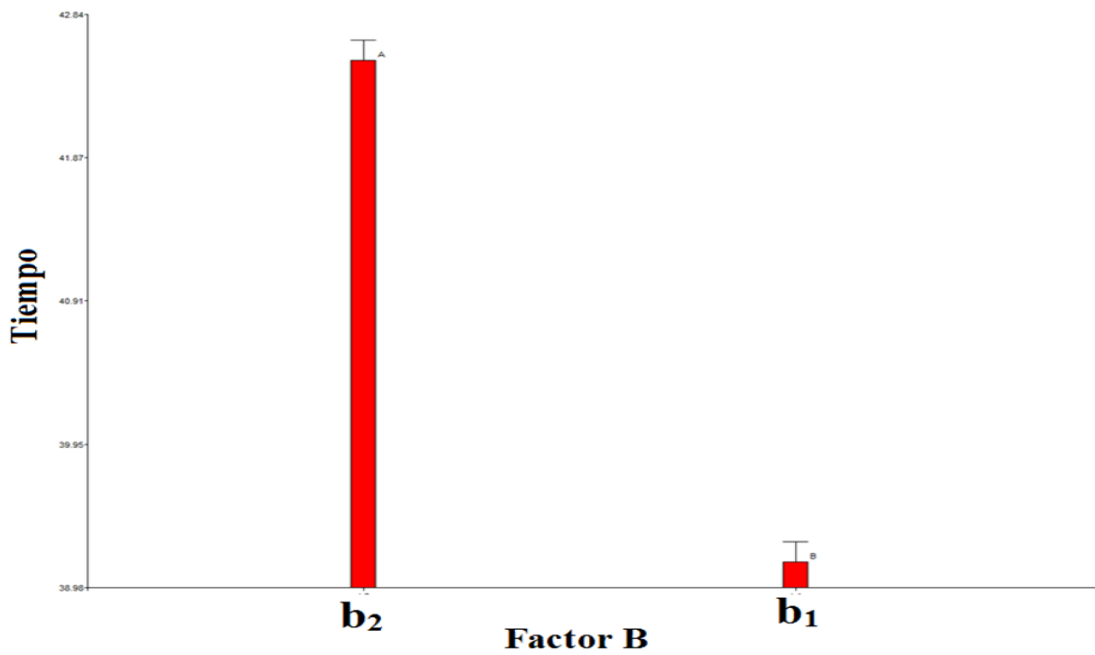


Figura 3. Valores para los microorganismos ácido lácticas.

Tabla 18. Valores promedio de la interacción de la temperatura del proceso de compostaje para microorganismos *S. cerevisiae* vs ácido lácticas.

Interacción de factores	Promedio	Sign. Alpha 0.05
SS 3 L de microorg. vs AL 5 L de microorg.	47,27	a
SS 5 L de microorg. vs AL 3 L de microorg.	42,13	b
SS 5 L de microorg. vs AL 5 L de microorg.	37,79	c
SS 3 L de microorg. vs AL 3 L de microorg.	36,19	d

Letras distintas por columnas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$), según prueba de Tukey

A un nivel de confianza del 95% encontramos que para la interacción de los

factores microorganismos de *Saccharomyces cerevisiae* vs microorganismos ácidos lácticas (tabla 18 y figura 4) en los valores de temperatura son diferentes estadísticamente, resaltando que la aplicación de SS 3 L de microorganismos vs AL 5 L de microorganismos tiene el mayor valor promedio con 47,27 °C, según Moreno (1993) en el proceso de compostaje la actividad de microorganismos es responsable de la descomposición de la materia orgánica, añade también que estos microorganismos necesitan condiciones óptimas de temperatura, humedad y oxigenación para que puedan vivir y desarrollar la actividad descomponedora, en nuestro caso la temperatura está dentro del intervalo 35-55 °C. el valor encontrado muestra que las pilas de compostaje aplicados guardan valores dentro del rango, diversos autores afirman que para los microorganismos la temperatura dentro del rango 35-55 °C, permiten higienizar las pilas aparte de transformar residuos orgánicos en compost, contrarrestando malos olores, así como controlando la reproducción de insectos que ovipositan en las pilas, sobre todo moscas.

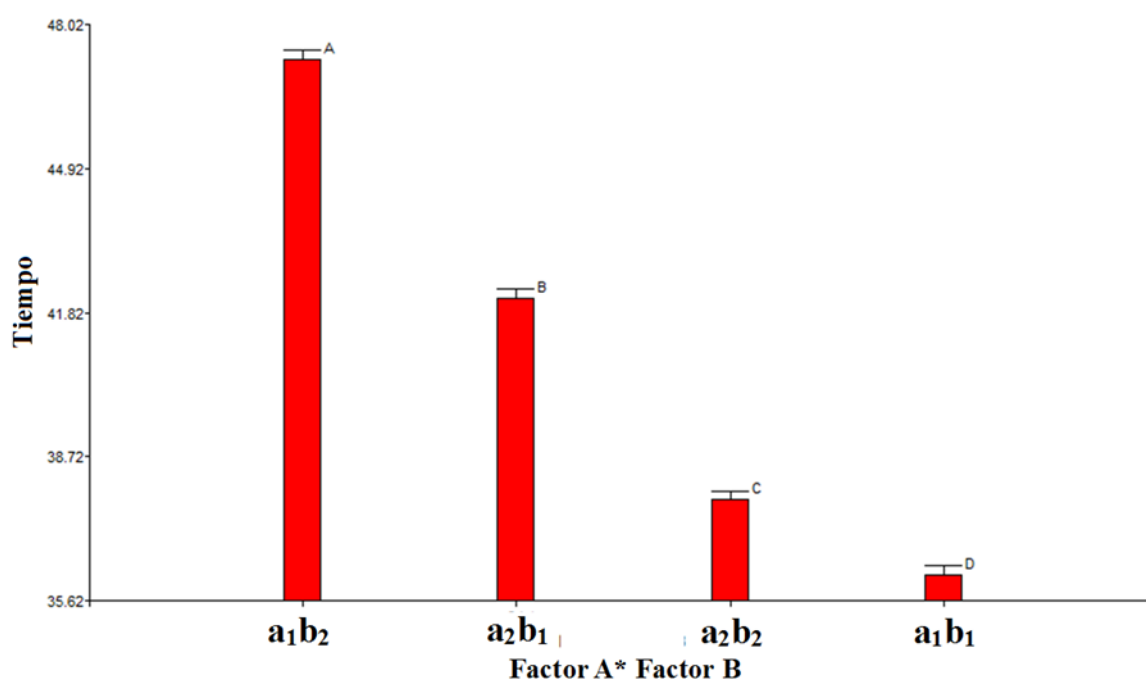


Figura 4. Interacción de los factores *Saccharomyces cerevisiae* vs ácido lácticas.

Según Higa (2002), las bacterias fotosintéticas producen azúcares y otros carbohidratos, que luego las bacterias del ácido láctico convierten en ácido láctico. El ácido láctico actúa como agente bactericida, inhibe los microorganismos dañinos y promueve la rápida descomposición de la materia orgánica en sus contrapartes inorgánicas. Los azúcares y los aminoácidos son producidos por bacterias fotosintéticas del ácido láctico y luego sintetizados por levaduras como *Saccharomyces cerevisiae*. Sus secreciones sirven como sustratos útiles para microorganismos activos como el ácido láctico y los actinomicetos, además

de producir hormonas y enzimas que promueven la división celular, en síntesis podríamos decir que la acción de las levaduras utilizadas en los residuos orgánicos mediante la fórmula aplicada de 3 L de microorganismos *Saccharomyces cerevisiae* vs 5 L de microorganismos Acido lácticos tienen una acción óptima para descomponer aquellos residuos y convertirlas en compost, al menos desde la variable temperatura.

