

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN HUÁNUCO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA



**EFFECTO DE EM (Microorganismos Eficaces) CON APLICACIÓN
DE DOLOMITA Y ÓXIDO DE CALCIO EN LA DEGRADACIÓN DE
RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DOMICILIARIOS, EN
CONDICIONES DE LA PLANTA DE COMPOSTAJE DE AMARILIS
– HUÁNUCO 2014**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO

TESISTA

Bach. YIMMY PERCY MENDOZA PANDURO

ASESOR

Dr. JUAN VILLANUEVA REÁTEGUI

HUÁNUCO – PERÚ

2019

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación va dedicado a mis familiares y amigos, que confiaron en mí al emprender el reto profesional. En el camino hubo tropiezos y obstáculos que fueron minimizados al ver nacer a mi hijo RAFAEL, mi motivación eterna. Asimismo a Karen, mi compañera, amiga y bastón en este camino de caídas y desarrollo.

A mi abuela Lourdes Mendoza (Avita), quién tuvo el rol de segunda madre y puedo decir plenamente que ella ha aportado valores y enseñanzas que me permiten lidiar con muchos obstáculos que se presentan en el camino, son simplemente invaluableles.

A las personas que no están presentes físicamente, pero me inculcaron a ser consecuente, perseverante y a darle buena cara a toda situación. Eternamente agradecido Papá, Papá Tush y mi tía querida María Mendoza.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por guiarme día a día y ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Al Dr. Juan Villanueva Reátegui por ser mi patrocinador del presente trabajo de investigación.

A mis docentes, por compartir sus conocimientos durante mis años de estudio.

A la Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera profesional de Ingeniería Agronómica, “alma mater” por siempre.

A la Municipalidad Distrital de Amarilis por la oportunidad de participar en el programa de Manejo de los Residuos Sólidos Domiciliarios.

A Marizol Vigilio, gracias por el apoyo incondicional durante todo este tiempo. y por tu plena confianza en todos mis emprendimientos.

EFFECTO DE EM (Microorganismos Eficaces), CON APLICACIÓN DE DOLOMITA Y ÓXIDO DE CALCIO EN LA DEGRADACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGANICOS DOMICILIARIOS, EN CONDICIONES DE LA PLANTA DE COMPOSTAJE DE AMARILIS – HUÁNUCO 2014

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó con el objetivo de determinar el efecto de EM (microorganismos eficaces), con aplicación de dolomita y óxido de Calcio en la degradación de residuos sólidos orgánicos domiciliarios. Se instaló bajo el diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) con 3 repeticiones y 4 tratamientos y fueron: EM dolomita + óxido de Calcio (T1), EM dolomita (T2), EM – óxido de Calcio (T3) y testigo (T4). Se evaluaron las siguientes variables: temperatura, días a la degradación de residuos sólidos y la composición química. Los resultados obtenidos indican que el T2 (EM dolomita) y T3 (EM – óxido de Calcio) son los que mayor temperatura reportaron en el primer mes del compostaje con 53.36 y 53.65 °C respectivamente; en cambio en el segundo y tercer mes del compostaje el tratamiento T1 (EM dolomita + óxido de Calcio) destacó al obtener la temperatura más alta con 49.68 y 41.45 °C respectivamente. Respecto a la variable días a la degradación de residuos sólidos el efecto del tratamiento T1 (EM dolomita + óxido de Calcio) lo logró en 67 días y en cuanto a la composición química del compost obtuvo 9.04 de pH, 38.62 % de materia orgánica, 1.98 % de Nitrógeno, 2.50 % de Fosforo, 2.87 % de Potasio, 5.48 % de CaO y 1.10%

Palabras clave: compost, degradación, residuo sólido, dolomita, óxido de Calcio

**EFFECT OF EM (Effective Microorganisms), WITH APPLICATION OF
DOLOMITE AND OXIDE OF CALCIUM IN SOLID WASTE DEGRADATION
ORGANIC HOME, IN CONDITIONS OF THE COMPOSTING PLANT
AMARILIS - HUANUCO 2014**

ABSTRACT

This research work was carried out with the objective of determining the effect of MS (effective microorganisms), with application of dolomite and calcium oxide in the degradation of household organic solid waste. It was installed under the design of Random Complete Blocks (BCA) with 3 repetitions and 4 treatments and are: Dolomite MS + Calcium Oxide (T1), Dolomite MS (T2), MS - Calcium Oxide (T3) and Control (T4). The following variables were evaluated: temperature, days of solid waste degradation and chemical composition. The results obtained indicate that T2 (EM dolomite) and T3 (MS - Calcium oxide) are the ones that reported the highest temperature in the first month of composting with 53.36 and 53.65 ° C respectively; on the other hand, in the second and third month of composting, the T1 treatment (dolomite MS + Calcium oxide) stood out when obtaining the highest temperature with 49.68 and 41.45 ° C respectively. Regarding the variable days to the degradation of solid waste, the effect of the T1 treatment (EM dolomite + Calcium oxide) was achieved in 67 days and in terms of the chemical composition of the compost obtained 9.04 pH, 38.62% organic matter, 1.98 Nitrogen%, 2.50% Phosphorus, 2.87% Potassium, 5.48% CaO and 1.10%

Keywords: compost, degradation, solid residue, dolomite, Calcium oxide

ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
2.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	4
2.1.1. Microorganismos eficaces	4
2.1.1.1. Bacterias fotosintéticas	5
2.1.1.2. Bacterias Ácido Lácticas	6
2.1.1.3. Levaduras	6
2.1.1.4. Actinomicetos	6
2.1.2. Residuos sólidos domiciliarios	8
2.1.2.1. Clasificación de los residuos sólidos	8
2.1.2.2. Caracterización de los residuos sólidos domiciliarios	11
2.1.2.3. Composición de los residuos sólidos	12
2.1.2.4. Marco legal nacional	12
2.1.3. Compostaje	15
2.1.3.1. Fases del compostaje	15
2.1.3.2. Parámetros de control del compostaje	18
2.1.3.3. Actividad microbiana en el compostaje	19
2.1.3.4. Materiales para compostaje	20
2.1.4. Óxido de Calcio	21
2.1.4. Dolomita	21
2.2. ANTECEDENTES	22
2.3. HIPÓTESIS	23
2.3.1. Hipótesis general	23
2.3.2. Hipótesis específicos	24
2.4. VARIABLES	24
2.4.1. Operacionalización de variables	24
III. MATERIALES Y MÉTODOS	25
3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN	25
3.2. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN	26
3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y UNIDAD DE ANÁLISIS	26

3.4. FACTORES Y TRATAMIENTOS EN ESTUDIO	27
3.5. PRUEBA DE HIPÓTESIS	27
3.5.1. Diseño de la investigación	27
3.5.2. Datos registrados	32
3.5.2.1. Temperatura	32
3.5.2.2. Días a la degradación de residuos sólidos	32
3.5.2.3. Composición química	32
3.6. MATERIALES Y EQUIPO	32
3.7. CONDUCCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	33
3.7.1. Selección de los residuos sólidos	33
3.7.2. Preparación de las camas de compostaje	33
3.7.3. Preparación del compost	33
3.7.4. Aplicación de insumos (dolomita y óxido de Calcio)	33
3.7.5. Volteo del compost	34
3.7.6. Aplicación de EM (microorganismos eficaces)	34
3.7.7. Riego	34
3.7.8. Control de la temperatura de la pila	34
3.7.9. Cosecha del compost	34
IV. RESULTADOS	35
4.1. TEMPERATURA DE COMPOSTAJE	36
3.7.1. Temperatura en el 1° mes de compostaje	36
3.7.2. Temperatura en el 2° mes de compostaje	37
3.7.3. Temperatura en el 3° mes de compostaje	39
4.2. DÍAS A LA DEGRADACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS	42
4.3. COMPOSICIÓN QUÍMICA	44
V. DISCUSIÓN	51
5.1. TEMPERATURA DE COMPOSTAJE	51
5.2. DÍAS A LA DEGRADACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS	52
5.3. COMPOSICIÓN QUÍMICA	52
VI. CONCLUSIONES	54
VII. RECOMENDACIONES	55
VIII. LITERATURA CITADA	56
ANEXOS	62

I. INTRODUCCIÓN

Durante las últimas tres décadas, la problemática ambiental ha escalado como una prioridad en las políticas gubernamentales de casi todas las naciones. Entre los aspectos más relevantes del tema, se encuentra la ambiciosa intención de establecer una relación sostenible con la naturaleza. Para tal fin, se han identificado ciertas situaciones de gran interés para la humanidad, a saber: la finitud del recurso hídrico, la contaminación del mismo, la polución del aire y la pérdida del suelo. En todos los contextos anteriores, es evidente el impacto directo que originan los residuos sólidos generados por los innumerables asentamientos humanos (Avendaño, 2015)

Estos han establecido un complejo sistema de producción y consumo, en el que los insumos o materiales y la energía utilizados, son consumidos sólo en forma parcial (Ibáñez y Corroccoli, 2002), cuya producción actual es de 1 300 millones de t/año y que para el año 2025 la generación de los residuos sólidos fue de 2 200 millones de toneladas, incremento que se debe al crecimiento poblacional, hábitos y costumbres de los consumidores (Hoorweg y Bhada-Tata, 2012).

En el caso de América Latina, refleja la prioridad que le ha dado la región a este servicio, por lo que cuenta un nivel de cobertura mayor al promedio de África (46%), sur de Asia (65%) y Medio Oriente y Norte de África (aproximadamente 85%)v. Argentina, Chile, Colombia, República Dominicana, Trinidad y Tobago, Uruguay y Venezuela cuentan con niveles de recolección de residuos sólidos domiciliarios cercanos al 100% (Graú, *et al.*, 2015).

La situación actual de manejo de los residuos sólidos en el Perú tiene una estrecha relación con la pobreza, las enfermedades y la contaminación ambiental (Ministerio del Ambiente - MINAM, 2008), tal es el caso que durante el año 2014 generó un total de 7 497 482 t/año de residuos urbanos municipales, de los cuales un 64% son residuos domiciliarios (MINAM, 2016),

Lima es la ciudad que genera más de la tercera parte de los residuos sólidos a nivel nacional (MINAM, 2008). De igual forma en Huánuco, los problemas de los residuos sólidos son múltiples, ya que aproximadamente se depositan 100 t/día en el botadero de Huánuco, se estima que cada persona produce entre 0.5 a 0.6 kilogramos de basura al día. El Distrito de Amarilis es el segundo generador de residuos sólidos (Dirección Regional de Salud – DIRESA, 2015) con 20.56 toneladas / día de residuos sólidos domiciliarios (Municipalidad de Amarilis, 2014).

Una alternativa al tratamiento de los residuos sólidos orgánicos es el compostaje, que es la degradación de residuos orgánicos por la acción de microorganismos, alterando la estructura molecular de los compuestos orgánicos (Salazar, 2014). En vista de ello, en el Perú, la gestión integral de los residuos ha adquirido importante prioridad en la agenda ambiental del País. Es así que en el año 2013, el Ministerio del Ambiente - MINAM promovió la implementación del programa de disposición final segura de residuos sólidos recolectados por el servicio municipal de limpieza pública, A través de estos programas, se ha logrado que al año 2015, 176 municipalidades han cumplido las metas establecidas (MINAM, 2016),

Una de las municipalidades que han participado en estos programas, es la Municipalidad de Amarilis a través del proyecto “Mejoramiento y ampliación del servicio de barrido y recolección de los residuos sólidos municipales en la zona urbana del Distrito de Amarilis, Provincia y Región Huánuco”, el cual ha logrado realizar la segregación de los residuos sólidos domiciliarios.

El Programa de Segregación en la Fuente y Recolección Selectiva de residuos Sólidos, nace a raíz de la situación actual que vive la ciudad de amarilis relacionado al manejo de los residuos sólidos, con la finalidad de lograr en la población participante una correcta separación y agrupación de los residuos sólidos desde sus hogares logrando de esta manera cambiar los malos hábitos en actitudes que ayuden a la conservación y preservación del medio ambiente.

El trabajo de investigación tuvo los siguientes objetivos:

Objetivo general

Determinar el efecto de EM (microorganismos eficaces), con aplicación de dolomita y oxido de Calcio en la degradación de residuos sólidos orgánicos domiciliarios

Objetivos específicos

1. Determinar el efecto de los EM (microorganismos eficaces) más dolomita en la temperatura, días a la degradación y en la composición química del compost
2. Evaluar el efecto de los EM (microorganismos eficaces) más óxido de Calcio en la temperatura, días a la degradación y en la composición química del compost
3. Determinar el efecto de los EM (microorganismos eficaces) más dolomita + óxido de Calcio en la temperatura, días a la degradación y en la composición química del compost.
4. Comparar diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1.1. Microorganismos eficaces

Tecnología desarrollada por Teruo Higa, profesor de la Universidad de Ryukyus en Okinawa, Japón. A comienzos de los años sesenta comenzó la búsqueda de una alternativa que reemplazaría a los fertilizantes y pesticidas sintéticos, popularizados después de la segunda guerra mundial para la producción de alimentos en el mundo entero (Programa de Apoyo a la Formación Profesional para la Inserción Laboral en el Perú – APROLAB, 2007).

Los EM son una mezcla de diferentes microorganismos tanto aerobios como anaerobios con más de 80 cepas, que representan cerca de 10 géneros diferentes y que poseen aproximadamente cerca de 100 millones de microorganismos activos/ml a un pH de 3,5. (Zhou, *et al.*, 2009), estos producen múltiples efectos benéficos debido a su coexistencia, que se encuentran comúnmente en los suelos y en los alimentos (Higa, 1993; Banco Interamericano de Desarrollo – BID, 2009). En esta relación entre microorganismos, se presentan antagonismos que logran vivir en armonía y aumentar la microflora y las condiciones del ecosistema, específicamente del suelo (características físicas y químicas) (Higa, 1993).

Este cultivo mixto, está a base de poblaciones predominantes de bacterias, levaduras y hongos, de ocurrencia natural, que pueden ser aplicados al suelo como inoculantes para incrementar la diversidad microbial de los suelos y plantas, asimismo para mejorar la calidad, salud del suelo y el crecimiento, producción y calidad de los cultivos (Higa y Parr, 1994).

Entre las ventajas de utilizar los EM tenemos, mayor resistencia

generada a estrés, mejor mineralización del Carbono y penetración de las raíces, descomposición gradual de agroquímicos en suelo, liberación más eficiente de nutrientes a partir de materia orgánica y aumento de la capacidad fotosintética de las plantas (Ramírez *et al.*, 2008). Como se mencionaba anteriormente, los actinomicetos, las bacterias ácido lácticas y las bacterias fotosintéticas son parte de los microorganismos utilizados dentro de los inóculos comerciales de EM (Otero, 2011).

2.1.1.1. Bacterias fotosintéticas

Este tipo de bacterias son pigmentadas debido a la producción de bacterioclorofila **a** o **b** y carotenoides, que les otorgan colores entre púrpura, rojo, café y naranja. Presentan subgrupos (alfa, beta y gama), las más estudiadas son las alfa proteobacterias. En el subgrupo de las alfa-1 encontramos a *Rhodospirillum* como su máximo representante; en alfa-2, *Rhodopseudomonas* y *Rhodomicrobium* y en el subgrupo alfa-3 *Rhodobacter* (Bryant y Frigaard, 2006).

Son bacterias que pueden fijar el Nitrógeno atmosférico y el bióxido de Carbono en moléculas orgánicas tales como aminoácidos y carbohidratos, además estas bacterias sintetizan sustancias útiles a partir de las secreciones de las raíces, materia orgánica y/o gases nocivos (sulfuro de hidrógeno), usando la luz solar y el calor del suelo como fuentes de energía. Otra de las funciones importantes es llevar a cabo la fotosíntesis incompleta lo cual hace que la planta genere nutrimentos sin necesidad de la luz solar. Entre ellas se mencionan a *Rhodopseudomonas plastrus* y el *Rhodobacter sparoides* (Ramírez, 2006 y APROLAB, 2007).

Además, sintetizan sustancias útiles a partir de las secreciones de las raíces, materia orgánica y/o gases nocivos (Ej. Amoníaco y sulfuro de hidrógeno), usando la luz solar y el calor del suelo como fuentes de energía. Las sustancias útiles producidas por estos microorganismos incluyen aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y azúcares que ayudan al crecimiento y desarrollo de las plantas, (Rolli, 2010).

2.1.1.2. Bacterias Ácido Lácticas

Son bacterias Gram positivas que producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos sintetizados (bacterias fototróficas y levaduras). Además, aumentan la fragmentación de los componentes de la materia orgánica, como la lignina y la celulosa. Dentro de las bacterias ácido lácticas que componen la Tecnología EM son el *Lactobacillus plantarum*, *L.casei*, y el *Streptococcus lactis* (Reboreda, 2011; Ramírez, 2006).

Estas bacterias producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos desarrollados por bacterias fotosintéticas y levaduras. Han sido usadas por mucho tiempo en la producción de alimentos como el yogurt, leches ácidas y pepinillos. Pero además el ácido láctico es un compuesto altamente esterilizador que suprime microorganismos patógenos e incrementa la rápida descomposición de la materia orgánica como la lignina y la celulosa, al mismo tiempo elimina efectos indeseados de la materia orgánica en putrefacción (Higa, 1993).