Tabla 192. Comparación de los valores promedio de la temperatura de proceso de compostaje para microorganismos de *Saccharomyces cerevisiae* versus el testigo.

Factor A	Promedio	Sign. Alpha 0.05
3 L de microorganismos	41,73	a
5 L de microorganismos	39,96	b
Sin ninguna aplicación de microorganismos	35,01	c

Letras distintas por columnas indican diferencias significativas ($p <= 0.05$), según prueba de Tukey

A un nivel de confianza del 95% encontramos que los microorganismos de *Saccharomyces cerevisiae* vs el testigo (tabla 19 y figura 5) en los valores de temperatura son diferentes estadísticamente, resaltando que la aplicación de 3 L de microorganismos *Saccharomyces cerevisiae* tiene el mayor valor promedio con 41,73 °C, de acuerdo a lo obtenido es claro que existe una acción benéfica en la aplicación de microorganismos para descomponer residuos orgánicos domiciliarios.

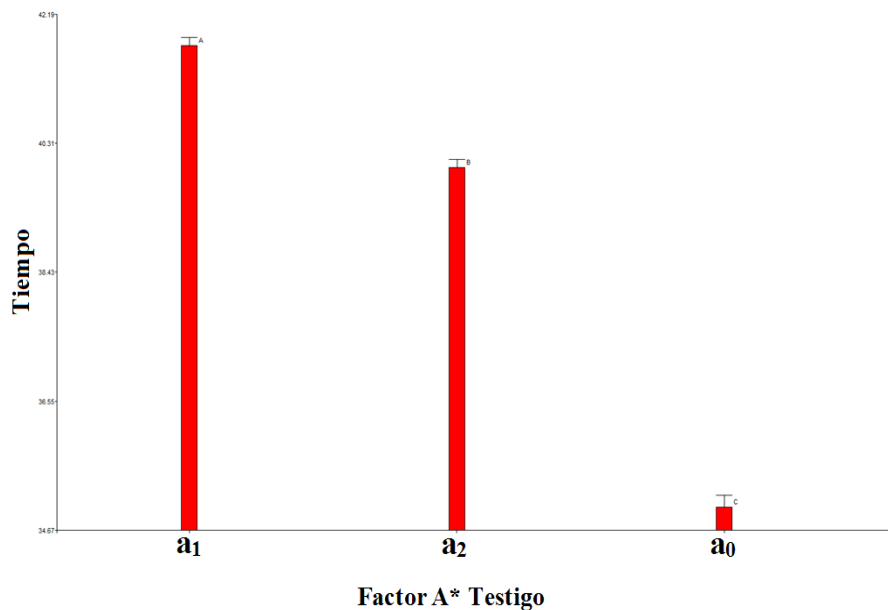


Figura 5. Valores promedios de microorganismos *Saccharomyces cerevisiae* vs el testigo.

Según PROEXANT (2002) cita que los microorganismos inoculados al suelo tienen muchos beneficios como corrección de la salinidad, favorecen el intercambio de los iones en el suelo y aguas duras, favorecen el drenaje y lavado de sales tóxicas de los cultivos agrícolas (sodio y cloro), solubilizan ciertos minerales (cal y fosfatos), aceleran la descomposición de compost, bokashi, etc.

Tabla 203. Comparación de los valores promedio de la temperatura de proceso de compostaje para microorganismos ácido láctico versus el testigo.

Factor B	Promedio	Sign. Alpha 0.05
5 L de microorganismos	42,53	a
3 L de microorganismos	39,16	b
Sin ninguna aplicación de microorganismos	35,01	c

Letras distintas por columnas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$), según prueba de Tukey

A un nivel de confianza del 95% encontramos que los microorganismos ácido lácticos vs el testigo (tabla 20 y figura 6) en los valores de temperatura son diferentes estadísticamente, resaltando que la aplicación de 5 L de microorganismos ácido lácticos tiene el mayor valor promedio con 42,53°C, PROEXANT (2002) menciona que aplicar microorganismos al suelo tiene efectos benéficos ya que suprime o controla las poblaciones de microorganismos patógenos que se desarrollan en el suelo por competencia. Incrementa la biodiversidad microbiana, generando las condiciones necesarias para que los microorganismos benéficos nativos prosperen. De acuerdo con lo obtenido los dos niveles de aplicación de microorganismos de ácido láctico tienen valores por encima del testigo.

La FAO (2013) Se informa que las temperaturas durante el compostaje tienen un amplio rango dependiendo de la etapa del proceso. Comienza a temperatura ambiente, sube hasta un máximo de 65°C y luego regresa a temperatura ambiente durante la etapa de maduración. En estas condiciones, la temperatura no debe bajar demasiado rápido, porque cuanto mayor sea la temperatura y el tiempo, más rápida será la velocidad de descomposición y mejor será el efecto de desinfección. Haro (2014) agrega que además de la temperatura favorable, el ácido láctico también tiene las siguientes ventajas: es un compuesto que controla los microorganismos dañinos y ayuda en la descomposición de la materia orgánica.

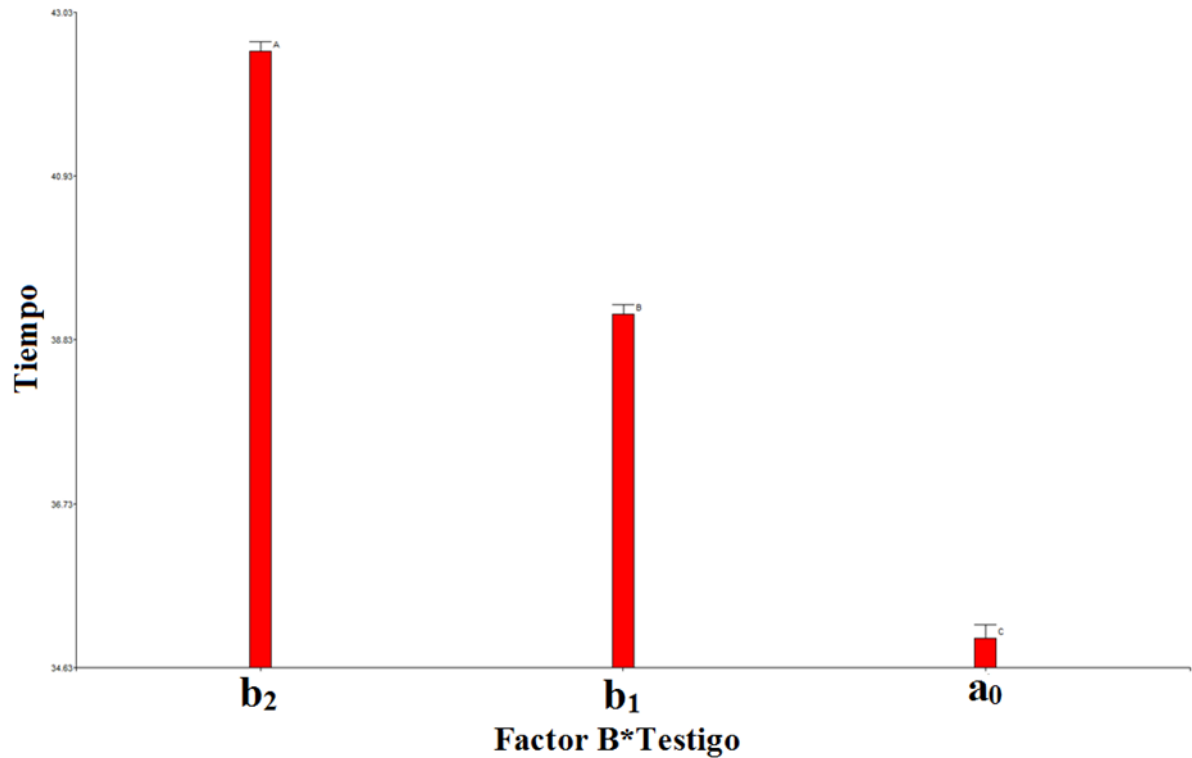


Figura 6. Valores promedios de microorganismos ácido lácticas vs el testigo.

4.2.2. Valores del pH

Los resultados comparados mediante el análisis de varianza de una sola vía para el pH por efecto de los microorganismos en los desechos orgánicos municipales muestran que a un nivel de confianza del 95% existen evidencias estadísticas para afirmar que los valores de las medianas en el pH son diferentes.

Tabla 214. Análisis de varianza para el pH por aplicación de microorganismos descomponedores.

Variable	Gl	Tratamientos	Valores	Rangos	H _{k-w}	p ≤ 0.05
pH	4	Testigo	7	23,21	13,20	0,0096
		T ₁	7	17,57		
		T ₂	4	6,75		
		T ₃	5	10,70		
		T ₄	6	11,50		

Prueba estadística: Kruskal-Wallis • Regla de decisión: Si $p \leq 0.05$ se rechaza H₀

La prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis mostrado en la tabla 22 detalla que los valores del pH son diferentes estadísticamente, teniendo los mejores valores en la aplicación de microorganismos *S. cerevisiae* en 5 litros/20 litros de agua (T2) y microorganismos Ácido lácticas 3 litros/ 20 litros de agua (T3), con 6,75 y 7 respectivamente, según González y Olvera (2014) el pH es un factor muy importante ya que influye activamente sobre la actividad microbiana, pues las bacterias y los hongos se desarrollan óptimamente a valores de pH diferentes, Moreno (2007) añade que el pH es un parámetro importante en el compostaje debido a la influencia directa en los procesos microbianos, Llerena (2015) afirma que el pH para el crecimiento óptimo de la mayoría de microorganismos está cercano a la neutralidad pH 6,6 a 7,5, y según Gusain et al. (2018) Los resultados muestran que los valores iniciales de pH son parecidos en todas las investigaciones en un rango de 7,5 – 7,9, algo similar a la presente investigación, claro está que estos valores son promedios, porque según González y Olvera (2014) el pH de la composta de diversas muestras obtenidas tienen promedios de 4,59 a un día de evaluación, promedios de 5,31 a los 24 días y promedio de 7,42 a los 64 días.

Ábalos (2012) menciona que las bacterias tienen su máximo desarrollo a pH de 6,0 y 7,5, mientras que los hongos entre 5,0 y 6,0, Cuando comienza la fase ácida, la descomposición aeróbica inicial produce una disminución de 4,5 a 5,5, pero luego aumenta nuevamente y luego la temperatura aumenta a valores termófilos. Cuando se alcanza la temperatura máxima, la reacción es básica y luego cae ligeramente por debajo de la fase de estabilización (pH 7 a 8) debido a las propiedades tampón natural de la materia orgánica. La variación hostil afecta dos aspectos de la célula microbiana: el transporte de nutrientes y el funcionamiento, en el caso de la investigación realizada podemos decir que la acción de los microorganismos aplicados tuvo un desarrollo óptimo por los valores encontrados.

Tabla 225. Comparaciones post-hoc para los valores del pH.

Tratamientos	Repeticiones	Medianas	p> 0.05	
T ₂	4	6,75	a	
T ₃	5	7,00	a	b
T ₄	6	7,45	a	b
T ₁	7	7,80	b	c
T ₀	7	7,90		c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0.05), según prueba de Kruskal-Wallis

Tabla 236. Correlación de Spearman para la temperatura ambiente versus las combinaciones de los factores.

Variable	<i>S. cerevisiae</i> 3 L	<i>S. cerevisiae</i> 5 L	Acido lácticas 3 L	Acido lácticas 5 L	Testigo
TA°	0,21	-0,05	0,06	0,24	-0,10

TA° Temperatura ambiente, *indica correlación $p < 0.05$

En todos los casos no se encontraron correlación lineal estadísticamente significativa, entre la temperatura ambiente y la temperatura por efecto de la aplicación de microorganismos a los residuos sólidos orgánicos domiciliarios.

4.2.3. Contenido de materia seca, ceniza y materia orgánica

Tabla 247. Porcentaje de materia seca, cenizas y materia orgánica del compost.

Tratamientos	Materia seca	Humedad	Ceniza (bh)	Materia orgánica (bh)	Ceniza (bs)	Materia orgánica (bs)
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
T ₁	94,95	5,05	73,35	21,59	77,26	22,74
T ₂	87,80	12,20	49,77	38,03	56,68	43,32
T ₃	85,45	10,24	46,45	34,5	52,6	42,4
T ₄	87,04	8,76	64,77	20,21	74,53	22,46
T ₀	91,04	8,96	68,77	22,27	75,54	24,46
DS	3,61	2,61	12,35	7,89	11,87	10,42
CV	4,01	28,79	20,11	28,46	17,58	33,11

T1: *S. cerevisiae* 3 L, T2: *S. cerevisiae* 5 L, T3: Acido lácticas 3 L, T4: Acido lácticas 5 L, T0: Testigo; bh: base húmeda, bs: base seca; DS: desviación estándar; CV: coeficiente de variación

Se observa algunas propiedades físicas y químicas del compost obtenido a partir de residuos domiciliarios, según podemos detallar:

La materia seca tuvo un porcentaje de 94.95% en el tratamiento de *S. cerevisiae* con 3 litros de aplicación, Torres (s.d) un valor entre 30-60 % en el porcentaje de la materia seca indica que los residuos orgánicos permanecen como materia orgánica tras el

proceso de compostaje, añade que valores como los encontrados indican que la diferencia es agua, por lo que podemos afirmar que el compost obtenido aún requiere procesarlo.

El contenido de humedad de la composta fue muy baja, teniendo al tratamiento *S. cerevisiae* con 5 litros de aplicación como el mejor valor obtenido de 12,20%, Según González y Olvera (2014) con respecto al contenido de la humedad de la composta obtuvo un promedio de 72,90% a un día de evaluación, un promedio de 63,50% a los 24 días y un promedio de 62,90% a los 64 días de evaluación, indica que un exceso de humedad pueda deberse a las constantes lluvias que se presentó en el proceso así mismo Widman et al. (2005) afirma que la humedad del compost presenta un 69,23% en estudios realizados, los cuales difieren de lo obtenido en la investigación, datos que podrían ser resultado de un compost como producto final, ya que un exceso de humedad podría ser un problema a la hora de almacenar, aunque, Torres (s.d.) Se afirma que una pila con humedad insuficiente experimentará una caída importante en la actividad microbiana, lo que provocará que cese la fermentación y baje la temperatura; una pila con humedad excesiva experimentará fermentación anaeróbica. El mayor nivel de humedad se requiere durante la fase inicial del proceso de descomposición.

Los valores para las cenizas en el compost obtenido muestran que el tratamiento *S. cerevisiae* con 3 litros de aplicación de microorganismos tiene los mayores valores de 73,35 en base húmeda y 77,26 en base seca, muy cercanos al testigo Torres (s.d.) indica que valores inferiores al 30% normalmente indican que el compost está mezclado con arena, tierra, cenizas u otro compuesto mineral. Valores superiores al 60% indican que los residuos no están suficientemente compostados, resultados similares a lo obtenido en la materia seca, esto indica que el tiempo de compostaje debería ser mayor, obviamente que habría que considerar como se comporta la temperatura versus el tiempo.