2.1.1.3. Levaduras

Estos microorganismos sintetizan sustancias antimicrobiales y útiles para el crecimiento de las plantas a partir de aminoácidos y azúcares secretados por bacterias fototróficas, materia orgánica y raíces de las plantas. Las sustancias bioactivas, como hormonas y enzimas, producidas por las levaduras, promueven la división celular activa. Sus secreciones son sustratos útiles para Microorganismos Eficaces como bacterias ácido lácticas y actinomicetos (Arias, 2010), estos pueden estimular el crecimiento y actividad de otras microorganismos del suelo (Ramírez, 2006).

Las levaduras presentes en este grupo de microorganismos eficaces son: *Saccharomyces cerevisiae* *Candida utilis*, Hongos (fungi), *Aspergillus oryzae* y *Mucor hiemalis* (Higa y Parr, 1994),

2.1.1.4. Actinomicetos

Los actinomicetos son bacterias Gram positivas, aerobios heterótrofos principalmente, formadores de esporas y con alto contenido G+C (70 – 74%) en su DNA. El género principal es *Streptomyces* cuyo olor característico a tierra húmeda se debe a compuestos volátiles como la geosmina. Especies de la familia *Streptomycetaceae* se encuentran extensamente distribuidas y estudiadas debido a la producción de metabolitos secundarios como enzimas inhibitorias extracelulares, herbicidas y antibióticos (Lezhava, *et al.*, 1995; Samac y Kinkel, 2001; Schlatter, *et al.*, 2009).

Estos microorganismos son importantes saprófitos de plantas, capaces de degradar moléculas complejas y sustancias recalcitrantes como celulosa, lignocelulosa, xilano y lignina, adicionalmente juegan un importante papel en el proceso de descomposición de material orgánico, debido a sus enzimas líticas (González-Franco, *et al.*, 2009; Sousa, *et al.*, 2008; Zhou, *et al.*, 2009). Los actinomicetos son capaces de producir sideróforos, pigmentos extracelulares de bajo peso molecular (500-1000 Da) fluorescentes o no, que puede solubilizar y quelar Hierro del suelo e inhibir de esta forma el crecimiento de microorganismos patógenos (Caballero-Mellado, 2006), adicionalmente están implicados en la inducción de resistencia en diferentes sistemas planta – patógeno (Hernández, *et al.*, 2004).

Adicionalmente los actinomicetos son capaces de solubilizar fosfatos, cualidad muy importante ya que el fósforo se encuentra entre un 95-99% en forma de fosfato insoluble y no puede ser utilizado por las plantas (Pradhan Sukla, 2005). Esta capacidad de los actinomicetos de convertir el fosfato insoluble en soluble se lleva a cabo a través de procesos de acidificación, quelación y reacciones de intercambio (Otero, 2011).

Los actinomicetos tienen un gran potencial como controladores de patógenos de plantas debido a la producción de antibióticos ionóforos (incrementan la captura de nutrientes incluyendo cationes) y enzimas que poseen actividad antimicrobiana. Dentro de las enzimas están la quitinasa que

puede ser aprovechada como mecanismo de biocontrol especialmente de hongos patogénicos. Otras enzimas son la catalasa, amilasa y lipasa, las cuales son importantes en el proceso de crecimiento de plantas y el último grupo de enzimas son las celulasas y xilanasas, que actúan en la descomposición de materia orgánica y por tanto promueven el crecimiento de las plantas. De igual forma son capaces de colonizar el sistema de raíz de las plantas (Sousa, *et al.*, 2008). A los actinomicetos se les reconoce por su capacidad de sintetizar auxinas (reguladores de crecimiento vegetal), entre ellas el Ácido Indol Acético (AIA), promotor de crecimiento de raíces y de proliferación de pelos radicales que mejoran la absorción de agua y minerales del suelo, por lo tanto llevan a un mejor y mayor desarrollo de la planta (Caballero - Mellado, 2006).

2.1.2. Residuos sólidos domiciliarios

Son residuos sólidos aquellas sustancias, productos o subproductos en estado sólido o semisólido de los que su generador dispone, o está obligado a disponer, en virtud de lo establecido en la normatividad nacional o de los riesgos que causan a la salud y el ambiente. Esta definición incluye a los residuos generados por eventos naturales (MINAM, 2016).

2.1.2.1. Clasificación de los residuos sólidos

Según la Sociedad Peruana de derecho Ambiental –SPDA (2009); reporta que los residuos sólidos se pueden clasificar, según su origen, gestión y peligrosidad

Según su origen

En domiciliarios, comerciales, limpieza de espacios públicos, establecimiento de atención de salud, industrial, actividades de construcción, residuos agropecuarios y residuo de instalaciones o actividades especiales (Ley General de los Residuos Sólidos del Perú, 2000)

Residuos domiciliarios: Son aquellos elementos, objetos o sustancias que, como consecuencia de los procesos de consumo y

desarrollo de actividades humanas, son desechados y/o abandonados. La generación de residuos domiciliarios está directamente relacionada con los estilos de vida y de consumo de las personas (Ley General de Residuos Sólidos, 2000).

Residuo comercial: Residuo generado en establecimientos comerciales y mercantiles, tales como almacenes, depósitos, hoteles, restaurantes, cafeterías y plazas de mercado (Ley General de Residuos Sólidos, 2000).

Residuo de limpieza de espacios públicos: Son los residuos generados por la limpieza de las calles, avenidas, parques, aceras (Ley General de Residuos Sólidos, 2000).

Residuo de establecimiento de atención de salud: Son aquellos desechos generados en los procesos y en las actividades de atención e investigación médica en los establecimientos como hospitales, clínicas, postas, laboratorios y otros (Ley General de Salud, 1997).

Residuo industrial: Son aquellos residuos generados en las actividades de las diversas ramas industriales, tales como: manufacturera, minera, química, energética, pesquera y otras similares. Estos residuos se presentan como: lodos, cenizas, escorias metálicas, vidrios, plásticos, papel, cartón, madera, fibras, que generalmente se encuentran mezclados con sustancias alcalinas o ácidas, aceites pesados, entre otros, incluyendo en general los residuos considerados peligrosos (Ley General de Residuos Sólidos, 2000).

Residuo de actividad de construcción: Son aquellos residuos fundamentalmente inertes que son generados en las actividades de construcción y demolición de obras, tales como: edificios, puentes,

carreteras, represas, canales y otras afines a éstas. (Ley General de Residuos Sólidos, 2000).

Residuo agropecuario: Son aquellos residuos generados en el desarrollo de las actividades agrícolas y pecuarias. Estos residuos incluyen los envases de fertilizantes, plaguicidas, agroquímicos diversos, entre otros. (Ley General de Residuos Sólidos, 2000).

Residuo de instalaciones o actividades especiales: Son aquellos residuos sólidos generados en infraestructuras, normalmente de gran dimensión, complejidad y de riesgo en su operación, con el objeto de prestar ciertos servicios públicos o privados, tales como: plantas de tratamiento de agua para consumo humano o de aguas residuales, puertos, aeropuertos, terminales terrestres, instalaciones navieras y militares, entre otras; o de aquellas actividades públicas o privadas que movilizan recursos humanos, equipos o infraestructuras, en forma eventual, como conciertos musicales, campañas sanitarias u otras similares (Ley General de Residuos Sólidos, 2000).

Por el tipo de manejo

Grau *et al* (2015) indica que se puede clasificar un residuo por presentar algunas características asociadas a manejo que debe ser realizado. Desde este punto de vista se pueden definir tres grandes grupos: residuos peligrosos, residuos inertes y residuos no peligrosos.

Por su composición química

Los residuos orgánicos se pueden desintegrar o degradar rápidamente, transformándose en otro tipo de materia orgánica. Ejemplo: los restos de comida, frutas y verduras, carne, huevos, etcétera, o pueden tener un tiempo de degradación más lento, como el cartón y el papel. Se exceptúa de estas propiedades al plástico, porque a pesar de tener su origen en un compuesto orgánico, posee una estructura molecular más complicada (Flores, 2001).

Mientras que los residuos inorgánicos son aquellos residuos que no pueden ser degradados o desdoblados naturalmente, o bien si esto es posible sufren una descomposición demasiado lenta. Estos residuos provienen de minerales y productos sintéticos (Ruíz y Díaz, 2005).

2.1.2.2. Caracterización de los residuos sólidos domiciliarios

La caracterización de los residuos sólidos domiciliarios (RSD), viene a ser el análisis de la cantidad y características de los residuos que se generan en las viviendas y es un dato técnico sumamente importante que nos genera la suficiente información para mejorar la operatividad de cualquier sistema de gestión de residuos sólidos municipales (Alcas *et al.*, 2005).

La producción o generación de residuos sólidos domésticos un indicador que depende básicamente del tamaño de la población y de sus características socioeconómicas. Este indicador asocia el tamaño de la población, la cantidad de residuos y el tiempo; siendo la unidad de expresión el kilogramo por habitante por día (Kg/hab/día) (Grau *et al.*, 2015).

La Generación Per Cápita (GPC) para el año 2013 tuvo un valor 0.56 kg/hab./día en el ámbito nacional. Los valores representativos para la costa, sierra y selva son 0.588, 0.513 y 0.553 kg/hab./día respectivamente; se observa que para todos los casos la GPC muestra una tendencia de disminución de sus valores con respecto al año 2012. La generación domiciliaria de residuos se ha venido incrementando desde el año 2009 hacia el 2013, pasando de 4.2 a cerca de 5.0 millones de toneladas por año; este incremento guarda relación directa con el incremento del PBI per cápita nacional, que también ha tenido un crecimiento ascendente pasando de 16 200 a 18 900 soles/hab./año. (MINAM, 2014).

La determinación de la generación de los residuos sólidos reaprovechables en el periodo 2013 en la región Huánuco, tuvo como fuente los Programas de Segregación en la Fuente y Recolección Selectiva (PSF-RS), de ello se estimó que 4 672 t, de residuos fueron recuperados en la

fuelle, equivalente al 6.49 % de los residuos domiciliarios generados (MINAM, 2014).

2.1.2.3. Composición de los residuos sólidos

La composición física de los residuos sólidos mostró una predominancia de los residuos orgánicos con el 50.43 % y los materiales con evidente potencial de reciclaje representaron un 23.70 % (plástico, papel, cartón, metales y vidrio). (MINAM, 2014).

La generación, composición y densidad de los residuos sólidos municipales, son parámetros muy importantes para la toma de decisiones en lo que se refiere a implementar acciones para mejorar los sistemas de manejo de residuos y por consiguiente la disposición final de los desechos sólidos (Sandoval, 2010).

La Región Huánuco en el año 2013, los residuos sólidos estuvieron compuestos por restos orgánicos de cocina y alimentos en un 49.75 %, éstos constituyen los principales residuos generados por los domicilios, seguidos por los residuos no peligrosos reaprovechables que constituyen el 29.53 % y por los residuos no peligrosos no reaprovechables con 14.71 %. (MINAM, 2014).

2.1.2.4. Marco legal nacional

Constitución Política del Perú 1993

El Art.2 inciso 22 establece que: toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida. Es decir, a disfrutar de un ambiente libre de contaminación como son los residuos sólidos las cuales atentan directamente contra el ambiente y salud de las personas.

Ley General de Salud (Ley N° 26842-1997)

Esta ley menciona en dos de sus artículos, aspectos vinculados a la protección y vigilancia del medio ambiente, debido a una inadecuada disposición de residuos sólidos.

- Art. 104. Toda persona natural o jurídica, está impedida de efectuar descargas de desechos o sustancias contaminantes en el agua, el aire o el suelo, sin haber adoptado las precauciones de depuración en la forma que señalan las normas sanitarias y de protección al ambiente.
- Art. 107. El abastecimiento de agua, alcantarillado, disposición de excretas, reusó de aguas servidas y disposición de residuos sólidos quedan sujetos a las disposiciones que dicta la autoridad de salud competente, la que vigilara su cumplimiento.

Ley General del Ambiente (Ley N° 28611-2005)

Esta ley señala en tres de sus artículos las funciones de los gobiernos en el ámbito nacional en materia de residuos sólidos, así como el derecho de vivir en un ambiente libre de contaminación por residuos sólidos.

- Art. 67 menciona que: Las autoridades públicas de nivel nacional, sectorial, regional y local priorizan medidas de saneamiento básico que incluyan la disposición de excretas y de los residuos sólidos en las zonas urbanas y rurales, promoviendo la universalidad, calidad y continuidad de los servicios de saneamiento, así como el establecimiento de tarifas adecuadas y consistentes con el costo de dichos servicios, su administración y mejoramiento.
- Art. 119 inciso 1 menciona que: La gestión de los residuos sólidos de origen doméstico, comercial o que siendo de origen distinto presenten características similares a aquellos, son de responsabilidad de los gobiernos locales.

Ley General de Residuos Sólidos del Perú (Ley N° 27314-2000) y su modificatoria Decreto Legislativo N° 1065-2008

Esta ley y su modificatoria tratan exclusivamente del tema de residuos sólidos.

- Art. 5, incisos 4 y 5, dentro de las competencias del Ministerio del Ambiente, lo siguiente: Incluir en el Informe Nacional sobre el Estado del Ambiente en el Perú, el análisis referido a la gestión y el manejo

de los residuos sólidos, así como indicadores de seguimiento respecto de su gestión e Incorporar en el Sistema Nacional de Información Ambiental, información referida a la gestión y manejo de los residuos sólidos.

- Art. 7 establece que: el Ministerio de Salud a través de la DIGESA es competente, para normar los aspectos técnicos - sanitarios del manejo de residuos sólidos, incluyendo los correspondientes a las actividades de reciclaje, reutilización y recuperación.

- Art. 10 establece que: Las municipalidades provinciales son responsables por la gestión de los residuos sólidos de origen domiciliario, comercial y de aquellas actividades que generen residuos similares a éstos, en todo el ámbito de su jurisdicción, efectuando las coordinaciones con el gobierno regional al que corresponden, para promover la ejecución, revalorización o adecuación, de infraestructura para el manejo de los residuos sólidos, así como para la erradicación de botaderos que pongan en riesgo la salud de las personas y del ambiente.

- Art. 10 inciso 1 y 12 establece que las municipalidades están en la obligación de: Planificar la gestión integral de los residuos sólidos en el ámbito de su jurisdicción, compatibilizando los planes de manejo de residuos sólidos de sus distritos y centros poblados menores, con las políticas de desarrollo local y regional y con sus respectivos Planes de Acondicionamiento Territorial y de Desarrollo Urbano e Implementar progresivamente programas de segregación en la fuente y la recolección selectiva de los residuos sólidos en todo el ámbito de su jurisdicción, facilitando su reaprovechamiento y asegurando su disposición final diferenciada y técnicamente adecuada.

Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos (Decreto Supremo N° 057-04-PCM)

- Art. 6 establece que: la autoridad de salud de nivel nacional para los aspectos de gestión de residuos, es la Dirección General de

Salud Ambiental (DIGESA) del Ministerio de Salud; y en el nivel regional, son las Direcciones de Salud (DISA) o las Direcciones Regionales de Salud, según corresponda.

Ley Orgánica de Municipalidades (Ley N° 27972)

Esta ley señala en uno de sus artículos las funciones de las municipalidades distritales para una disposición adecuada de los residuos sólidos.

- Art. 80, inciso 3 y 3.1. Indica que es una función exclusiva de las municipalidades distritales: Proveer el servicio de limpieza pública, determinando el área de acumulación de desechos, rellenos sanitarios y el aprovechamiento industrial de desperdicios.

2.1.3. Compostaje

El compostaje es el proceso de descomposición termofílica aerobia de residuos sólidos orgánicos por poblaciones mixtas de microorganismos en condiciones controladas, para producir un material orgánico estabilizado y humificado que en condiciones favorables a la actividad microbiana se descompone lentamente. El producto final obtenido, de naturaleza húmica, puede ser utilizado como fertilizante, enmienda orgánica. (Vicente, Carrasco y Negro, 1996). Por lo tanto el compostaje es considerado una técnica de estabilización y tratamiento de los residuos sólidos orgánicos (Salazar, 2014).

2.1.3.1. Fases del compostaje

El proceso de compostaje es una descomposición predominantemente aeróbica, que se puede dividir en tres fases. Fase inicial de descomposición de los materiales más lábiles, tales como azúcares, proteínas, almidones y hemicelulosas, son descompuestos más rápidamente. Luego una segunda fase de temperaturas más altas, donde se degradan los materiales más recalcitrantes como celulosa y la lignina, para pasar finalmente la fase de síntesis, donde se forman sustancias húmicas (Soto, 2003).

Fase Mesofílica

Es el inicio del proceso de compostaje, en el cual la zona central presenta una temperatura ambiental que comienza a incrementarse mientras paralelamente disminuye el pH, se produce el desarrollo de la flora mesofílica predominando las bacterias, levaduras, mohos y actinomicetos mesofílicos que se desarrollan entre 20 y 40 °C de temperatura. Esta etapa puede durar de 24 a 72 horas (Salazar, 2014).

Este aumento de temperatura es debido a actividad microbiana, ya que en esta fase los microorganismos utilizan las fuentes sencillas de C y N generando calor. La descomposición de compuestos solubles, como azúcares, produce ácidos orgánicos y, por tanto, el pH puede bajar (hasta cerca de 4.0 o 4.5). Esta fase dura pocos días (entre dos y ocho días) (Román *et al*, 2013).