El contenido de materia orgánica de la composta también mantuvo valores por debajo de lo normal siendo el tratamiento *S. cerevisiae* con 5 litros de aplicación como el mejor valor obtenido de 43,32% en base seca y 38,03 en base húmeda, González y Olvera (2014) obtuvieron un promedio de 66,79% a un día de evaluación, un promedio de 69,40% a los 24 días y un promedio de 58,62% a los 64 días de evaluación, es pertinente añadir también según Cariello et al. (2007) el porcentaje de materia orgánica (MO) disminuye a medida que avanza el proceso de compostaje, siendo mayor en los dos primeros meses., Zucconi et al. (1987) Debido a la mineralización y posterior pérdida de dióxido de carbono, la materia orgánica tiende a disminuir; estas pérdidas representan casi el 20% de la masa del compost, además Haug (1993) añade que, algunos compuestos procedentes de la materia orgánica son

utilizados por los microorganismos para formar sus tejidos y otros son transformados en anhídrido carbónico y agua.

4.2.4. Análisis químico especial obtenido del compost

Tabla 258. Valores del análisis químico obtenido del compost.

Tratamiento	N (bs)	Ca	Mg	K	Na	P	Fe	Cu	Mn	Zn
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
T ₁	1,12	4,53	0,64	0,10	0,04	0,15	2158,01	6,47	293,17	48,13
T ₂	2,35	6,79	0,70	0,27	0,06	0,78	2895,31	11,96	549,90	92,67
T ₃	2,30	6,65	0,68	0,26	0,04	,.7	2890,33	11,94	547,94	92,63
T ₄	1,31	3,15	0,09	0,12	0,03	0,22	1350,29	5,30	299,64	53,23
T ₀	1,41	3,35	0,10	0,13	0,04	0,27	1352,29	5,40	300,66	55,29
DS	0,58	1,75	0,32	0,08	0,01	0,29	770,94	3,44	137,56	22,30
CV	34,28	35,74	71,84	46,61	26,08	69,10	36,21	41,89	34,54	32,61

T1: *S. cerevisiae* 3 L, T2: *S. cerevisiae* 5 L, T3: Acido lácticas 3 L, T4: Acido lácticas 5 L, T0: Testigo; bs: base seca; DS: desviación estándar; CV: coeficiente de variación

Los valores obtenidos en cuanto a las propiedades químicas muestran para el nitrógeno en base seca como el mayor valor en la aplicación de *S. cerevisiae* 3 L con una valor de 2,35%, en calcio con 6,79%, en magnesio con 0,70%, en potasio con 0,27%, en sodio con 0,06%, en fósforo con 0,78%, en Fe con 2895,31 ppm, en cobre con 11,96 ppm, en manganeso con 549,90 y en zinc con 92,67 ppm, según Torres (s.d.) Químicamente, el compost aumenta la disponibilidad de nitrógeno, fósforo, potasio, hierro y azufre. Mejorar la eficiencia de los fertilizantes, especialmente la eficiencia de los fertilizantes nitrogenados. Estabiliza las reacciones del suelo y, gracias a su alta capacidad tamponadora, desactiva los residuos de pesticidas por su absorción. Sus propiedades químicas ayudan a aumentar la cantidad de materia orgánica en el suelo agrícola, mejorando así su fertilidad, estructura y humedad y así prevenir la erosión y la degradación.

Con respecto a las propiedades químicas, según Martínez et al. (2011) Concluyen que, el contenido en nutrientes en el compost como N, P y K tiene una gran variabilidad, ya que depende de los materiales de origen fluctuando para el N de 0,3% a 1,5% (3 a 15 g/kg de compost), P de 0,1% a 1,0% (1 a 10 g/kg de compost) y K de 0,3% a 1,0% (3 a

10 g/kg de compost). Encontrar estos resultados donde la aplicación de *Saccharomyces cerevisiae* 3 L de microorganismos con los mejores resultados explica según Cortez (2008) que La levadura convierte los aminoácidos, los carbohidratos, la materia orgánica y las raíces en sustancias antimicrobianas que otros microorganismos utilizan como sustrato metabólico. Además, Cahahuanca (2016) señala que la levadura en las plantas crea sustancias que ahuyentan a los microorganismos patógenos, los cuales son cruciales para el desarrollo de la planta.

En general los valores químicos encontrados nos ayudan a determinar la calidad de compost obtenido al final del proceso, en este caso compost a partir de residuos sólidos domiciliarios, según Parra (2008) Se pueden utilizar análisis físicos, químicos y microbiológicos para confirmar que la madurez, el contenido de nutrientes, la estabilidad y el método de compostaje afectan la calidad del compost. Para ser comercializado, el compost también debe estar dentro de los siguientes rangos ideales: más del 2% de nitrógeno, C/N menos de 20, humedad menos del 40%, fósforo mayor de 0,15 a 1,5 % y color terroso. De manera similar, Bahamonde, 2009, citado por Mullo (2012), señala que los procedimientos de manipulación utilizados, el tipo de material utilizado, la actividad microbiológica y las condiciones climáticas durante el compostaje afectan la calidad del producto final. APROLAB (2007) y en ese sentido aplicar los microorganismos eficientes como *Saccharomyces cerevisiae* en el compostaje mejoran en el contenido nutricional del compost y su obtención es en menor tiempo.

La calidad del compost obtenida de acuerdo con la NCh 2880 – 2005 y la NADF 020 – 2011 se podría decir que es un compost tipo B, aun faltando algunos parámetros para medir, aunque según Haug (1993) el nitrógeno y fósforo total tomados aisladamente no se consideran como verdaderos indicadores de la calidad de la composta o del suelo. Varios autores prefieren como indicadores las relaciones C/N y C/P.

4.3. Identificar las características biológicas en la producción del compost con residuos orgánicos municipales en el distrito de Tocache

Tabla 269. Presencia de invertebrados en las pilas composteras.

Clase	Número de días en presencia de insectos por factores									
	T ₁	%	T ₂	%	T ₃	%	T ₄	%	Testigo	%
Insecta	12	70,6	5	71,4	3	33,3	7	55,6	8	36,4
Insecta-clitellata	3	17,7	1	14,3	4	44,4	4	33,3	4	18,2

Insecta-myriapoda	2	11,8	1	14,3			1	11,1	3	13,6
Insecta-malacostraca					2	22,2			7	31,8
N° días presencia	17	100	7	100	9	100	12	100	22	100
N° días compostaje	43		25		35		42		46	
% de presencia	39,5		28,0		25,7		28,6		47,8	

T1: *S. cerevisiae* 3 L, T2: *S. cerevisiae* 5 L, T3: Acido lácticas 3 L, T4: Acido lácticas 5 L, T0: Testigo

Observamos la presencia de insectos en cada pila donde se aplicaron los microorganismos de levaduras *Saccharomyces cerevisiae* y bacterias ácido lácticas, teniendo identificadas insectos Clitellata, Myriapoda y Malacostraca, estableciendo que hubo presencia de estos insectos durante 22 días en el tratamiento testigo con un periodo de duración del proceso de compostaje de 46 días como el de mayor presencia en porcentaje de 47,8% seguido del tratamiento de *Saccharomyces cerevisiae* de 3 litros de aplicación, con una presencia de 17 días haciendo un porcentaje de 39.5%.

De acuerdo con Restrepo & Rodríguez (2002) después del proceso de higienización, la temperatura comienza a bajar y los insectos, crustáceos, lombrices van a triturar los materiales orgánicos sobrantes, esto también en coordinación con los hongos que están protegidos contra la rápida proliferación de las bacterias por los antibióticos, se multiplican y fabrican el humus a partir de las celulosas y las ligninas, de tratarse de residuos orgánicos domiciliarios cada grupo de microorganismos tiene una temperatura óptima para realizar su actividad: Criófilos de 50C a 15 0C; Mesófilos de 16 0C a 45 0C o Termófilos de 46 0C a 70 0C). en nuestro caso observamos que el tratamiento de comparación tuvo más presencia de insectos que pudiera deberse a la no aplicación de ningún tipo de microorganismos que al parecer afecta la presencia de insectos, toda vez que se observa solo 4 tipos de insectos.