Fase termófila

Como consecuencia de la intensa actividad de las bacterias y el aumento de la temperatura alcanzado en la pila de residuos, provoca la aparición de organismos termófilos (bacterias y hongos) (Pérez, 2008). Se caracteriza por desarrollarse a temperaturas entre 40 a 60° C, por acción de degradación de la materia orgánica de los microorganismos termófilos, principalmente por hongos del grupo de actinomicetos (*Micromonospora*, *Streptomyces* y *Actomyces*) (Álvarez 2008). La temperatura alcanzada durante esta etapa del proceso garantiza la higienización y eliminación de patógenos, larvas y semillas. Dependiendo del material de partida y de las condiciones ambientales, el proceso puede durar entre una semana, en sistemas acelerados, y uno a dos meses en sistemas de fermentación lenta. Transcurrido el tiempo de la fase termófila, disminuye la actividad biológica y se estabiliza el medio (Pérez, 2008).

Esta fase también recibe el nombre de fase de higienización ya que el calor generado destruye bacterias y contaminantes de origen fecal como *Escherichia coli* y *Salmonella spp.*); esta fase es importante pues las temperaturas por encima de los 55°C eliminan los quistes y huevos de

helminto, esporas de hongos fitopatógenos y semillas de malezas que pueden encontrarse en el material de partida, dando lugar a un producto higienizado. (Román *et al*, 2013).

Fase de enfriamiento

Se realiza la degradación de la celulosa y la lignina por bacterias y hongos (*Aspergillus* y *Mucor*) (Álvarez, 2008). Durante esta fase, continúa la degradación de polímeros como la celulosa, y aparecen algunos hongos visibles a simple vista. Al bajar de 40 °C, los organismos mesófilos reinician su actividad y el pH del medio desciende levemente, aunque en general el pH se mantiene ligeramente alcalino (Román *et al*, 2013). Con el agotamiento de los nutrientes y la muerte de los microorganismos termófilos, comienza el descenso de la temperatura, aproximadamente a temperaturas iguales o inferiores a los 40° C. Se desarrollan nuevamente los microorganismos mesófilos que utilizarán como nutrientes la celulosa y lignina restantes en la pila (Organización Panamericana de la Salud - OPS, 1999).

Fase de maduración

Es un período de fermentación lenta (puede llegar a durar 3 meses), en el que la parte menos biodegradable (la más resistente) de la materia orgánica se va degradando. La temperatura de la pila va disminuyendo lentamente al igual que la actividad de las bacterias, produciéndose la colonización de la pila por todo un mundo de organismos y microorganismos que ayudan a la degradación de esas partes menos biodegradables del residuo (Pérez, 2008). En esta fase se estabiliza y polimeriza compuestos carbonados para la formación de ácidos húmicos y fúlvicos (Pérez, 2008) a temperatura ambiente, desciende el consumo de oxígeno y se elimina la fitotoxicidad (Álvarez 2008), y finalmente la temperatura se iguala a la del medioambiente (Vicente *et al*, 1996).

OPS (1999) reporta que las etapas mencionadas, no se cumplen en la totalidad de la masa en compostaje, es necesario, remover las pilas de material en proceso, de forma tal que el material que se presenta en la corteza, pase a formar parte del núcleo. Estas remociones y reconfiguraciones de las

pilas se realizan en momentos puntuales del proceso, y permiten además airear el material, lo que provoca que la secuencia de etapas descripta se presente por lo general más de una vez.

2.1.3.2. Parámetros de control del compostaje

Considerando que en el proceso de compostaje, los responsables o agentes de la transformación son seres vivos, todos aquellos factores que puedan limitar su vida y desarrollo, limitarán también al propio proceso (Pérez, 2008). Los factores que intervienen son complejos, pero se pueden señalar como importantes la relación C/N, la temperatura, la humedad, la aireación y el CO₂ (Pérez, 2008; Román *et al*, 2013; Salazar, 2014).

El manejo del proceso es importante para obtener un compost de buena calidad, por lo tanto es necesario establecer las condiciones óptimas para el desarrollo de los microorganismos. Las condiciones que favorecen el desarrollo de los microorganismos aeróbicos están dadas por las presencia de oxígeno, agua, temperatura y disponibilidad de nutrientes (Córdoba, 2006).

Román *et al* (2013) indican que externamente, el proceso de compostaje dependerá en gran medida de las condiciones ambientales, el método utilizado, las materias primas empleadas, y otros elementos, por lo que algunos parámetros pueden variar. No obstante, éstos deben estar bajo vigilancia constante para que siempre estén siempre dentro de un rango óptimo. A continuación se señalan los parámetros y sus rangos óptimos.

Cuadro 1. Parámetros para compostaje

Parámetro	Rango ideal al comienzo (2-5 días)	Rango ideal para compost en fase termófila II (2-5 semanas)	Rango ideal de compost maduro (3-6 meses)
C:N	25:1 – 35:1	15/20	10:1 – 15:1
Humedad (%)	50 – 60	45 - 55	30 - 40
Concentración de oxígeno (%)	~ 10	~ 10	~ 10
Tamaño de partícula (cm)	< 25	~ 15	< 1.6
pH	6.5 – 8.0	6.0 – 8.5	6.0 – 8.5
Temperatura (°C)	45° - 60°	45° – Temp.ambiente	Temp.ambiente
Densidad (kg/m ³)	250 – 700	< 700	< 700
Materia orgánica (Base seca)	50 - 70%	> 20%	> 20%
Nitrógeno total (Base seca)	2.5 – 3%	1 – 2%	- 1%

Fuente: Román *et al* (2013).

2.1.3.3. Actividad microbiana en el compostaje

Existen diversas especies diferentes de microorganismos a lo largo del proceso de compostaje. En la etapa mesofílica se presentan poblaciones de bacterias heterotróficas, las cuales disminuyen en la fase termofílica. Luego existe un ligero aumento en la fase de estabilización. La población de bacterias celulolíticas va disminuyendo en la medida que el compostaje va avanzando. Las condiciones cercanas a la neutralidad del pH, favorecen al crecimiento de las bacterias. El contenido de humedad en la fase inicial de 50 – 60% permite el desarrollo de la población de microorganismos. En cuanto a la temperatura, las bacterias mesófilas son favorecidas en la fase inicial, debido a que su actividad metabólica genera altas temperaturas para favorecer a las bacterias termófilas en la fase termofílica, en la fase de estabilización las bacterias mesófilas se encuentran en mayor proporción que las termófilas y celulolíticas (Sánchez, 2009).

Por lo tanto, la eficiencia en la degradación de la materia orgánica en el proceso del compostaje depende inicialmente y primordialmente de las comunidades microbianas. A través de diferentes tipos de enzimas hidrolíticas los microorganismos desempeñan la degradación de materiales orgánicos. Diversas enzimas hidrolíticas se cree que controlan parte de la velocidad a la que los sustratos orgánicos son degradados (Salazar, 2014).

La eficiencia con la que los microorganismos realizan las transformaciones químicas, se debe a su gran poder catalítico. Como consecuencia de su pequeño tamaño, bacterias y hongos presentan una relación superficie/volumen muy elevada en comparación con organismos superiores, los que les permite un rápido intercambio de sustratos y productos de desechos entre estos y el medio (OPS, 1999).

Acelerar el proceso de compostaje depende principalmente de la adición de microorganismos. Algunos investigadores aislaron microorganismos del compost y emplearon a los mismos en su fase activa como inóculo; la búsqueda de un inóculo ideal parece improbable, así como es improbable que algún organismo en particular pueda gobernar todo el proceso. Para

lograr esta finalidad, se necesitaría contar con una mejor comprensión de la estructura y dinámica de la comunidad microbiana durante el compostaje (Tortarolo *et al.*, 2007).

Cuando no se cuenta con una mezcla adecuada de desechos orgánicos, el proceso de composteo es lento y el producto final es un material de baja calidad. Para evitar esto, se puede adicionar otros insumos para mejorar la composición química y la estructura de las pilas (Salazar, 2014).

2.1.3.4. Materiales para compostaje

Román *et al* (2013) indica que la gran mayoría de los materiales orgánicos son compostables. En la siguiente lista se hace una extensa relación de materiales que se pueden compostar:

- Restos de cosecha, plantas del huerto o jardín. Ramas trituradas o troceadas procedentes de podas, hojas caídas de árboles y arbustos. Heno y hierba segada. Césped o pasto (preferiblemente en capas finas y previamente desecadas).
- Estiércol de porcino, vacuno, caprino y ovino, y sus camas de corral.
- Restos orgánicos de cocina en general (frutas y hortalizas). Alimentos estropeados o caducados. Cáscaras de huevo (preferible trituradas). Restos de café. Restos de té e infusiones. Cáscaras de frutos secos. Cáscaras de naranja, cítricos o piña (pocos y troceadas). Papas estropeadas, podridas o germinadas.
- Aceites y grasas comestibles (muy esparcidas y en pequeña cantidad).
- Virutas de serrín (en capas finas).
- Servilletas, pañuelos de papel, papel y cartón (no impresos ni coloreados, ni mezclados con plástico).
- Cortes de pelo (no teñido), residuos de esquilado de animales.

No se deben incluir materiales inertes, tóxicos o nocivos tales como:

- Residuos químicos-sintéticos, pegamentos, solventes, gasolina, petróleo, aceite de vehículos, pinturas.
- Materiales no degradables (vidrio, metales, plásticos).
- Aglomerados o contrachapados de madera (ni sus virutas o serrín).
- Tabaco, ya que contiene un biocida potente como la nicotina y diversos tóxicos.
- Detergentes, productos clorados, antibióticos, residuos de medicamentos.
- Animales muertos (estos deben ser incinerados en condiciones especiales, o pueden ser compostados en pilas especiales).
- Restos de alimentos cocinados, carne.

2.1.4. Óxido de Calcio

El óxido de Calcio, es un compuesto químico, también conocido como cal o cal viva. Se puede encontrar en la naturaleza; de la aglomeración del agua marina, la cual posee concentraciones altas de carbonato de Calcio y magnesio. Entre los usos y aplicaciones más comunes del óxido de Calcio, se encuentran: Preparación de morteros y cementeros, blanqueador doméstico, curtido de pieles, neutraliza los terrenos ácidos en la industria de la agricultura (Quiminet, 2015a)

2.1.5. Dolomita

La dolomita, el doble carbonato de Calcio y Magnesio, es un componente en vez de una mezcla de calcita y magnesita. La dolomita tiene una fórmula química de $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$, con un peso molecular de 184.4 y una gravedad específica de 2.84 g/cm^3 . Teóricamente, la dolomita pura contiene 45.7% de MgCO_3 y 54.3% CaCO_3 . Su dureza es 3.5 - 4 en la escala de Mohs y su sistema cristalino es romboédrico. La caliza dolomítica tiene 30.4%CaO, 21.8% MgO, y 47.8%CO₂. Las impurezas tales como: sílice (SiO_2), arcillas, esquisto, feldespato, etc., son usualmente asociados con la caliza dolomítica. La dolomita puede ser usada como un neutralizante para la acidez del suelo

y para neutralizar la acidez resultante del uso de tales fertilizantes como urea. La dolomita neutraliza la acidez del suelo a través de un intercambio de base con los cationes de Calcio y magnesio desplazando los iones Hidrógeno en el suelo (Quiminet, 2015b)

2.2. ANTECEDENTES

Uribe *et al* (2001) evaluó los microorganismos eficaces (E.M) en la producción de abono orgánico a partir de estiércol de aves de jaula, donde se evaluó el proceso de compostaje de gallinaza de aves de jaula y el efecto de microorganismos eficaces (EM) sobre la composición física y química del compost, al final del proceso se realizaron análisis químicos para determinar la calidad del producto. Los tratamientos fueron mezcla de gallinaza + aserrín más microorganismos eficaces una sola vez se mezcla la gallinaza + aserrín de proporción 1 : 1 + EM. El proceso de compostación se produjo de la segunda a la cuarta semana y el secado de la quinta a la sexta semana para todos los tratamientos; sin embargo la mezcla de gallinaza con EM, presentó una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,05$) con respecto a la formulación de la gallinaza, aserrín y EM en pH, mostrando un descenso más rápido, por debajo de 8,5, lo cual indica una aceleración en el proceso de estabilización del compost. Las pruebas físico-químicas realizadas al muestran mayores valores de nitrógeno y potasio para la mezcla de gallinaza con EM. Los valores en la relación carbono/nitrógeno y en la capacidad de intercambio catiónico, fueron adecuados para este tipo de compostajes en los tres tratamientos.

Barbaro *et al* (2013) estudió el compost de ave de corral como componente de sustratos para plantas, el objetivo de este trabajo fue elaborar dos compost de guano de gallina (CGG) como componente de sustrato, mediante el desarrollo de plantas de corral (*Salvia splendens*). A las plantas cultivadas en cada sustrato se midió la longitud y el diámetro del tallo, peso fresco y seco de la parte aérea y radicular. La densidad, porosidad y capacidad de retención de agua de todos los sustratos fueron aceptables. El pH de ambos compost de CGG fue mayor a 6,3, y los valores de las mezclas se

encontraron dentro del rango favorable. Todos los sustratos superaron 1 dS m⁻¹ (1+5 v/v), principalmente los formulados con compost de CGG + S, cuyo material puro contenía altos niveles salinos. Al disminuir el porcentaje de CGG en las malezas, disminuyó la concentración de cada nutriente.

Cajahuanca (2016) en la tesis 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. Los tratamientos fueron T1 (testigo), T2 (5 litros del caldo de EM); T3 (10 litros del caldo de inoculación EM: en 2 capas), y el T4 (20 litros del caldo de EM: en 4 capas). Por medio del seguimiento a la variación de temperatura, se evidenciaron las fases del proceso de compostaje, a saber: mesofílico, termofílica (en los que presentaron), de enfriamiento y maduración. Dado a que los lotes del proyecto eran de dimensiones relativamente grandes, se alcanzaron temperaturas extremas. Así, por ejemplo, la máxima temperatura alcanzada fue de 69.5°C. Después de 32 días se daba por terminado el proceso de compostaje. Se determinó la producción final de compost en peso y volumen, obteniendo mejores resultados en los lotes del cuarto tratamiento con EM.

2.3. HIPÓTESIS

Hipótesis de la investigación

Si aplicamos EM (microorganismos eficaces), dolomita y óxido de Calcio entonces tendremos efectos significativos en la degradación de residuos sólidos orgánicos domiciliarios en condiciones de planta de compostaje Amarilis-Huánuco.

Hipótesis específicas

1. Si aplicamos EM (microorganismos eficaces) con dolomita en la degradación de los residuos orgánicos domiciliarios para la obtención de compost entonces tendremos efectos significativos en la

temperatura del compostaje, días a la degradación y composición química

2. Si aplicamos EM (microorganismos eficaces) con óxido de Calcio en la degradación de los residuos orgánicos domiciliarios para la obtención de compost entonces tendremos efectos significativos en la temperatura del compostaje, días a la degradación y composición química
3. Si aplicamos EM (microorganismos eficaces) con dolomita-óxido de Calcio en la degradación de los residuos orgánicos domiciliarios para la obtención de compost entonces tendremos efectos significativos en la temperatura del compostaje, días a la degradación y composición química

2.4. VARIABLES

2.4.1. Operacionalización de variables

Cuadro 2. Variables e indicadores.

VARIABLES	INDICADORES
1.- Independiente: EM.	1.1. EM-dolomita. 1.2. EM-óxido de Calcio. 1.3. EM-dolomita-óxido de Calcio
2.- Dependiente: Residuos sólidos orgánicos domiciliarios	2.1. Temperatura 2.2. Degradación 2.3. Composición química
3.- Interviniente: Condiciones planta de compostaje.	3.1. Temperatura.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

El presente trabajo de investigación se realizó en el distrito de Amarilis, provincia y región de Huánuco, en las instalaciones de la planta de compostaje, ubicado en el colegio Marino Meza Rosales.

Ubicación política

Región : Huánuco
 Provincia : Huánuco
 Distrito : Amarilis
 Lugar : Planta de procesos de segregación de residuos orgánicos de la Municipalidad de amarilis – Colegio Agropecuario Marino Meza Rosales.

Posición geográfica

Longitud Oeste : 76° 14' 1.41"
 Latitud Sur : 09° 55' 23.69"
 Altitud : 1886 msnm

3.1.1. Condiciones agroecológicas

Según la clasificación de Zonas de Vida realizado por Holdridge, el lugar donde se llevó a cabo el experimento pertenece a la zona de vida **monte espinoso – Premontano Tropical (mte-PT)**, el cual tiene las siguientes características: biotemperatura media anual máxima de 24.5°C y la mínima 18.8°C. El promedio de la precipitación total anual de 532.8 mm y el promedio mínimo 226.0 mm. La relación de evapotranspiración varía entre 2 a 4 veces la precipitación y el potencial de evapotranspiración total anual varía entre 1414 y 1600 mm, ubicadas en las zonas de vida como monte espinoso; la provincia de humedad es semiárida

3.2. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Tipo de investigación

Aplicada, porque se recurrió a los conocimientos de la ciencia en EM (microorganismos eficaces), dolomita, oxido de Calcio y compostaje para generar tecnología y solucionar problemas en la degradación de residuos sólidos domiciliarios de los pobladores del distrito de Amarilis

Nivel de investigación

Experimental, porque se manipuló intencionalmente la variable independiente (EM, Dolomita y oxido de Calcio), su efecto se midió en la variable dependiente (residuos sólidos domiciliarios) y se comparó con un testigo.

3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y UNIDAD DE ANÁLISIS

Población

Estuvo constituido por 3 composteras con la aplicación de EM y las enmiendas orgánicas más 1 testigo (sin aplicación) en el campo experimental.

Muestra

De las pilas composteras se tomaron muestras 4 muestras al azar. El tipo de muestreo fue Probabilístico en su forma de Muestreo Aleatorio Simple (MAS), porque cada compostera tiene la misma probabilidad de formar parte del área neta experimental al momento del análisis del producto.

3.4. FACTORES Y TRATAMIENTOS EN ESTUDIO

En el presente trabajo de investigación se estudió el factor del efecto de los EM (microorganismos eficaces) en la degradación de los residuos sólidos domiciliarios orgánicos, que estuvo constituido de 4 tratamientos.

Cuadro 3. Factores y Tratamientos en estudio

FACTOR	TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN
EM y Enmiendas	T1	EM – dolomita + óxido de Calcio
	T2	EM – dolomita
	T3	EM - óxido de Calcio
	T4	Testigo (residuos sólidos)

3.5. PRUEBA DE HIPÓTESIS

3.5.1. Diseño de la investigación

Experimental, en su forma de Diseño Bloques Completos al Azar (DBCA) con cuatro tratamientos y tres repeticiones haciendo un total de 12 unidades experimentales.

a) El modelo de aditivo lineal.

El modelo estadístico para el diseño es:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \ell_{ij}$$

Para $i = 1, 2, 3, \dots, t$ (Nº de tratamientos)

$j = 1, 2, 3, \dots, r$ (Nº de repeticiones, bloques)

Donde:

Y_{ij} = Unidad experimental que recibe el tratamiento i y está en el bloque j

μ = Media general a la cual se espera alcanzar todas las observaciones (media poblacional)

τ_i = Efecto verdadero del i ésimo tratamiento

β_j = Efecto verdadero del j ésimo bloque

ℓ_{ij} = Error experimental.

b) Análisis estadístico

El análisis de varianza que se aplicó fue la técnica de ANDEVA o prueba de F, al 5 % y 1 % de nivel de significancia entre tratamientos y repeticiones. Para la comparación de promedios de los tratamientos se utilizó la Prueba de Rangos Múltiples de DUNCAN al 5 % y 1 % de nivel de significancia entre tratamientos, esta prueba se eligió debido a que evaluó la mayor diferencia entre dos medias de los tratamientos

Cuadro 4. Esquema del Análisis de varianza (ANDEVA)

Fuentes de Variación (F. V)	Grados de Libertad (GL)	CME
Bloques	$(r-1) = 2$	$\sigma_e^2 + \tau\sigma_r^2$
Tratamientos	$(t-1) = 3$	$\sigma_e^2 + r\sigma_t^2$
Error experimental	$(r-1)(t-1) = 6$	σ_e^2
Total	$(tr-1) = 11$	

Descripción del campo experimental

Campo experimental

Largo del campo	= 13 m
Ancho del campo	= 13 m
Área total del campo experimental (13,0 x 13,0)	= 167 m ²
Área experimental	= 72 m ²
Área total de caminos	= 95 m ²

Bloques

Número de bloques	= 3
Largo de bloque	= 13 m
Ancho de bloque	= 2 m
Área experimental por bloque	= 26 m ²

Unidad experimental

Largo de bloque	= 3 m
Ancho de bloque	= 2 m
Área experimental por bloque	= 6 m ²
Número de unidades experimentales	= 12

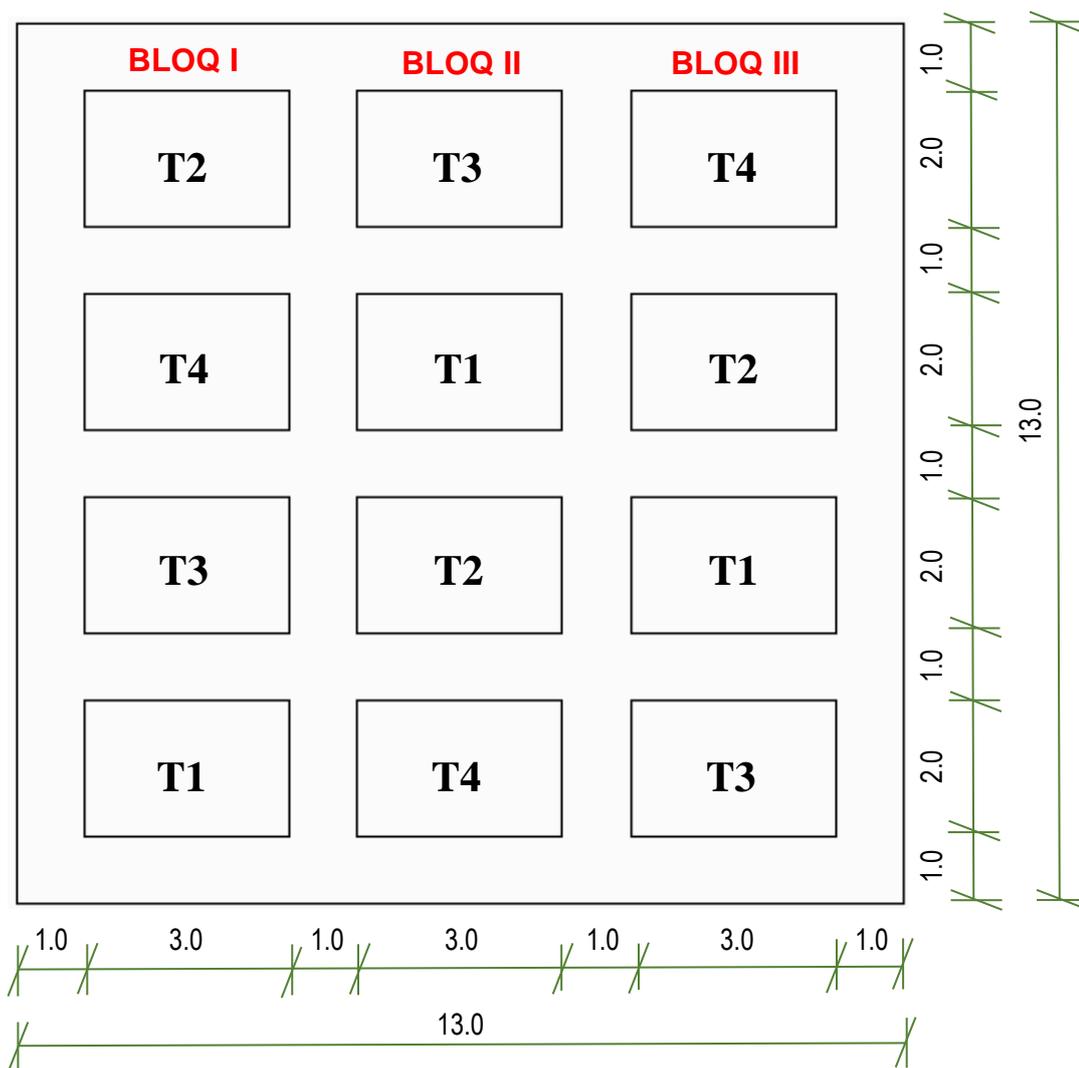


Figura 1. Croquis del campo experimental

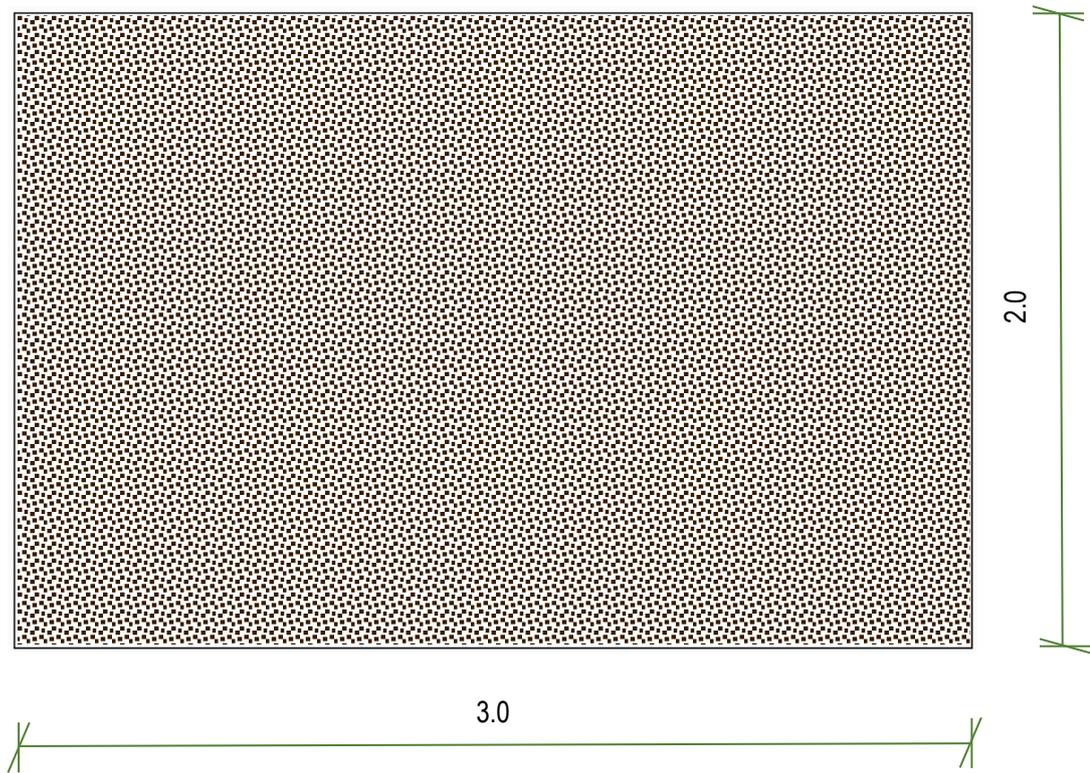


Figura 2. Croquis del campo experimental

3.5.2. Datos registrados

3.5.2.1. Temperatura

Consistió en medir la temperatura con la ayuda de un termómetro compostero a los 15 días después de la instalación antes de realizar el primer volteo, y luego con una frecuencia de siete días. En total se realizaron 10 evaluaciones

3.5.2.2. Días a la degradación de residuos sólidos

Consistió en determinar el tiempo transcurrido desde la instalación de la cama compostera hasta el momento de la cosecha. Durante el proceso a los 15 se realizó el primer volteo, actividad que se repitió cada 7 días hasta 7 días antes de la cosecha, haciendo un total de 48 volteos.

3.5.2.3. Composición química

Porcentaje de nutrición se realizó al momento de la cosecha y consistió en tomar un kilo de compost maduro, el cual se llevó al laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina para su análisis de fertilidad y caracterización, estos se observan en el Anexo 8.

3.6. MATERIALES Y EQUIPOS

3.6.1. Materiales

- Residuos orgánicos domiciliarios
- Restos de poda y hojarasca
- Pico
- Pala
- Rastrillo
- Lampa
- Carretilla
- Zaranda
- Cal
- Dolomita

- EM (Microorganismos eficaces)
- Melaza de caña

3.6.2. Equipos

- Camión recolector
- Volquete
- Camioneta
- Termómetro
- Cámara fotográfica

3.7. CONDUCCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

3.7.1. Selección de los residuos sólidos

Esta labor estuvo a cargo de las trabajadoras de la planta de compostaje, a los que se encargaron de la separación (segregación) de los residuos orgánicos de los inorgánicos, como: bolsas plásticas, botellas (plástico y vidrio), animales muertos, material biocontaminante (pañales descartables, agujas hipodérmicas, etc)

3.7.2. Preparación de las camas de compostaje

Para el preparado de la cama (pila) de compostaje, se midió con wincha según las dimensiones establecidas el croquis experimental (Figura 1) y se demarcó con cal, dejando un espacio de 1.0 m entre cada cama. Estas se realizaron de manera superficial para tener una mayor facilidad en el volteo de las pilas

3.7.3. Preparación del compost

Sobre las camas composteras se colocó una capa de restos de hojarasca y poda como base y sobre ella una capa de residuos orgánicos segregados; de esta manera se alternaron los residuos para garantizar una buena descomposición. La altura de la pila constó de 1.30 m.

3.7.4. Aplicación de insumos (dolomita y óxido de Calcio)

La aplicación de los insumos se efectuó al terminar de colocar la primera base de la pila, esparciendo de manera homogénea cubriendo en su totalidad la capa de la pila a una dosis de 1.0 kg de dolomita y 0.5 kg de óxido de Calcio.

3.7.5. Volteo del compost

Consistió en remover el material en descomposición de las pilas con la ayuda de palas, siendo el primer volteo a los 15 días después de instalado el experimento. Los volteos del compost se efectuaron cada siete días hasta su maduración (48 volteos en total), con la finalidad de manejar el incremento de la temperatura.

3.7.6. Aplicación de EM (microorganismos eficaces)

En cada volteo que se realizó se aplicó el EM a una dosis de 4 litros por pila, con la ayuda de una mochila pulverizadora cubriendo en su totalidad la capa de la pila.

3.7.7. Riego

Esta labor se realizó en cada volteo con la ayuda de una regadera, juntamente con la aplicación del EM.

3.7.8. Control de la temperatura de la pila

Se realizó para controlar la temperatura de la pila y evitar la el incremento de la misma por la actividad microbiológica, siendo un valor tolerable de 60 °C.

3.7.9. Cosecha del compost

La cosecha se realizó con la ayuda de pala y pico para ser guardados en costales de 50 kilogramos de capacidad y trasladados seguidamente al almacén de la planta. Esta actividad se realizó a los tres meses aproximadamente para ello se constató que el compost no tenga agregados.

IV. RESULTADOS

Los datos de campo obtenidos de las variables observadas fueron ordenados y procesados para realizar el Análisis de Variancia. Los promedios de dichas observaciones se encuentran en el Anexo.

Para establecer la significación entre las fuentes de variación se utilizó la Prueba de F, a los niveles del 5 y 1 % de margen de error, a fin de establecer las diferencias significativas entre bloques y tratamientos, donde los parámetros que son iguales se denota con (ns), quienes tienen significación (*) y altamente significativos (**).

A fin de determinar las diferencias estadísticas entre los promedios y la superioridad de los mismos, se empleó la Prueba de Rangos Múltiples de DUNCAN en los niveles de significación del 5 y 1% de margen de error. No obstante para la variable temperatura del compostaje no se realizó la Prueba de DUNCAN, al no evidenciar en el ANDEVA significación estadística.

Para la interpretación de los resultados de la Prueba de DUNCAN se tomó en cuenta los siguientes: los tratamientos que tienen la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas; mientras que aquellos que no muestren la misma letra, indican que son diferentes estadísticamente.

4.1. TEMPERATURA DE COMPOSTAJE

4.1.1. Temperatura en el 1° mes de compostaje

Los resultados se indican en el Anexo 2, donde se presentan los promedios obtenidos. A continuación el resultado del ANVA y su respectiva interpretación.

En el análisis de varianza, para la variable Temperatura en el 1° mes de compostaje (Cuadro 5), se observa que los bloques y tratamientos no tuvieron un efecto estadístico diferencial al 5 y 1% de margen de error, por tanto los promedios tratamientos son estadísticamente iguales no evidenciando alguna variación significativa. El coeficiente de variabilidad fue 10.43 %, valor que brinda conformidad en la recolección de los datos obtenidos y un promedio general de 51.67 °C.

Cuadro 5. Análisis de varianza para temperatura en el 1° mes de compostaje.

F.V	G.L	S.C	C.M	Fc	Ft	
					5%	1%
Bloques	2	133.98	66.99	2.31 ^{ns}	5.14	10.92
Tratamientos	3	80.90	26.97	0.93 ^{ns}	4.78	9.78
Error experimental	6	174.27	29.05			
Total	11	389.15				

$$CV = 10.43\%$$

$$S\bar{X} = \pm 3.11 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\bar{X} = 51.67 \text{ } ^\circ\text{C}$$

En la Figura 3, se observa los promedios obtenidos por cada tratamiento para la Temperatura en el 1° mes de compostaje, donde muestra que los tratamientos superan aritméticamente al tratamiento testigo (T4), en el que el tratamiento T3 (EM – óxido de Calcio) registra la mayor temperatura promedio con 53.65 °C.

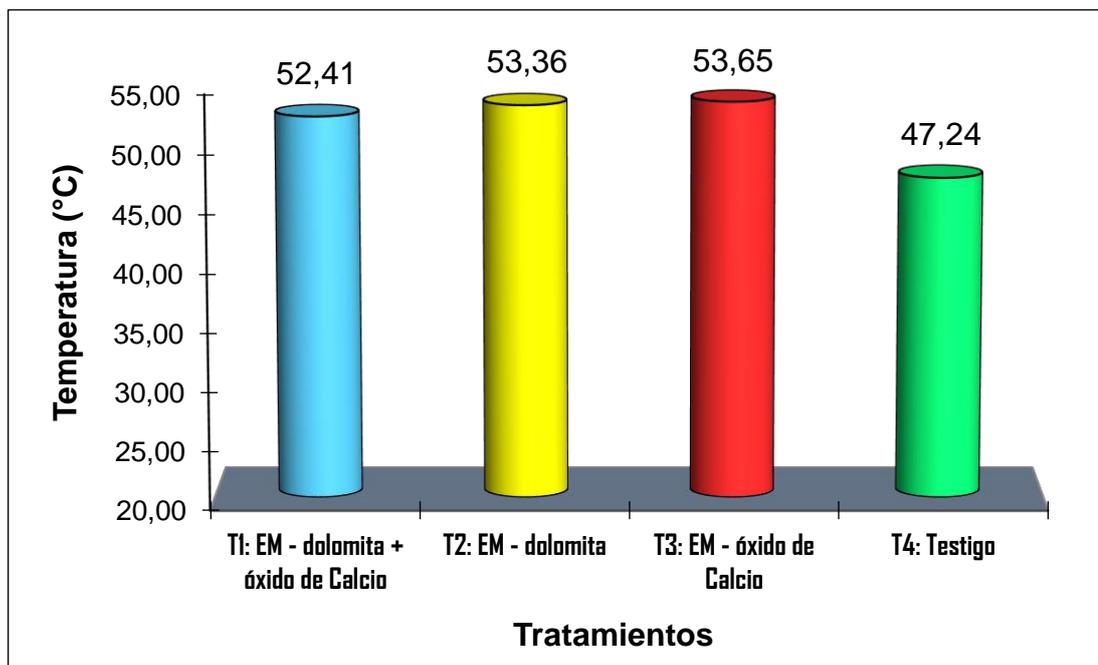


Figura 3. Representación gráfica de la variable Temperatura en el 1° mes de compostaje.