Tabla 2710. Microorganismos identificados luego del análisis microbiológico.

N° géneros	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₀
1	<i>Pseudomonas sp</i>	<i>Trichoderma sp</i>	<i>Bacillus sp</i>	<i>Bacillus sp</i>	<i>Bacillus sp</i>
2	<i>Geotrichum sp</i>	<i>Aspergillus sp</i>	<i>Mucor sp</i>	<i>Fusarium sp</i>	<i>Fusarium sp</i>
3	<i>Bacillus sp</i>	<i>Penicillium sp</i>	<i>Aspergillus sp</i>	<i>Botrytis sp</i>	<i>Botrytis sp</i>
4	<i>Nocardia Sp.</i>	<i>Mucor</i>			

T1: *S. cerevisiae* 3 L, T2: *S. cerevisiae* 5 L, T3: Acido lácticas 3 L, T4: Acido lácticas 5 L, T0: Testigo

Las pilas composteras con aplicación de microorganismo *Saccharomyces cerevisiae* y bacterias ácido lácticas, luego del análisis microbiológico se encontraron los siguientes microorganismos *Aspergillus, sp, Bacillus sp, Botrytis s, Fusarium sp, Geotrichum sp, Mucor sp, Nocardia sp, Penicillium sp, Pseudomonas sp y Trichoderma sp*, según Baffi et al. (2007) Para su actividad, los microorganismos implicados en el compostaje necesitan carbono y sólo una pequeña cantidad de nitrógeno. Si consiguen estos componentes en las proporciones adecuadas, crecen rápidamente, lo que acelera la descomposición de los residuos orgánicos, también Farrel y Jones (2009) Según ellos, los hongos y actinomicetos son los microorganismos más involucrados en el proceso por su capacidad de descomponer desechos vegetales y animales como celulosa, quitina y pectina, así como en algunos casos por su termotolerancia. Moreno (2008) menciona que a medida que se calienta el compost aparece el género *Bacillus sp*, a mayores temperaturas del compost se han aislado termófilas extremas como las bacterias del género *Bacillus schlegelii*.

V. CONCLUSIONES

- El tiempo del proceso de compostaje tuvo los mejores valores en la aplicación de microorganismos *Saccharomyces cerevisiae* en 5 litros/20 litros de agua y microorganismos Ácido lácticas 3 litros/20 litros de agua con 25 y 35 días respectivamente.
- La dosis de 3 litros de *Saccharomyces cerevisiae* tuvo el mejor valor con una temperatura de 41,73 °C, en el pH *Saccharomyces cerevisiae* en 5 litros con 6,75, en materia seca *Saccharomyces cerevisiae* con 3 litros de 94,95%, en humedad *Saccharomyces cerevisiae* con 5 litros de 12,20%, cenizas en *Saccharomyces cerevisiae* con 3 litros de 73,35%, materia orgánica y *Saccharomyces cerevisiae* con 5 litros, en las propiedades químicas la aplicación de *Saccharomyces cerevisiae* 3 litros tuvo los mejores valores.
- Se identificó los insectos clitellata, myriapoda y malacostraca, estableciendo que hubo presencia de estos insectos durante 22 días en el tratamiento testigo y del análisis microbiológico se identificaron los microorganismos *Aspergillus, sp, Bacillus sp, Botrytis s, Fusarium sp, Geotrichum sp, Mucor sp, Nocardia sp, Penicillium sp, Pseudomonas sp* y *Trichoderma sp,*

VI. PROPUESTAS A FUTURO

- Realizar estudios con más parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de los compost evaluados con diversos insumos para comparación con este tipo de compost clase B y poder generar indicadores de que permitan valorar la calidad del suelo.
- Realizar estudios posteriores con fines de determinar el incremento poblacional de insectos y microorganismos en cada uno de los tratamientos.
- Realizar el manejo insumos para la compostera convirtiendo las partes grandes en pequeñas y estas puedan ser degradadas fácilmente por los microorganismos.
- Probar inoculaciones de microorganismos eficientes diferentes a los aplicado en la presente investigación y compararlos.

VII. REFERENCIAS

- Ábalos, A. (2012). Biotecnología ambiental y tratamiento de residuos.
- Aguilar, R.M. (1999). Reciclamiento de basura una opción ambiental comunitaria. México, Trillas.
- APROLAB. (2007). Programa de Apoyo a la Formación Profesional para la Inserción Laboral en el Perú Capacítate Perú). Manual para la producción de compost con microorganismos eficaces. Lima. Perú.
- Aranda, J.S.; Salgado, E.; Taillandier, P. (2004). Trehalose accumulation in *Saccharomyces cerevisiae* cells: experimental data and structured modeling. *Biochem. Eng. J.* 17(2): 129 - 140
- Baffi, C., M. T. Dell'Abate, A. Nassisi, S. Silva, A. Benedetti, P. L. Genevini, and F. Adani. 2007. Determination of biological stability in compost: A comparison of methodologies. *Soil Biol. Biochem.* 39: 1284-1293.
- Barrena, R. (2006). Compostaje de residuos sólidos orgánicos. Aplicación de técnicas respirométricas en el seguimiento del proceso. [Tesis Doctoral, Fundación, Privada Estudios del Medio Ambiente de Mollet del Vallès, Barcelona] Repositorio <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/5307/rbg1de1.pdf>.
- Barreira, L.P., Philippi, J., Rodrigues, M. (2006). Usinas de compostagem do estado de São Paulo: qualidade dos compostos e processos de produção. *Eng. Sanit. Ambient.* 11(4), 385-393.
- Barrington, S., Choiniere, D., Trigui, M., Knight, W. (2002). SE-Structures and Environment: Compost Airflow Resistance. *Biosyst Eng.* 81(4):433 – 441.
- Benito, M., Masaguer, A., Moliner, A., Arrigo, N., Palma, R.S. (2003). Chemical and microbiological parameters for the characterization of the stabilizing and maturing of pruning waste compost. *Biol. Fertil. Soils* 37:184-189.
- Bogner, J.M., Abdelrafie, A., Díaz, A., Hashimoto, G., Mareckova, K., Pipatti, R., Zhang, T. (2007). Waste management. pp. 585-618. En: Metz, B., O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave y L.A. Meyer (eds.). *Climate Change 2007. Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK

- Bolta, S.V., Mihelic, R., Lobnik, F., Lestan, Domen. (2003). Microbial community structure during composting with and without mass inocula. *Compost Sci Util.* 11(1):6 – 15.
- Brinton, W.F., Droffner, M.W. (1994). Microbial approaches to characterization of composting process, *Compost Sci. and Util.* 2:12 - 17.
- Butler, T.A., Sikora, L.J., Teeinhilber, P.M., Douglass, L.W. (2001). Compost age and sample storage effects on maturity indicators of biosolids compost. *J. Environ. Qual.* 30:2141-2148.
- Cabrera, V.C., Rossi, M.G. (2016). Propuesta para la elaboración de compost a partir de los residuos vegetales provenientes del mantenimiento de las áreas verdes públicas del distrito de Miraflores. [Tesis de grado]. Universidad Nacional Agraria La Molina. Miraflores Lima, Perú.
- Cajahuanca, S. (2016). Optimización del manejo de residuos orgánicos por medio de la utilización de microorganismos eficientes (*Saccharomyces cerevisiae*, *aspergillus* sp., *lactobacillus* sp.) En el proceso de compostaje en la central hidroeléctrica Chaglla [tesis de pregrado] Universidad de Huánuco, Facultad de Ingeniería, Perú.
- Cariello, M.E., Castañeda, L., Riobo, I., González, J. (2007). Inoculante de microorganismos endógenos para acelerar el proceso compostaje de residuos sólidos urbanos. *Repositorio de la universidad Nacional de Entre Ríos.* 7(3):26 – 37.
- Chamuris, G.P., Koziol-Kotch, S., Brouse, T.M. (2000). *Compost Sci Util.* 8(1):6-11.
- Chávez, F., Garro, K. (2020). Efecto del porcentaje de *Saccharomyces Cerevisiae* en la calidad y tiempo del compost obtenido con biomasa residual del Mercado Corralón [Tesis Ingeniería Ambiental, Universidad Cesar Vallejo] https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47882/Escobal_CFR-Garro_CKM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Cieza, J. (2017). Aplicación de bacterias ácido-lácticas para acelerar la descomposición de residuos sólidos orgánicos domiciliarios en el centro de compostaje yencala boggiano – Lambayeque. Corralón [Tesis Ingeniería Ambiental, Universidad Cesar Vallejo] https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/11185/cieza_pj.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

- Chefetz, B., Adani, F., Genevini, P., Tambone, F., Hadar, Y., Chen, Y. (1998). Humic-acid transformation during composting of municipal solid waste. *J. Environ. Qual.* 27:794-800.
- Cortez, S. (2008). Aprovechamiento de subproductos de la industria panelera en la elaboración de compost, utilizando microorganismos eficientes (ME). Universidad Pontificia Bolivariana, Facultad de Ing. Ambiental, Bucaramanga- Colombia.
- Dautant, S.F. (1985). Estudio sobre la Producción de Ácido Láctico a partir de un proceso de Fermentación de Melaza. [Tesis de Maestría]. Monterrey, N.L.
- Datta, R., Frank, J. (1995). Technological and economic potential of poly (lactic acid) and lactic acid derivatives. *Microbiol. Rev.* 16:221-231.
- Del Borghi, A., Binaghi, L., Converti, A., Del Borghi, M. (2003). Combined treatment of leachate from sanitary landfill and municipal wastewater by activated sludge. *Chem. Biochem. Eng. Q.* 17(4):277-283.
- Dios, M. (2008). Estudio y desarrollo de técnicas respirométricas para el control de la estabilidad del compost. [Tesis de grado]. Universidad de Córdoba.
- El-Din, S.M.S.B., Attia, M., Abo-Sedera, S.A. (2000). Field assessment of composts produced by highly effective cellulolytic microorganisms. *Biol Fert Soils*, 32(1):35-40.
- Farrel, M. and D. L. Jones. 2009. Critical evaluation of municipal solid waste composting and potential compost markets. *Bioresour. Technol.* 100: 4301-4310.
- Flores, J. (2013). Optimización del proceso realizado en la planta de composta de Bordo Poniente. Proyecto Terminal, División de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco.
- García, I.O. (2018). Eficiencia del *Saccharomyces cerevisiae* en la producción de abono orgánico a partir de residuos de flores del cementerio Jardín de La Esperanza, en el distrito de Amarilis – Huánuco abril – junio 2018. [Tesis de grado].. Universidad de Huánuco. Huánuco, Perú.
- García, R.M., Socorro, A.R., Maldonado, A.V. (2019). Manejo y gestión ambiental de los desechos sólidos, estudio de casos. *Scielo.* 11(1):3.
- González, S.B., Olvera, G.E. (2014). Caracterización de la composta producida en la planta de bordo poniente. Proyecto de Integración en Ingeniería Ambiental. Ciudad de México.

Universidad Autónoma Metropolitana. UAM, (http://energia.azc.uam.mx/images/PDF/ProyecINVES/Tec_Sust/CARACTERIZACION-DE-LA-COMPOSTA-PRODUCIDA-EN-LA.pdf).

- Gusain, R., Pandey, B., Suthar, S. (2018). Composting as a sustainable option for managing biomass of aquatic weed pistia. A biological hazard to aquatic system. *Journal of Cleaner Production*, 177. 803-812.
- Haro, R. (2014). Evaluación de microorganismos eficientes en la producción de bocashi y su eficacia en el rendimiento del cultivo de fréjol (*phaseolus vulgaris*) . *El Ángel*.
- Hart, T.D., De Leij, F.A.A.M., Kinsey, G., Kelley, J., Lynch, J.M. (2002). Strategies for the isolation of cellulolytic fungi for composting of wheat straw. *World J Microb Biot.* 18:471 – 480.
- Hassen, A., Belguith, K., Jedidi, N., Cherif, A., Cherif, M., Boudabous, A. (2001). Microbial characterization during composting of municipal solid waste. *Bioresource Technol.* 80(3):217-225.
- Hassen, A., Belguith, K., Jedidi, N., Cherif, M., Boudabous, A. (2002). Microbial characterization during composting of municipal solid waste. *Bioresource Technol.* 357 – 368.
- Haug, R.T. (1993). *The Practical Handbook of Compost Engineering*. 1a. Edición. Lewis Publishers. USA. López Castillo, H. (1980). Capacidad de uso y manejo de los suelos de la Península de Yucatán. Residencia de Agrología de la SARH. Mérida, México.
- Hay, J.C. (1996). Pathogen destruction and bio-solids composting, *Biocycle, J. Waste Recyc.* 46:67 - 76.
- He, Z., Yang, X., Kahn, B.A., Stofella, P.J., Calvert, D.V. (2004). Ventajas que suponen la utilización de compost para la nutrición fosfórica, potásica, cálcica, magnésica y de micronutrientes. En: Stoffella. P.J., Kahn, B.A. (Eds.) *utilización de compost en los sistemas de cultivo horticultura*. Ed. Mundi-Presa, Madrid.
- Hernández, R., Fernández, C., Baptista, M.P. (2014). *Metodología de la investigación*. 6 ed. México D.F., México, McGRAW-HILL / Interamericana Editores, S.A. DE C.V.
- Herrera, A. (1990). Contaminación en aire, agua y suelo en la Ciudad de México. En: Lefte, coor. *Medio ambiente y desarrollo en México*. México, D.F.: Editorial Miguel Angel Porrúa; 2:1-563.

- Higa, T. 2002. Una revolución para salvar la tierra. Emro Europe Branco. Tarragona. Disponible en www.tierra.org/articulos/art00906.html.
- Hussong, D., Burge, W.D. (1985). Occurrence, growth and suppression of salmonellae in composted sewage sludge. *Appl. Environ. Microbiol.*, 50:887 - 893.
- Iglesias, E., Pérez, V. (1989). Evaluation of city refuse compost maturity. A review. *Biol. Wastes*, 27:115 – 142.
- Iñiguez, A., Castillo, A. (2011). Obtención del ácido láctico a partir del almidón de papa (*Solanum Tuberosum* L), como materia prima para la fabricación de material descartable biodegradable. [Tesis de grado]. Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador.
- Jara, F.A. (2019). Determinación de la eficiencia de los microorganismos (*Saccharomyces cerevisiae*, *Lactobacillus* sp.) en la producción del compost a partir de los residuos sólidos orgánicos en el centro poblado de Jancao distrito de Amarilis, provincia y departamento de Huánuco. [Tesis de grado]. Universidad de Huánuco. Huánuco, Perú.
- Jara, L.J. (2016). Oportunidades de valorización mediante compostaje de residuos orgánicos de origen urbano y afines en Ecuador: propuesta de gestión para la provincia de Chimborazo. [Tesis Doctoral]. Universidad Miguel Hernández de Elche, Elche, España.
- Jensen, H.E.K., Leth, M., Iversen, J.J.L. (2002). Effect of compost age and concentration of pig slurry on plant growth. *Sci Util.* 10(2):129-141.
- Kim, J.D., Park, J., IN, B., Kim, D., Namkoong, W. (2008). Evaluation of pilot-scale in-vessel composting for food waste treatment. *J. Hazard Mater.* 154(1-3):272-277.
- Kutzner, H.J. (2000). Microbiology of composting in Biotechnology (Rehm HJ, Reed G. eds.) Vol. 11c: Environmental Processes III, pp 35–100, Weinheim: Wiley-VCH.
- Larney, F.J., Olson, A.F., Carcamo, A.A., Chang, C. (2000). Physical changes during active and passive composting of beef feedlot manure in winter and summer. *Bioresource Technol.* 75(2):139-148.
- Laos, F., Mazzarino, M.J., Walter, I., Roselli, L., Satti, P., Moyano, S. (2002). Composting of fish offal and biosolids in northwestern Patagonia. *Bioresour technol.* 81:179-186.
- Leconte, M.C., Mazzarino, M.J., Satti, P., Iglesias, M.C., Laos, F. (2009). Composting poultry manure with rice hulls and/or sawdust in NE Argentina. *Waste Management.* 29:2446-2453.