4.1.2. Temperatura en el 2° mes de compostaje

Los resultados se indican en el Anexo 3, donde se presentan los promedios obtenidos. A continuación el resultado del ANVA y su respectiva interpretación.

El análisis de varianza para la variable Temperatura en el 2° mes de compostaje consignado en el Cuadro 6, muestra en la fuente Bloques y Tratamientos que el valor del F_c es menor al F_{tab} al nivel del 5 y 1% de margen de error, lo que indica que los promedio de los tratamientos son estadísticamente iguales. El coeficiente de variabilidad fue de 6.20 %, lo que revela la confiabilidad en los datos recolectados y una desviación estándar de 1,66 °C.

Cuadro 6. Análisis de varianza para temperatura en el 2° mes de compostaje

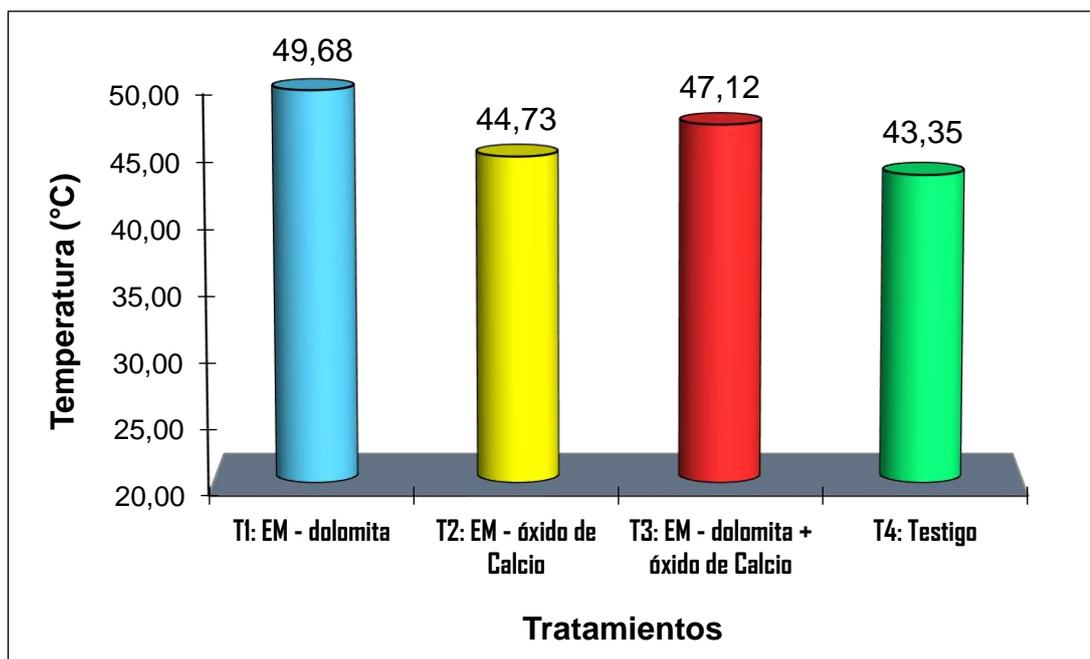
F.V	G.L	S.C	C.M	Fc	Ft	
					5%	1%
Bloques	2	79.61	39.81	4.84 ^{n.s.}	5.14	10.92
Tratamientos	3	69.71	23.24	2.83 ^{n.s.}	4.78	9.78
Error experimental	6	49.30	8.22			
Total	11	198.63				

$$CV = 6.20 \%$$

$$S\bar{x} = \pm 1.66 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\bar{X} = 46.22 \text{ } ^\circ\text{C}$$

La Figura 4 se observa la representación gráfica de la variable Temperatura en el 2° mes de compostaje, en el cual la temperatura en las pilas de composta no sobrepasaron los 50 °C sino que oscilaron entre 43.35 a 49.68 °C. Aritméticamente, el tratamiento T1 (EM – dolomita + óxido de Calcio) reporta la mayor temperatura con 49.68 °C.

**Figura 4.** Representación gráfica de la variable Temperatura en el 2° mes de compostaje.

4.1.3. Temperatura en el 3° mes de compostaje

Los resultados se indican en el Anexo 4, donde se presentan los promedios obtenidos. A continuación el resultado del ANVA y su respectiva interpretación.

El Análisis de Variancia para el efecto Temperatura en el 3° mes de compostaje visualizado en el Cuadro 7, muestra que para la prueba de F, se evidencia que no existe significación estadística para la fuente Tratamientos ni Bloques. Esto indica que no existe variabilidad en la temperatura de compostaje entre los Tratamientos. El coeficiente de variabilidad fue de 6.80%, lo cual demuestra la confiabilidad en la información de campo obtenida y una desviación estándar de ± 1.48 °C.

Cuadro 7. Análisis de varianza para temperatura en el 3° mes de compostaje

F.V	G.L	S.C	C.M	Fc	Ft	
					5%	1%
Bloques	2	16.45	8.23	1.26 ^{ns}	5.14	10.92
Tratamientos	3	59.43	19.81	3.03 ^{ns}	4.78	9.78
Error experimental	6	39.22	6.54			
Total	11	115.11				

$$CV = 6.80 \%$$

$$S\bar{X} = \pm 1.48 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\bar{X} = 37.61 \text{ } ^\circ\text{C}$$

En la Figura 5 se visualiza que los promedios de los tratamientos T2 (EM – dolomita) y T3 (EM – óxido de Calcio) son relativamente semejantes al del tratamiento testigo T4, a excepción del tratamiento T1 (EM – dolomita + óxido de calcio) que fue el que registró la mayor temperatura con 41.45 °C.

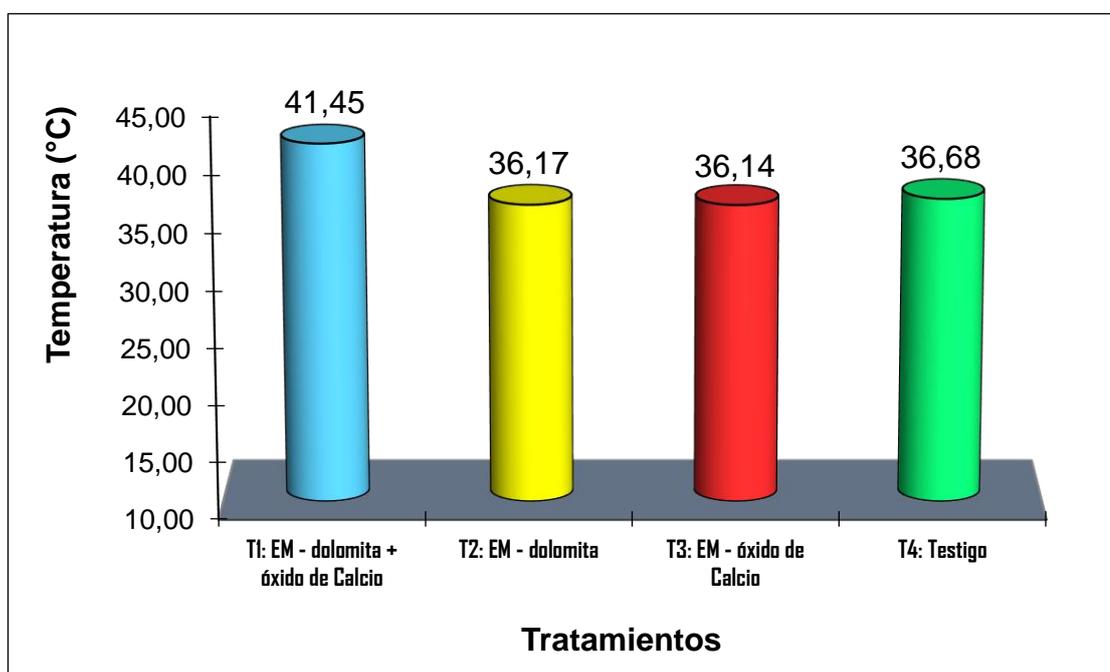


Figura 5. Representación gráfica de la variable Temperatura en el 3° mes de compostaje.

La Figura 6 muestra la representación gráfica de la variabilidad de la temperatura en el 1°, 2° y 3° mes de compostaje, en el cual se observa que conforme los días transcurren la temperatura en el 3° mes de compostaje, los tratamientos T2, T3 y T4 reportan temperaturas que indican que el compost está en una fase de maduración, es decir el compost está listo para cosecharse.

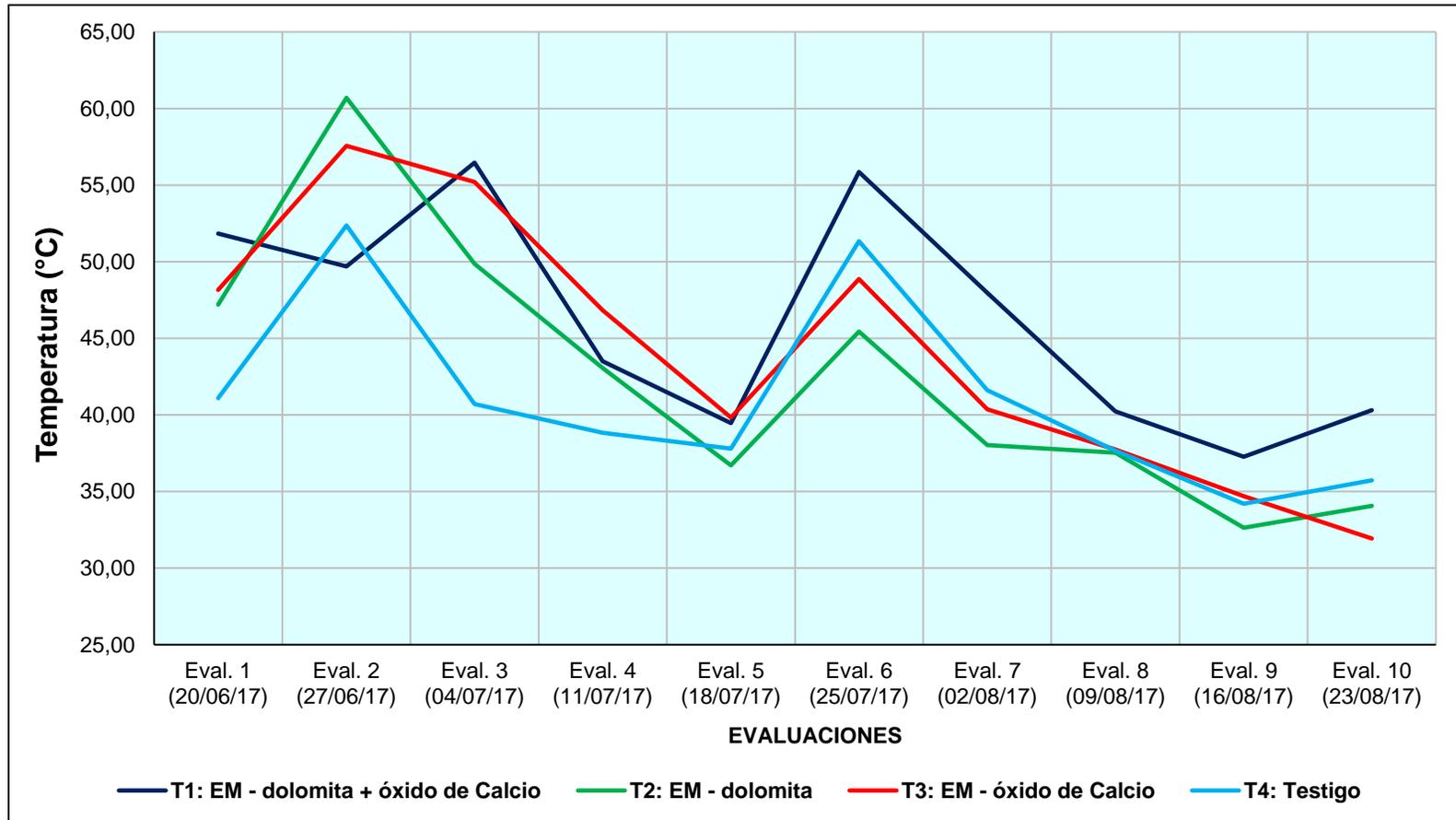


Figura 6. Representación gráfica de la variabilidad de la temperatura en el 1°, 2° y 3° mes de compostaje

4.2. DÍAS A LA DEGRADACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

Los resultados se indican en el Anexo 5, donde se presentan los promedios obtenidos. A continuación el resultado del ANVA y su respectiva interpretación

El Análisis de Variancia para el efecto Temperatura en el 3° mes de compostaje visualizado en el Cuadro 8, muestra que para la prueba de F, se evidencia que no existe significación estadística para la fuente Tratamientos, lo indica que existe variación en los días a la degradación entre los Tratamientos. El coeficiente de variabilidad fue de 6.80%, lo cual demuestra la confiabilidad en la información de campo obtenida y una desviación estándar de ± 1.48 °C.

Cuadro 8. Análisis de varianza para días a la degradación de los residuos sólidos

F.V	G.L	S.C	C.M	Fc	Ft	
					5%	1%
Bloques	2	9.50	4.75	0.51 ^{n.s}	5.14	10.92
Tratamientos	3	2700.92	900.31	96.75 **	4.78	9.78
Error experimental	6	55.83	9.31			
Total	11	2766.25				

$$CV = 3.60 \%$$

$$\bar{X} = 84.75 \text{ días}$$

Realizada la Prueba de Duncan al nivel del 5 y 1% de margen de error del Cuadro 9, donde al nivel del 5% los tratamientos del 1° al 4° lugar del O.M. demuestran ser diferentes entre sí, mientras que al nivel del 1% los promedios de los tratamientos T1 (EM - dolomita + óxido de Calcio) y T3 (EM - óxido de calcio) son iguales estadísticamente en el que destaca el tratamiento T1 (EM - dolomita + óxido de Calcio).

Cuadro 9. Prueba de Duncan de la variable días a la degradación de los residuos sólidos

O.M	TRATAMIENTOS	PROMEDIOS (días)	NIVEL DE SIGNIFICANCIA	
			5%	1%
1	T1: EM – dolomita + óxido de Calcio	67.00	a	a
2	T3: EM - dolomita	77.33	b	a b
3	T2: EM - óxido de Calcio	87.00	c	b
4	T4: Testigo	107.67	d	c

AES (T 5%) = 8.63 **AES (T 1%) = 12.38** **S \bar{X} = \pm 1.76 días**

En la Figura 7 se visualiza que los promedios de los tratamientos T1 (EM – Dolomita + Óxido de calcio), T2 (EM – Dolomita) y T3 (EM – Óxido de calcio) son relativamente semejantes generándose los residuos sólidos antes que el tratamiento testigo T4. El tratamiento T1 (EM – Dolomita + Óxido de calcio) que fue el que registró 67 días transcurridos para la degradación de los residuos sólidos.

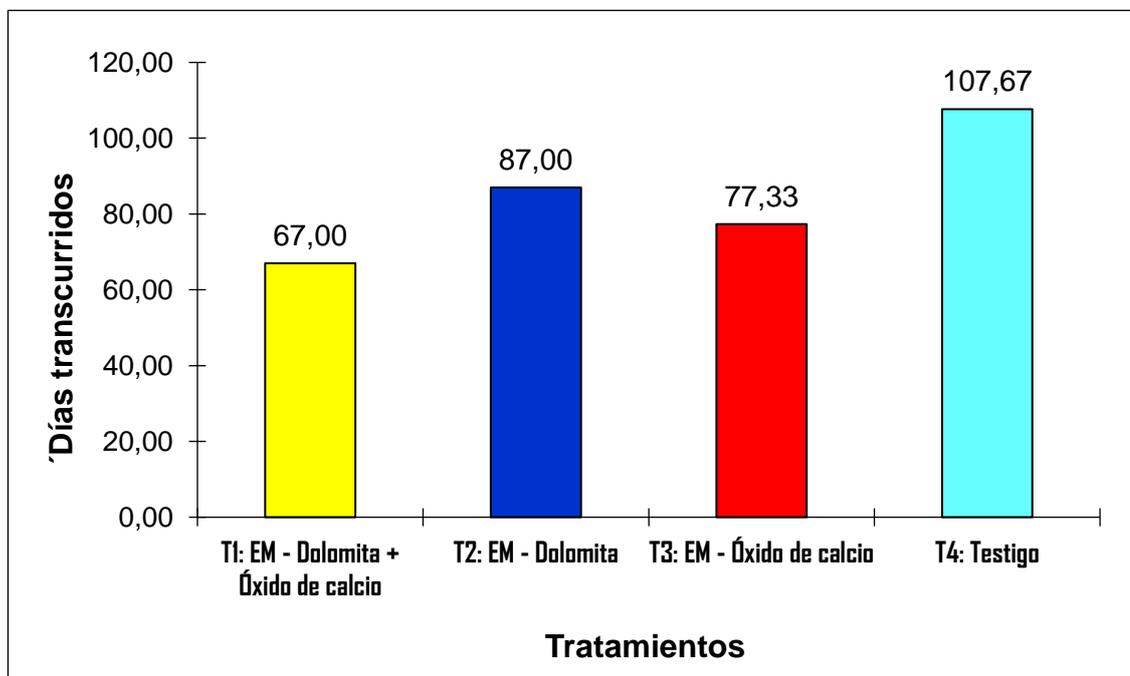


Figura 7. Representación gráfica de la variable días a la degradación de residuos sólidos.

4.3. COMPOSICIÓN QUÍMICA

Los resultados del análisis del compost obtenido se indican en el Anexo 8, que a continuación se describen:

4.3.1. pH

Los valores de pH obtenido por los tratamientos se observan en la Figura 8, el cual indica que los tratamientos T1 y T2 obtienen un pH fuertemente alcalino, mientras que los tratamientos T3 y T4 son alcalinos. El Tratamiento T3 registra el menor pH de 8.42 denotando una mejor estabilización del amoníaco durante el proceso de compostaje.

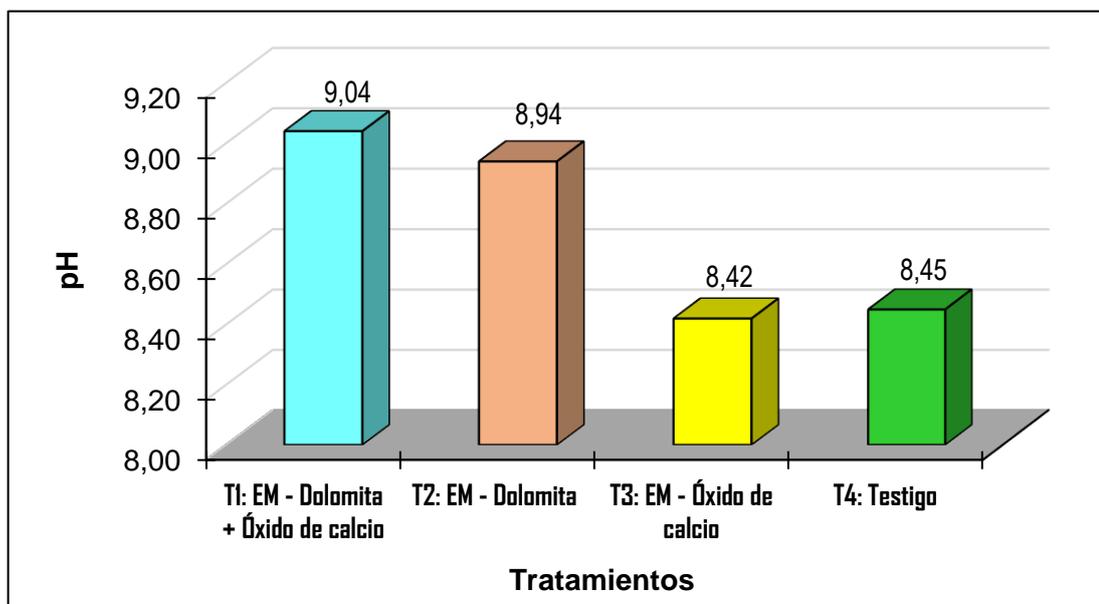


Figura 8. Representación gráfica del pH de los tratamientos.

4.3.2. Conductividad eléctrica (CE)

En la Figura 9, se muestra los valores obtenidos con respecto a la conductividad eléctrica (CE) de los tratamientos, lo que indica que la CE obtenida por los tratamientos es Fuerte y Muy Fuerte, el cual podría modificar la CE del suelo al incorporar en cantidades altas. El tratamiento T3 (EM – Óxido de calcio) obtuvo el mayor CE con 18.40 dS/m y el menor valor fue registrado por el tratamiento T2 (EM – dolomita) con 15.70 dS/m. Por otra parte que queda demostrado que con la aplicación de dolomita y la

combinación de la dolomita y el óxido de Calcio se puede obtener una menor CE.

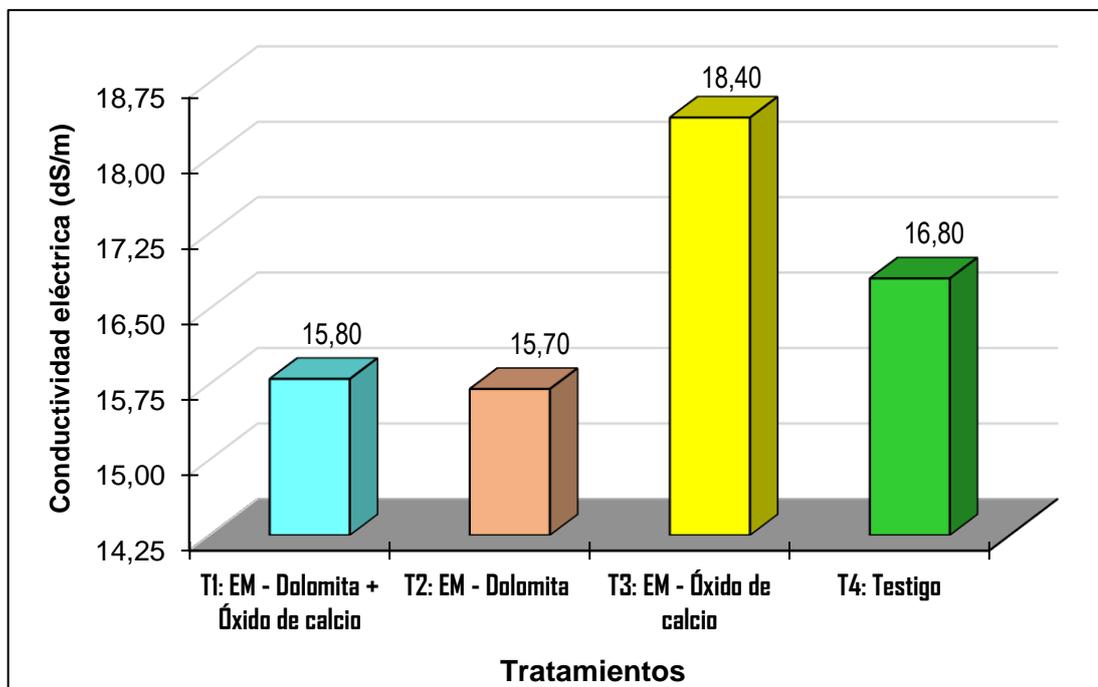


Figura 9. Representación gráfica de la Conductividad Eléctrica de los tratamientos.

4.3.3. Materia orgánica

La Figura 10 se muestra la representación gráfica del porcentaje de materia orgánica, donde los porcentajes obtenidos por los tratamientos superan el 20% que exige una buena calidad de un abono orgánico. El Tratamiento T3 (EM – óxido de Calcio) obtuvo el porcentaje más bajo con 28.13% y el mayor porcentaje fue registrado por el Tratamiento T1 (EM – dolomita + óxido de Calcio) con 38.62%.

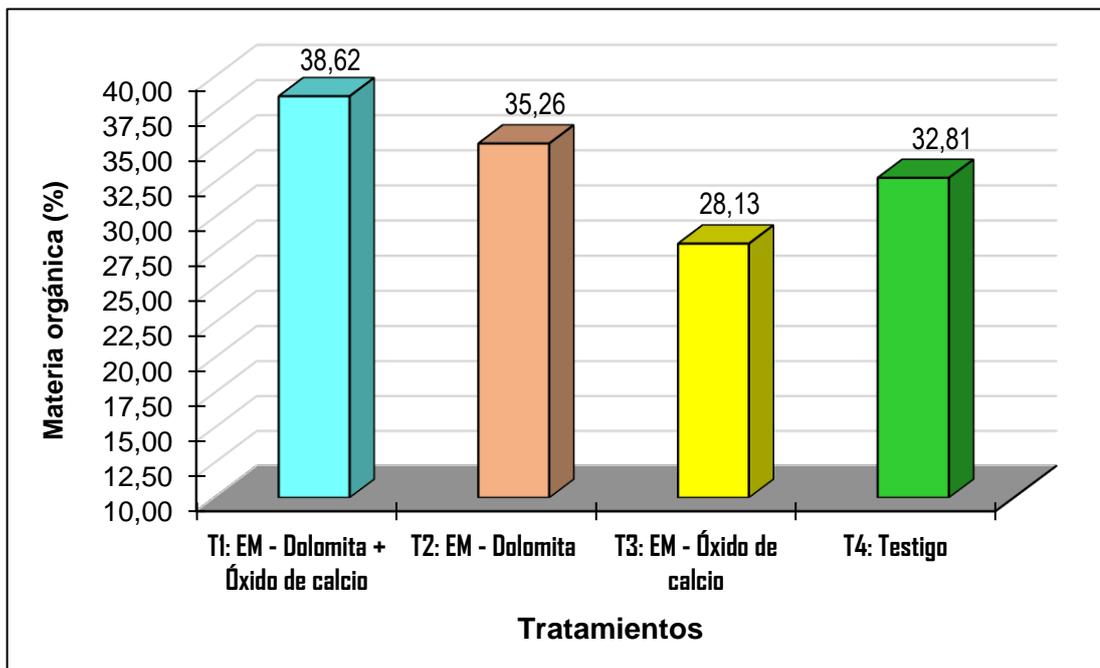


Figura 10. Representación gráfica del porcentaje de Materia Orgánica de los tratamientos.

4.3.4. Macronutrientes

El porcentaje de macronutrientes como nitrógeno, pentóxido de fósforo y óxido de potasio se visualiza en la Figura 11. El porcentaje de nitrógeno (N) el testigo presenta un porcentaje similar al de los tratamientos T1 y T2, sobresaliendo el tratamiento T1 (EM – Dolomita + Óxido de calcio) con 1.98%. En el porcentaje de pentóxido de fósforo (P_2O_5) los tratamientos superan al tratamiento testigo T4, donde destaca el tratamiento T1 (EM – dolomita + óxido de Calcio) con 2.50%. El porcentaje de potasa el tratamiento testigo T4 es superior al tratamiento T3 (EM – Óxido de calcio) pero inferior a los tratamientos T1 y T2, en el que predomina el tratamiento T1 (EM – dolomita + óxido de Calcio) con 2.87%

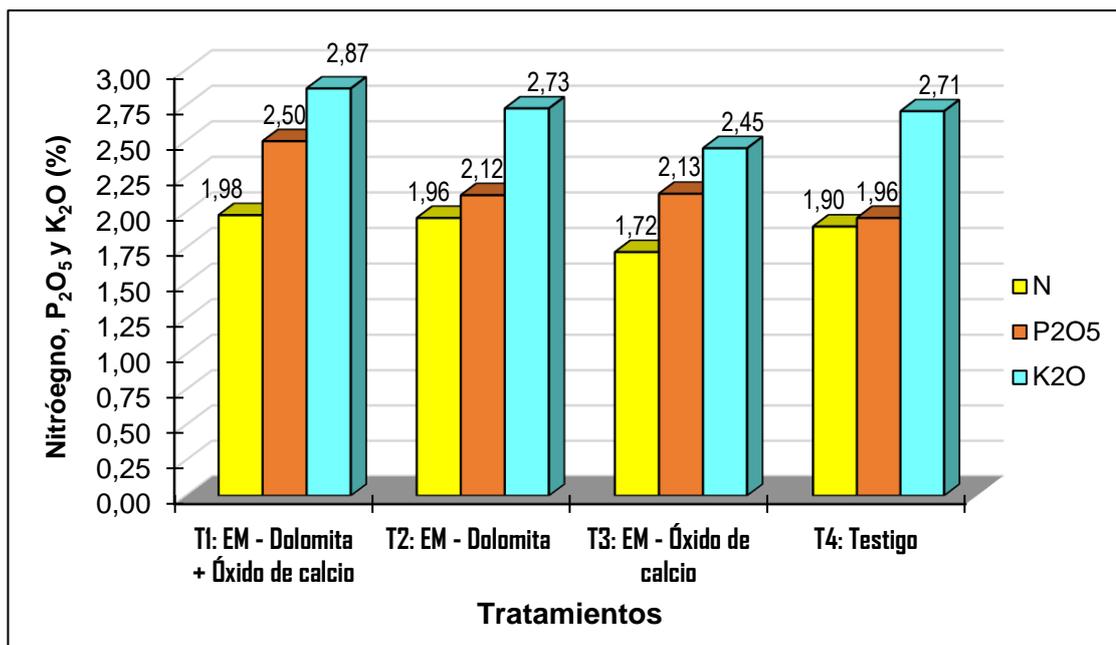


Figura 11. Representación gráfica del porcentaje de Nitrógeno, Pentóxido de fósforo y óxido de potasio en los tratamientos.

4.3.5. Micronutrientes

Con respecto a los micronutrientes, en la Figura 12 se muestra la representación gráfica del porcentaje de calcáreo, óxido de Magnesio y Sodio, en el que el Tratamiento testigo (T4) obtiene valores semejantes en comparación con los demás tratamientos. Destacando ligeramente el tratamiento T1 (EM – dolomita + óxido de Calcio) en el porcentaje de calcáreo y óxido de Magnesio con 5.48 y 1.10 % respectivamente. En el porcentaje de sodio, el tratamiento testigo (T4) obtiene un porcentaje igual al del tratamiento T2 (EM – óxido de Calcio) pero superior a los tratamientos T1 y T3

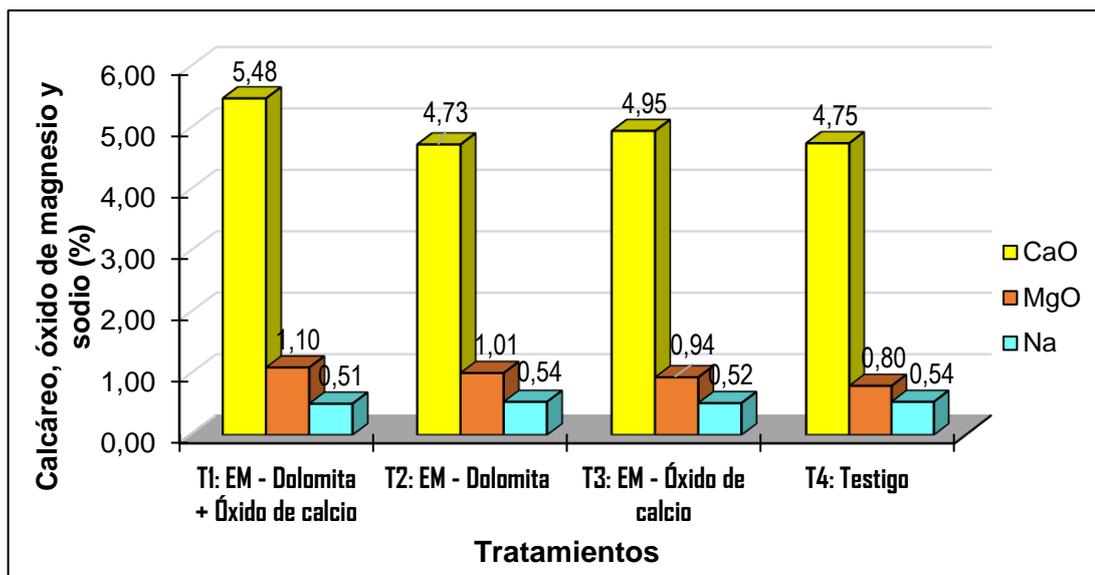


Figura 12. Representación gráfica del porcentaje de calcáreo, óxido de Magnesio y Sodio.

El contenido de Hierro (Fe) en los tratamientos en estudio, indica que el tratamiento T3 (EM – óxido de Calcio) obtiene el mayor valor con 16 153 ppm, mientras que el valor obtenido por el tratamiento testigo (T4) es mayor en comparación a los tratamientos T1 (EM – dolomita + óxido de Calcio) T2 (EM – dolomita), tal como se muestra en la Figura 13 que es la representación gráfica de la variable.