- Llerena, M. (2015) Aplicación de EMs (bacterias acidolácticas; bacterias fototrópicas; hongos; levaduras) para la producción de compost a partir de los desechos sólidos generados en la etapa de descarte del proceso de curtición en la curtiduría Tabravi de la provincia de Tungurahua cantón Ambato. [Tesis Ingeniería Bioquímica, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/12945/1/BQ.%2074%20.pdf>.
- Marmolejo, L.F., Oviedo, É.R., Jaimes, J.C., Torres, P. (2010). Influencia de la separación en la fuente sobre el compostaje de residuos sólidos municipales. Redalyc.org. Bogotá, Colombia. 38(2):319-327.
- Martínez, M., Gutiérrez, V., Novo, R. (2011). Microbiología aplicada al manejo sustentable de suelos y cultivos. Valparaíso, Chile: Universidad Técnica Federico Santa María. 235 p.
- Masó, A.M., Bonmatí, A. (2008). Evaluation of composting as a strategy for managing organic wastes from a municipal market in Nicaragua. Bioresource Technol. 99(11):5120-5124.
- Moreno, J. (2008). Compostaje. España: MundiPrensa libros SA.
- Moreno, J. (2012). Aislamiento, cultivo e identificación de microorganismos ambientales a partir de muestras naturales. 5(5). <http://revistareduca.es/index.php/biologia/article/view/963>.
- Mullo, (2012). Manejo y procesamiento de la gallinaza (tesis de pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias Pecuarias, Riobamba-Ecuador.
- Municipalidad Provincial De Concepción. (2015). Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos de la provincia de Concepción. Concepción, Perú: Municipalidad Provincial de Concepción. Informe. <http://web.municoncepcion.gob.pe/wp-content/uploads/2015/10/PIGARS-FINAL.pdf>
- Najar González, T. (2014). Evaluación de la eficiencia en la producción de compost convencional con la aplicación de la tecnología EM (microorganismos eficaces) a partir de los residuos orgánicos municipales, carhuaz 2012. [Tesis de Maestría]. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Huaraz Ancash, Perú.
- Naveena, B., Altaf, M., Bhadrappa, K., Madhavendra, S., Reddy, G. (2005). Direct fermentation of starch to L(+)lactic acid in SSF by *Lactobacillus amylophilus* GV6 using wheat bran as support and substrate: medium optimization using. Process Biochem. 40:681-690.

- Ñaupas, H., Mejía, E., Novoa, E., Villagómez, A. (2014). Metodología de la investigación: cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis. 4 ed. Bogotá, Colombia, Ediciones De La U.
- Plan integral de gestión ambiental de residuos sólidos de la provincia de Tocache. (2016). Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos de la Provincia de Tocache 2016 – 2025. Tocache, Perú. MINAM, (<http://sial.minam.gob.pe/tocache/documentos/plan-integral-gestion-ambiental-residuos-solidos-provincia-tocache>, Documento).
- PROEXANT (Promoción de exportaciones no tradicionales, Ec). 2002. Elaboración, uso y manejo de los abonos orgánicos. En línea. Consultado 23 de febrero del 2011. <http://www.proexant.org.cc/abonos.org.C3alnicos>.
- Principi, P., Ranalli, G., Da Borso, F., Pin, M., Zanardini, E., Sorlini, C. (2003). Microbiological aspects of humid husk composting. *J Environ Sci Heal B*. 38(5):645-661.
- Querol, A. (2003). Molecular evolution in yeast of biotechnological interest. *Int. Microbiol*. 6: 201-05.
- Rafael Avila, M.DP., (2015). Proceso de producción y aplicación del producto microorganismos eficaces en la calidad de compost a partir de la mezcla de tres tipos de residuos orgánicos, Sapallanga – Huancayo. [Tesis de grado]. Universidad Nacional Del Centro Del Perú. Huancayo, Perú.
- Restrepo, J y Rodríguez, J. (2002). El suelo, la vida y los abonos orgánicos, editorial enlace, Managua, Nicaragua. 84 pp.
- Riera, N.I., Della Torre, V., Rizzo, P.F., Butti, M., Bressan, F.M., Zarate, N., Weigandt, C., Crespo, D.E.C. (2014). Evaluación del proceso de compostaje de dos mezclas de residuos avícolas. *Rev. FCA UNCUYO*. ISSN impreso 0370-4661. ISSN 1853-8665. 46(1):195-203.
- Rizzo, P., Della Torre, V., Riera, N., Crespo, D., Barrena, R., Sánchez, A. (2013). Co-composting of poultry manure with other wastes from pampean region. ISSN 1438-4957. *J Mater Cycles Waste Manag* DOI 10.1007/s10163-013-0221-y
- Rodríguez, J. (1993). La fertilización de los cultivos: un método racional. Colección en agricultura. (3a ed.). Santiago de Chile, Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.

- Román, P., Martínez, M., Pantoja, A. (2013). Manual de compostaje del agricultor. 112. Santiago de Chile: organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Schaub-Szabo, S.M., Leonard, J.J. (1999). *Compost Sci Util.* 7(4):15-24.
- Schuchardt, F. (2005). Composting of organic waste. En: H.J. Jordening, y J. Winter, editores, *Environmental biotechnology. Concepts and applications.* Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany. p. 333-354.
- Schuchardt, F. (2000). Composting of plant residues and waste plant materials. in: *Biotechnology (Rehm HJ, Reed G eds.) Vol. 11c: Environmental Processes III*, pp 101–125, Weinheim: Wiley-VCH.
- Sánchez, G., Galan, S., Mercado, G., Olguín, E. (2001). Compostaje acelerado de pulpa de café proveniente de beneficios reconvertidos. http://www.smbb.com.mx/congresos%20smbb/veracruz01/TRABAJOS/AREA_VI/CVI-15.pdf.
- Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. (1986). Informe sobre el estado del medio ambiente en México. México, D.F.: Editores e impresos FOC, S.A. de C.V.
- Senesi, N. (1989). Composted materials as organic fertilizers. *Sci. Total Environ.* 81/82:521-542.
- Sommer, S.G., Dahl, P. (1999). *J Agric Eng Res.* 74(2):145 – 153.
- Tighe, R., Leonelli, G., Montalba, R., Cavieres, C., Morales, D. (2014). Caracterización de compost a base de espinillo en relación con la norma chilena no2880. *Redalyc.org, Alajuela, Costa Rica.* 25(2):347-355.
- Tiquia, S.M., Tam, N.F.Y. (2002). Characterization and composting of poultry litter in forced aeration piles. *Process Biochem.* 37:869 – 880.
- Tomasso, M. (2004). Tolerancia de las levaduras al etanol. Universidad de la República Uruguay. Facultad de Química.
- Torres, C.L. (s.d.). Elaboración de composta. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGARPA). Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Elaboraci%C3%B3n%20de%20Composta.pdf>