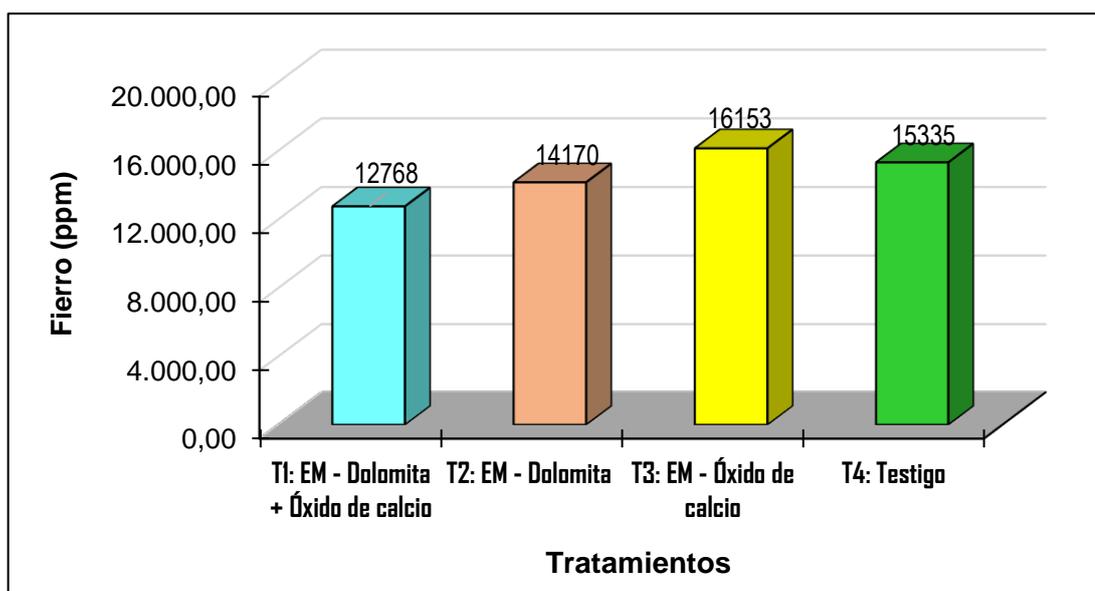


Figura 13. Representación gráfica del elemento Hierro (Fe) en los tratamientos

La concentración de Manganeseo y Zinc en los tratamientos en estudio son observados en la Figura 14. Con respecto al manganeseo, los tratamientos T3 (EM – óxido de Calcio) y T4 (Testigo) muestran las concentraciones más altas, mientras que en la concentración de zinc los tratamientos T1 (EM – dolomita + óxido de Calcio) y T4 (Testigo) son los que mayor concentración presenta.

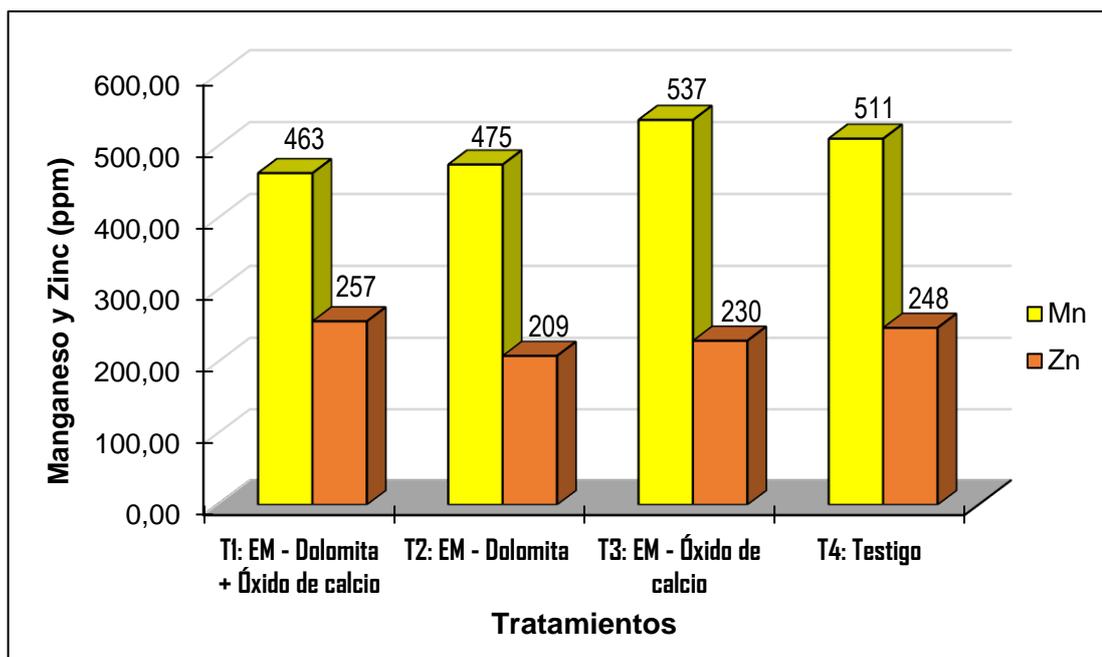


Figura 14. Representación gráfica de la concentración de manganeseo (Mn) y zinc (Zn) en los tratamientos

En cuanto a la concentración de Cobre y Boro por los tratamientos en estudio se evidencia en la Figura 15 que es la representación gráfica de estas variables. En el que denota que los tratamientos T3 (EM – óxido de Calcio) y T4 (Testigo) obtienen valores más altos; la concentración del tratamiento T3 es superior seguido de la concentración del tratamiento T4, este último es superior a los tratamientos T1 y T2.

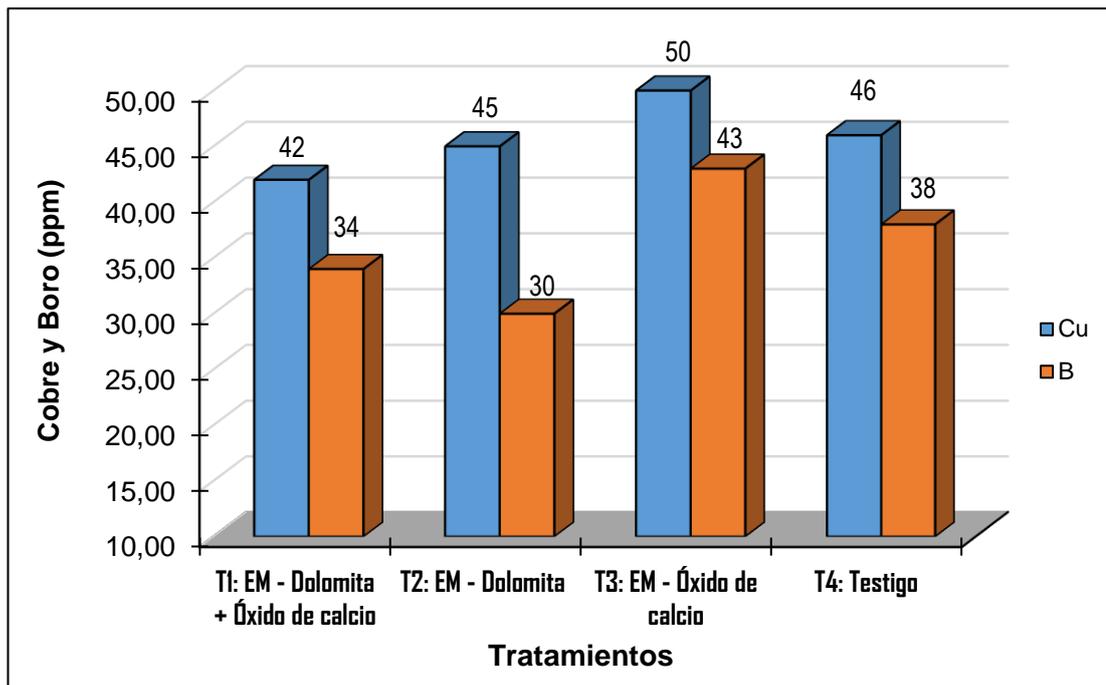


Figura 15. Representación gráfica de la concentración del Cobre (Cu) y Boro (B) en los tratamientos

V. DISCUSIÓN

5.1. TEMPERATURA DE COMPOSTAJE

La temperatura registrada durante el compostaje muestra las fases del compostaje (Pérez, 2008; Román *et al*, 2013; Salazar, 2014), donde el T2 (EM – dolomita) y T3 (EM – óxido de Calcio) son los que mayor temperatura reportan en el primer mes del compostaje con 53.36 y 53.65 °C respectivamente; en cambio en el segundo y tercer mes del compostaje el tratamiento T1 (EM – dolomita + óxido de Calcio) destaca al obtener la temperatura más alta con 49.68 y 41.45 °C respectivamente, no obstante, tanto en el primer, segundo y tercer mes del compostaje se deduce que la dolomita, el óxido de calcio y su acción conjunta no influyen en la temperatura del compostaje. Asimismo el efecto de los Microorganismos Eficaces no ejerce efecto alguno sobre la variable temperatura del compostaje.

Las temperaturas reportadas por los tratamientos anteriormente mencionados son superados por Cajahuanca (2016) en el que la temperatura fue cambiando gradualmente hasta alcanzar un máximo de 67.28°C, debido a la composición de los residuos domiciliarios el cual es variable (Ley General de Residuos Sólidos, 2000; MINAM, 2014). Asimismo lo obtenido por Cajahuanca (2016) y Uribe (2001) demuestran que a una mayor dosis de EM existe una mayor actividad microbiológica, reflejándose en el incremento de la temperatura, suceso que en la investigación no ocurrió, ya que solo se empleó 4 litros de EM por pila.

A pesar del resultado el tratamiento T1 (EM – dolomita + óxido de Calcio) mostró un mejor comportamiento, al registrar alta temperatura en la 3ra semana y que a partir de la 6ta semana produjo temperaturas más altas que los demás tratamientos, evento en el que se evidencia que si expreso mejora por la acción conjunta de la dolomita y óxido de calcio regulando el pH para permitir que los microorganismos benéficos efectúen una mejor actividad (Castrillón *et al.*, 2006).

5.2. DÍAS A LA DEGRADACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

Respecto a esta variable el efecto del tratamiento T1 (EM - dolomita + óxido de Calcio) obtuvo 67 días en degradar los residuos sólidos, tratamiento que destacó estadísticamente sobre los demás tratamientos, el cual al ser contrastado con Cajahuanca (2016) quien obtuvo en 32 días el compost bajo la aplicación de 20 litros de EM por pila, lo que pone en evidencia que a mayor dosis de EM se pueden obtener resultados satisfactorios, sin embargo otro factor que permitió el resultado de Cajahuanca (2016) es el lugar de ejecución donde la humedad es un factor importante (Castrillón *et al.*, 2006).

Por otro lado, el éxito del tratamiento T1 se debe a que la dolomita y el óxido de calcio contribuyeron a modificar el pH de los residuos (Quiminet, 2015a; Quiminet, 2015b), el cual es un factor importante sobre el crecimiento de bacterias mesófilas y termófilas, y en mohos y levaduras en el proceso de compostaje (Castrillón *et al.*, 2006), lo que permite una mayor actividad microbiológica en el proceso de mineralización de los residuos, ya que los microorganismos son sensibles a pH muy ácidos o muy alcalinos (Monsalve *et al.*, 2017).

A pesar que el proceso del compostaje fue más lento que el de Cajahuanca (2016) no influyó en la riqueza del compost, lo que contradice lo dicho por Salazar (2014) quien afirma que el proceso de composteo es lento y el producto final es un material de baja calidad cuando no se cuenta con una mezcla adecuada de desechos orgánicos, por lo que la segregación de los residuos orgánicos se efectuó de manera eficiente.

5.3. COMPOSICIÓN QUÍMICA

Respecto a esta variable el tratamiento T1 (EM – dolomita + óxido de Calcio) obtuvo 9.04 de pH, 38.62 % de materia orgánica, 1.98 % de nitrógeno, 2.50 % de fósforo, 2.87 % de potasio, 5.48 % de CaO y 1.10 % de MgO, denotando una mayor riqueza nutricional del compost terminado. Estos resultados al ser contrastados con Cajahuanca (2016) es superado en el

porcentaje de materia orgánica que obtuvo 82.59%, en el nitrógeno con 2.56%, en el calcio con 8.62% y en el magnesio con 1.54%, sin embargo es superior en el porcentaje de fósforo y potasio, lo que se debe a la variabilidad de los insumos que contenían los residuos orgánicos segregados, por otro lado las condiciones de temperatura, humedad y pH permitieron que los microorganismos se desarrollaran mejor facilitando la mineralización de la materia orgánica (Castrillón *et al*, 2006; Román *et al*, 2013; Monsalve *et al*, 2017), así como el ambiente donde se realiza el compost (Monsalve *et al*, 2017).

El pH obtenido a la cosecha (9.04) es un valor normal ya que debido a las pérdidas de CO₂ por la respiración de los microorganismos, el cual es un indicador clave para la evolución del pH (Castrillón *et al*, 2006), sin embargo para Ramos *et al* (2013) no se encuentra dentro del rango ideal del compost maduro (3 a 6 meses).

De acuerdo a los parámetros de calidad de compost según el porcentaje materia orgánica, el compost obtenido resulta ser de calidad A, al superar el 25% que demanda las normas de calidad de compost (Comisión Nacional de Medio Ambiente, 2000), demostrando que existió una correcta segregación del residuo orgánico domiciliario y un buen manejo del experimento.

VI. CONCLUSIONES

Según a los resultados obtenidos en la investigación se concluye en lo siguiente:

1. En cuanto a la variable temperatura del compostaje los efectos de los tratamientos según ANVA son estadísticamente iguales, es decir que si se incorpora dolomita o óxido de calcio al compost la temperatura será la misma en ambos
2. Respecto a la variable días a la degradación el efecto del tratamiento T1 (EM - dolomita + óxido de Calcio) obtuvo 67 días en degradar los residuos sólidos, tratamiento que destacó estadísticamente sobre los demás tratamientos.
3. La composición química del compost fue destacable al incorporar dolomita + óxido de Calcio, ya que registra mayores porcentajes de 1.98 % de nitrógeno, 2.50 % de Pentóxido de fosforo (P_2O_5) y 5.48 % óxido de potasio (K_2O). No obstante, el pH no se encuentra dentro del rango ideal del compost maduro (3 a 6 meses).

VII. RECOMENDACIONES

De acuerdo a la conducción del experimento y a las conclusiones descritas se desprenden las siguientes recomendaciones:

1. Para obtener un compost de calidad se recomienda incorporar dolomita + óxido de Calcio a la mezcla de residuos sólidos domiciliarios, al degradar en menor tiempo y por mostrar componentes químicos deseables
2. Segregar residuos sólidos domiciliarios orgánicos que garanticen la descomposición y calidad del compost.
3. Realizar volteos y riegos oportunos para controlar la temperatura y humedad de la pila.
4. Cubrir la pila con costales o con cualquier otro material para mantener la temperatura constante y evitar la presencia de moscas y larvas.
5. Monitorear constantemente la temperatura de la pila para garantizar la supervivencia de los microorganismos benéficos.

VIII. LITERATURA CITADA

- Alcas, C., Casquino, D., Silva, M. 2005. Caracterización de residuos sólidos domiciliarios en los distritos de Ica, los Aquijes, Parcona y Subtanjalla (Provincia de Ica), para el aprovechamiento de los residuos sólidos tipo plástico PET y tipo orgánico. Lima, Perú. 246 p.
- Álvarez, J. 2008. Manual de compostaje para agricultura ecológica. Consejería de Agricultura y Pesca. Andalucía – España. 47 p.
- APROLAB. 2007. Manual para la producción de Compost con microorganismos eficaces. (En línea). Consultado el 15 de marzo de 2019. Disponible en: http://www.em-la.com/archivos-de-usuario/base_datos/manual_para_elaboracion_de_compost.pdf
- Arias, A. 2010. Microorganismos eficientes y su beneficio para la agricultura y el medio ambiente. Journal de Ciencia e Ingeniería. Vol. 02. No. 02. 42–45 pp.
- Avendaño, E. 2015. Panorama actual de la situación mundial, nacional y distrital de los residuos sólidos. Análisis Del Caso Bogotá D.C. PROGRAMA BASURA CERO. Tesis para optar el grado de ingeniero ambiental. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Colombia. 112 p.
- Banco Interamericano de Desarrollo – BID. 2009. Proyecto de reducción de pobreza y mejora de las condiciones higiénicas de los hogares de la población rural de menores recursos. Manual práctico de uso de EM. Uruguay. 37 p.
- Barbaro, L.; Karlanian, M.; Pitarch, R.; Morisigue, D.; Rizzo, P.; Riera, N.; De La Torre, V.; Crespo, D. 2011. El compost de ave de corral como componente de sustratos para plantas. Instituto de Floricultura del INTA-Ciencia del Suelo 29(1):83-90. Argentina.
- Bryant, D., and Frigaard, N. (2006). Prokaryotic photosynthesis and phototrophy illuminated. *Trends in Microbiology*. 14(11): 488-496 pp.

- Caballero, J. 2006. Microbiología agrícola e interacciones microbianas con plantas. *Revista Latinoamericana de Microbiología*. 48(2). 154-155 pp.
- 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 para optar el título de ingeniero ambiental. Universidad de Huánuco. 166 p.
- Castrillón, O., Bedoya, O., Montoya, D. V., 2006.- Effect of pH on the growth of microorganisms during the maturation stage in static compost piles. *Producción + Limpia*, 1 (2): 8-12 pp.
- Córdoba, C. 2006. Estudio de factibilidad técnico-económica para instalar una planta de compostaje, utilizando desechos vegetales urbanos. Tesis para optar el título de ingeniero forestal. Universidad de Chile. Santiago. 100 p.
- Dirección Regional de Salud – DIRESA. 2015. Problemática de residuos sólidos en Huánuco. Boletín informativo. 4 p.
- Flores, D. 2001. Guía Práctica No. 2. Para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos. Quito Ecuador. Guía Práctica No.2. 8-12 pp.
- González-Franco, A.; Robles-Hernández, L.; Núñez-Barrios, A.; Strip, J.; Crawford, D. 2009. Molecular and cultural analysis of seasonal actinomycetes in soils from *Artemisia tridentata* habitat. *International Journal of Experimental Botany*. 78:83-90 pp.
- Grau, J.; Terraza, H.; Rodríguez, D. M.; Rihm, A.; Sturzenegger, G. 2015. Situación de la gestión de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. BID. (En línea). Consultado el 11 de noviembre de 2018. Disponible en: <https://publications.iadb.org/es/publicacion/17014/situacion-de-la-gestion-de-residuos-solidos-en-america-latina-y-el-caribe>
- Hernández, et al., 2004 González-Franco, A.; Robles-Hernández, L.; Núñez-Barrios, A.; Strip, J.; Crawford, D. 2009. Molecular and cultural analysis

of seasonal actinomycetes in soils from *Artemisia tridentata* habitat. *International Journal of Experimental Botany*. 78:83-90 pp.