- Van Ginkel, J.T., Raats, P.A.C., Van Haneghem, I.A. (1999). Bulk density and porosity distributions in a compost pile. *Netherlands Journal of Agricultural Science*. 47(2):105 – 121.
- Varnero, M.T., Faúndez, P., Santibáñez, C., Alvarado, P. (2004). Evaluación de lodo fresco y compostado como materia prima para la elaboración de sustrato. Simposio de las Ciencias del Suelo Residuos Orgánicos y su Uso en Sistemas Agroforestales; Temuco, Chile.
- Vargas, Y. (2016). Análisis especial: compost. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Vargas, Y. (2017). Calidad del compost producido a partir de residuos sólidos orgánicos municipales en el centro de protección ambiental “santa cruz”, ciudad de concepción. [Tesis Doctorado] Ciencias ambientales y desarrollo sostenible. Huancayo – Perú.
- Veeken, A., De Wilde, V., Hamelers, B. (2002). Passively aerated composting of straw-rich pig manure: effect of compost bed porosity. *Compost Sci Util* 10(2):114 – 128.
- Yanko, W.A. (1995). Enumerating Salmonella in biosolids for compliance with pathogen regulations. *Water Environ. Res.*, 67:364 - 368.
- Widman, F., Herrera, F., Cabañas, D.D. (2005). El uso de composta proveniente de residuos sólidos municipales como mejorador de suelos para cultivos en Yucatán. Estudios preliminares. Mérida, México. *Redalyc.org*. 9(3):31 – 38.
- Williams, P.T. (1998). *Waste treatment and disposal*. John Wiley & Sons, West Sussex, UK.
- Zurbrügg, C., Drescher, S., Rytz, I., Maqsood Sinha, A.H.MD., Enayetullah, I. (2005). Decentralised composting in Bangladesh, a win-win situation for all stakeholders. *Resour. Conservat. Recycl.* 43(3), 281-292.

ANEXO

Anexo 1. Datos colectados

Tabla 2811. Microorganismos identificados luego del análisis microbiológico.

Variable independiente (X)	Indicadores	Valor final	Tipo de variable
Especímenes de microorganismos	(Bacteria)	Gramos	Cuantitativa continua
	Ácido láctico		
	(Levadura) <i>Saccharomyces cerevisiae</i>		
Variable de dependiente (Y)	Indicadores	Valor final	Tipo de variable
Proceso de compostaje	Segregación	Porcentaje	Cuantitativa continua
	Curva de temperatura	°C	Cuantitativa continua
	Curva de pH	Escala 0-14	Cuantitativa continua
Calidad del compost	Física	Varios	Cuantitativa continua
	Química	Varios	Cuantitativa continua
	Microbiológicas	NMP	Cuantitativa continua

Tabla 2912. Valores del tiempo del proceso de compostaje.

<i>S. cerevisiae</i> 3 L	<i>S. cerevisiae</i> 5 L	Acido lácticas 3 L	Acido lácticas 5 L	Testigo
1	1	1	1	1
2	2	2	2	2
3	3	3	3	3
4	4	4	4	4
5	5	5	5	5
6	6	6	6	6
7	7	7	7	7
8	8	8	8	8
9	9	9	9	9

10	10	10	10	10
11	11	11	11	11
12	12	12	12	12
13	13	13	13	13
14	14	14	14	14
15	15	15	15	15
16	16	16	16	16
17	17	17	17	17
18	18	18	18	18
19	19	19	19	19
20	20	20	20	20
21	21	21	21	21
22	22	22	22	22
23	23	23	23	23
24	24	24	24	24
25	25	25	25	25
26		26	26	26
27		27	27	27
28		28	28	28
29		29	29	29
30		30	30	30
31		31	31	31
32		32	32	32
33		33	33	33
34		34	34	34
35		35	35	35
36			36	36
37			37	37
38			38	38
39			39	39
40			40	40
41			41	41
42			42	42

43

43

44

45

46

Tabla 3013. Valores del tiempo del proceso de compostaje.

<i>S. cerevisae</i> 3 L		<i>S. cerevisae</i> 5 L		Acido lácticas 3 L		Acido lácticas 5 L		Testigo	
\bar{X}	T° Amb	\bar{X}	T° Amb	\bar{X}	T° Amb	\bar{X}	T° Amb	\bar{X}	T° Amb
33,7	26,5	33,7	27	34,0	27	33,7	27	34,4	25
32,5	26	35,5	27	34,9	27	35,5	27	35,0	25
35,1	27	36,4	25	33,9	25	36,4	25	34,3	27
35,2	27,5	45,0	27	32,3	27	45,0	27	32,7	27
33,2	28	45,7	25	37,7	25	45,7	25	33,6	28
34,4	27	44,0	27	39,3	27	44,0	27	34,5	26
34,5	28	45,0	27	42,4	27	45,0	27	34,1	27
35,1	28,5	48,3	26	42,5	26	48,3	26	34,4	27
36,3	28	49,3	28	45,1	28	49,3	28	36,1	26
34,1	27	49,0	28	42,6	28	49,0	28	34,2	26
34,3	29	50,0	26	46,7	26	50,0	26	34,2	28
35,6	29	50,0	26	49,7	26	50,0	26	35,5	28
36,2	27	52,3	28	49,3	28	52,3	28	34,7	27
36,7	27	52,0	27	49,7	27	52,0	27	32,5	29
32,7	29	61,0	30	50,0	30	61,0	30	33,2	28
34,7	28	64,3	30	51,7	30	64,3	30	35,0	27
41,3	28	66,5	27	52,0	27	66,5	27	34,0	29
45,0	29	69,2	26	52,1	26	69,2	26	35,3	30
39,7	30	54,3	27	52,6	27	66,5	27	34,7	28
41,0	30	53,0	30	55,3	30	64,1	30	38,0	29
47,3	29	49,0	26	47,0	26	64,3	26	38,7	27
41,0	28	38,3	28	43,0	28	61,0	28	36,3	30
39,3	30	31,1	28	42,0	28	54,3	28	39,0	28
40,3	27	30,3	28,4	41,3	28,4	54,3	28,4	38,7	29
44,7	29	28,3	27	40,7	27	53,0	27	38,3	27
41,7	27			40,3	29	53,0	27	37,3	28

40,7	28	40,1	25	52,6	25	38,0	29
40,0	26	40,0	28	52,1	26	39,0	27
38,0	24,5	38,3	26	52,3	28	38,7	25
37,3	25	37,5	26,5	52,0	29	36,7	26
36,7	27	37,4	27,5	51,7	27	37,3	28
37,0	28	36,0	30	52,0	28	37,0	29
38,0	29	36,0	28	49,0	27	37,0	27
36,3	27	32,7	26	43,0	26	36,3	28
36,0	28	28,4	28	42,0	28	35,7	27
32,0	26			41,3	28	36,0	26
32,0	26			40,7	29	35,3	28
30,3	26			40,3	27	35,0	26
30,3	27			38,3	28	34,3	27
30,7	28			31,1	26	33,3	28
28,7	29			30,3	26	32,0	29
28,3	29			28,3	25,53	31,7	29
28,0	28					30,0	28
						31,3	29
						29,7	28
						27,3	27

Anexo 2. Panel fotográfico

Figura 7. Área de terreno donde se producirán el compost con desechos orgánicos municipales.



Figura 8. Camas donde se depositará los desechos orgánicos municipales



Figura 9. Acomodo de las pilas para el proceso de descomposición del compost



Figura 10. Volteo de las pilas en la producción del compost.