Hernández, A., Rives, N., Caballero, A., Hernández, A., Heydrich, M. 2004. Caracterización de Rizobacterias Asociadas al Cultivo del Maíz en la Producción de Metabolitos del Tipo AIA, Sideróforos y Ácido salicílico. *Revista Colombiana de Biotecnología*. VI(1): 6-13 pp.

Higa, T. 1993. Una revolución para salvar la tierra. Una forma de resolver los problemas de nuestro mundo a través de los Microorganismos Efectivos (EM). Trad. M. del Mar Riera. Grafiques Manlleu. España. 332 p.

Higa, T. y Parr, J. 1994. Microorganismos benéficos y efectivos para la agricultura y el medio ambiente. (En línea). (Consultado 11 de febrero 2014). Disponible en <https://n-1.cc/file/download/1853994.pdf>

Hoornweg, D. y Bhada-Tata, P. 2012. What a waste a global review of solid waste management. Número 15. The Word Bank. 116 p.

Ibáñez, J. y Corroccoli, M. 2002. Valorización de residuos sólidos urbanos ANUARIO 44. Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. Argentina. 32 p.

Ley General de Residuos Sólidos No. 27314. 2000. Congreso de la República. Lima Perú: Congreso de la Republica

Lezhava, A., Mizukami, T., Kajitani, T., Kameoka, D., Redenbach, M., Shinkawa, H., 1995. Physical Map of the Linear Chromosome of *Streptomyces griseus*. *Journal of Bacteriology*. 177(22):6492-6498 pp

MINAM (Ministerio del Ambiente). 2008. Guía de identificación, formulación y evaluación social de proyectos de residuos sólidos municipales a nivel de perfil. USAID – Perú. 206 p.

MINAM. 2014. Sexto informe nacional de residuos sólidos de la gestión del ámbito municipal y no municipal 2013. 137 p.

- MINAM. 2016. Informe de resultados de la meta: “Implementar la disposición final segura de residuos sólidos recolectados por el servicio municipal de limpieza pública” en el marco del programa de incentivos a la mejora de la gestión municipal. Dirección general de calidad ambiental. 3 p.
- Municipalidad de Amarilis. 2014. Estudio de pre inversión a nivel de perfil denominado: “Mejoramiento y ampliación del servicio de barrido y recolección de los residuos sólidos municipales en la zona urbana del distrito de amarilis, provincia y región Huánuco”. Informe final. 168 p.
- Otero, V. 2011. Aislamiento, Selección e identificación de actinomicetos, bacterias fotosintéticas no sulfurosas y bacterias ácido lácticas con potencial biofertilizante, a partir de suelos asociados al cultivo de plátano en la Costa Atlántica Colombiana. Tesis para optar el grado de Magister en Ciencias – Microbiología. Universidad Nacional de Colombia. 141 p.
- Pradhan, N. y Sukla, L. 2005. Solubilization of inorganic phosphates by fungi isolated from agriculture soil. African Journal of Biotechnology Vol. 5. N° 10. 850-854 pp.
- Pérez A. 2008. Manual de Compostaje. Ministerio del Ambiente y Medio Rural y Marino. España. 24 p.
- Programa de Apoyo a la Formación Profesional para la Inserción Laboral en el Perú – APROLAB, 2007. Manual para la producción de Compost con microorganismos eficaces. Convenio ALA/2004/016-895. Lima – Perú. 22 p.
- Quiminet. 2015a. Las principales características del óxido de calcio. (En línea). Consultado 10/08/2018. Disponible en: <https://www.quiminet.com/articulos/las-principales-caracteristicas-del-oxido-de-calcio-2678388.htm>
- Quiminet. 2015b. La dolomita, un mineral versátil. (En línea). Consultado 10/08/2018. Disponible en: <https://www.quiminet.com/articulos/la-dolomita-un-mineral-versatil-2744456.htm>

- Ramírez, M. 2006. Tecnología de microorganismos efectivos (EM) aplicada a la agricultura y medio ambiente sostenible. Monografía. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga – Colombia. 42 p.
- Ramírez, M., Roveda, G., Bonilla, R., Cabra, L., Peñaranda, A., López, M. 2008. Uso de Microorganismos con potencial como Biofertilizantes en el Cultivo de Mora, 1ª Ed. Editorial Produmedios, Bogotá, Colombia. 34-35 pp.
- Reboreda, A. 2011. Microorganismos del EM. (En línea). (Consultado el 12 de julio de 2013). Disponible en: <http://www.reboreda.es/Documentos/Microorganismos%20del%20EM%20explicaci%C3%B3n.pdf>
- Rolli, U. 2010. Microorganismos efectivos EM en la agricultura. (En línea). Consultado el 7 de octubre de 2017. Disponible en: <http://www.emyucatan.com>
- Román, P.; Martínez, M.; Pantoja, A. 2013. Manual de compostaje del agricultor: experiencias en América Latina. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Santiago de Chile. 112 p.
- Ruíz, A. y Díaz, L. 2005. Guía para la implementación del programa piloto de reaprovechamiento de residuos sólidos en Huamanga, Pucallpa y Tingo Maria. Consejo Nacional del Ambiente – CONAM. 41 P.
- Salazar, T. 2014. Actividad microbiana en el proceso de compostaje aerobio de residuos sólidos orgánicos. Revista de Investigación Universitaria. Vol. 3. N° 2. 74-84 pp
- Samac, D., y Kinkel, L. 2001. Suppression of the root-lesion nematode (*Pratylenchus penetrans*) in alfalfa (*Medicago sativa*) by *Streptomyces* spp. Plant and Soil. 235:35-44 pp.
- Sánchez T. 2009. Caracterización microbiológica del proceso de compostaje a partir de residuos azucareros

- Schlatter, D., Fubuh, A., Xiao, K., Hernandez, D., Hobbie, S., and Kinkel, I. 2009. Resource Amendments Influence Density and Competitive Phenotypes of *Streptomyces* in Soil. *Microbial Ecology*. 57:413-420.
- Sociedad Peruana de Derecho Ambiental – SPDA. 2009. Manual de Residuos sólidos. Lima. 17 p.
- Soto, G. 2003. Abonos orgánicos: el proceso de compostaje. En Memorias del Taller de Abonos Orgánicos. Editado por Meléndez, G. y Soto, G. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Costa Rica. 27 p.
- Sousa, C.; Fermino, A.; Garrido M. 2008. Characterization of *Streptomyces* with potential to promote plant growth and biocontrol. *Scientia Agricola*. 65(1):50-55 pp.
- Sztern, D. y Pravia, M. 1999. Manual para la Elaboración de Compost - Bases Conceptuales y Procedimientos. Organización Panamericana de la Salud. Organización Mundial de la Salud. Uruguay. 69 p.
- Tortarolo M.; Pereda, M.; Palma, M.; Arrigo, N. 2007. Influencia de la inoculación de microorganismos sobre la temperatura en el proceso de compostaje. *Cl. Suelo (Argentina)* 26(1): 41-50
- Uribe, J.; Hernández, I.; Bedoya, D. 2001. Evaluación de los microorganismos eficaces (EM) en la producción de abonos orgánicos a partir del estiércol de aves de jaula. *Rev. Col. Ciencia Pecuaria* Vol. 14:2 164-172. Medellín Colombia.
- Vicente J, Carrasco J, Negro M. 1996. El Compostaje como Tecnología para el Tratamiento de Residuos: Compostaje de Bagazo de Sorgo dulce con Diferente Fuentes Nitrogenadas. Informes Técnicos Ciemat 802. Instituto de Energías Renovables. Costa Rica. 52 p.
- Zhou, Q., Li, K., Jun, X., and Bo, L. 2009. Role and functions of beneficial microorganisms in sustainable aquaculture. *Bioresource Technology*. 100: 3780-3786 pp.

ANEXOS

Anexo 1. Evaluación de la temperatura durante el proceso de compostaje

TRATAMIENTOS	20/06/2017	27/06/2017	04/07/2017	11/07/2017	18/07/2017	25/07/2017	02/08/2017	09/08/2017	16/08/2017	23/08/2017	30/08/2017
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
T1: EM - Dolomita	51.83	49.70	56.47	43.50	39.47	55.87	47.97	40.23	37.27	40.30	39.45
T2: EM - Óxido de calcio	47.20	60.70	49.87	43.07	36.70	45.43	38.03	37.53	32.63	34.07	30.76
T3: EM - Dolomita + Óxido de calcio	48.17	57.57	55.20	46.83	39.83	48.87	40.37	37.73	34.70	31.93	29.76
T4: Testigo	41.10	52.37	40.70	38.83	37.80	51.33	41.60	37.67	34.20	35.73	32.23

Anexo 2. Promedios de la temperatura al 1er mes del compostaje

TRATAMIENTOS	BLOQUES			Promedio	Suma
	I	II	III		
T1: EM - Dolomita	44.54	53.94	58.76	52.41	157.24
T2: EM - Óxido de calcio	55.72	52.12	52.24	53.36	160.08
T3: EM - Dolomita + Óxido de calcio	53.82	49.76	57.38	53.65	160.96
T4: Testigo	37.64	48.30	55.78	47.24	141.72
Promedio	47.93	51.03	56.04	51.67	
Suma	191.72	204.12	224.16		620.00

Anexo 3. Promedios de la temperatura al 2do mes del compostaje

TRATAMIENTOS	BLOQUES			Promedio	Suma
	I	II	III		
T1: EM - Dolomita	47.23	50.33	51.49	49.68	149.05
T2: EM - Óxido de calcio	46.07	42.14	45.98	44.73	134.19
T3: EM - Dolomita + Óxido de calcio	41.84	47.49	52.02	47.12	141.35
T4: Testigo	38.19	43.00	48.86	43.35	130.06
Promedio	43.33	45.74	49.59	46.22	
Suma	173.34	182.96	198.35		554.65

Anexo 4. Promedios de la temperatura al 3er mes del compostaje

TRATAMIENTOS	BLOQUES			Promedio	Suma
	I	II	III		
T1: EM - Dolomita	39.43	41.85	43.06	41.45	124.34
T2: EM - Óxido de calcio	38.75	35.19	34.56	36.17	108.51
T3: EM - Dolomita + Óxido de calcio	33.00	37.06	38.36	36.14	108.43
T4: Testigo	32.78	38.36	38.89	36.68	110.04
Promedio	35.99	38.12	38.72	37.61	
Suma	143.96	152.47	154.87		451.31

Anexo 5. Promedios de días a la degradación de residuos sólidos

TRATAMIENTOS	BLOQUES			Promedio	Suma
	I	II	III		
T1: EM - Dolomita	65.00	69.00	67.00	67.00	201.00
T2: EM - Óxido de calcio	84.00	89.00	88.00	87.00	261.00
T3: EM - Dolomita + Óxido de calcio	79.00	75.00	78.00	77.33	232.00
T4: Testigo	109.00	111.00	103.00	107.67	323.00
Promedio	84.25	86.00	84.00	84.75	
Suma	337.00	344.00	336.00		1017.00

Anexo 6. Resultados del análisis químicos de los tratamientos pH, CE, materia orgánica y macronutrientes (NPK)

TRATAMIENTOS	pH	CE dS/mhos	M.O (%)	N (%)	P2O5 (%)	K2O (%)
T1: EM - Dolomita + Óxido de calcio	9.04	15.8	38.62	1.98	2.5	2.87
T2: EM - Dolomita	8.94	15.7	35.26	1.96	2.12	2.73
T3: EM - Óxido de calcio	8.42	18.4	28.13	1.72	2.13	2.45
T4: Testigo	8.45	16.8	32.81	1.90	1.96	2.71

Anexo 7. Resultados del análisis químicos de los tratamientos micronutrientes (CaO, MgO, Na, Fe, Mn y Zn)

TRATAMIENTOS	CaO	MgO	Na	Fe	Mn	Zn
T1: EM - Dolomita + Óxido de calcio	5.48	1.1	0.51	12768	463	257
T2: EM - Dolomita	4.73	1.01	0.54	14170	475	209
T3: EM - Óxido de calcio	4.95	0.94	0.52	16153	537	230
T4: Testigo	4.75	0.8	0.54	15335	511	248

Anexo 8. Composición química de los tratamientos después de la cosecha



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



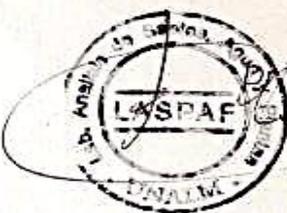
INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : YIMMY MENDOZA PANDURO
 PROCEDENCIA : HUÁNUCO
 MUESTRA DE : COMPOST
 REFERENCIA : H.R. 56986
 FECHA : 22/12/16

Nº LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	M.O. %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %
1049	Tratamiento 1, EM-D-OC	9.04	15.80	38.62	1.98	2.50	2.87
1050	Tratamiento 2, EM-D	8.94	15.70	35.26	1.96	2.12	2.73
1051	Tratamiento 3, EM-OC	8.42	18.40	28.13	1.72	2.13	2.45
1052	Tratamiento 4, Testigo	8.45	16.80	32.81	1.90	1.96	2.71

Nº LAB	CLAVES	CaO %	MgO %	Hd %	Na %
1049	Tratamiento 1, EM-D-OC	5.48	1.10	26.99	0.51
1050	Tratamiento 2, EM-D	4.73	1.01	11.92	0.54
1051	Tratamiento 3, EM-OC	4.95	0.94	24.64	0.52
1052	Tratamiento 4, Testigo	4.75	0.80	27.43	0.54

Nº LAB	CLAVES	Fe ppm	Cu ppm	Zn ppm	Mn ppm	B ppm
1049	Tratamiento 1, EM-D-OC	12768	42	257	463	34
1050	Tratamiento 2, EM-D	14170	45	209	475	30
1051	Tratamiento 3, EM-OC	16153	50	230	537	43
1052	Tratamiento 4, Testigo	15335	46	248	511	38



Sady García Bendejú
 Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
 Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

Anexo 9. Panel fotográfico



Figura 1. Incorporación de hojarasca en la base de la pila .



Figura 2. Incorporación de residuos sólidos segregados en las pilas de compostaje.



Figura 3. Aplicación de dolomita a la pila compostera



Figura 4. Aplicación de EM a las pilas composteras



Figura 5. Visita del jurado y asesor de la tesis.



Figura 6. Cosecha de compost

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN		REGLAMENTO DE REGISTRO DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR GRADOS ACÁDEMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES			
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN		RESPONSABLE DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UNHEVAL	VERSION	FECHA	PAGINA
		OFICINA DE BIBLIOTECA CENTRAL	0.0	06/01/2017	1 de 2

ANEXO 2

AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS ELECTRÓNICAS DE PREGRADO

1. IDENTIFICACIÓN PERSONAL (especificar los datos de los autores de la tesis)

Apellidos y Nombres: MENDOZA PAJOURO YINNY PERCY

DNI: 42919144 Correo electrónico: y.mepa08@hotmail.com

Teléfonos: Casa _____ Celular 992948772 Oficina _____

Apellidos y Nombres: _____

DNI: _____ Correo electrónico: _____

Teléfonos: Casa _____ Celular _____ Oficina _____

Apellidos y Nombres: _____

DNI: _____ Correo electrónico: _____

Teléfonos: Casa _____ Celular _____ Oficina _____

2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

Pregrado	
Facultad de:	<u>CIENCIAS AGRARIAS</u>
E. P. :	<u>INGENIERIA AGRONOMICA</u>

Título Profesional obtenido:

INGENIERO AGRONOMO

Título de la tesis:

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN		REGLAMENTO DE REGISTRO DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR GRADOS ACÁDEMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES			
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN		RESPONSABLE DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UNHEVAL	VERSION	FECHA	PAGINA
		OFICINA DE BIBLIOTECA CENTRAL	0.0	06/01/2017	2 de 2

Efecto de EM (microorganismos eficaces) con aplicación de dolerita y óxido de calcio en la degradación de residuos sólidos domiciliarios, en condiciones de pérdida de compostaje de Amancés - Huancayo 2014
 Tipo de acceso que autoriza(n) el (los) autor(es):

Marcar "X"	Categoría de Acceso	Descripción del Acceso
X	PÚBLICO	Es público y accesible al documento a texto completo por cualquier tipo de usuario que consulta el repositorio.
	RESTRINGIDO	Solo permite el acceso al registro del metadato con información básica, más no al texto completo

Al elegir la opción "Público", a través de la presente autorizo o autorizamos de manera gratuita al Repositorio Institucional – UNHEVAL, a publicar la versión electrónica de esta tesis en el Portal Web repositorio.unheval.edu.pe, por un plazo indefinido, consintiendo que con dicha autorización cualquier tercero podrá acceder a dichas páginas de manera gratuita, pudiendo revisarla, imprimirla o grabarla, siempre y cuando se respete la autoría y sea citada correctamente.

En caso haya(n) marcado la opción "Restringido", por favor detallar las razones por las que se eligió este tipo de acceso:

Asimismo, pedimos indicar el período de tiempo en que la tesis tendría el tipo de acceso restringido:

- () 1 año
- () 2 años
- () 3 años
- () 4 años

Luego del período señalado por usted(es), automáticamente la tesis pasará a ser de acceso público.

Fecha de firma:

26/09/19



Firma del autor y/o autores: