

UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**“EVALUACION DE LA DOSIS OPTIMA DE MICROORGANISMOS
EFICACES EN EL PROCESO DE COMPOSTAJE DE RESIDUOS
ORGÁNICOS DOMICILIARIOS GENERADOS EN LA ZONA
URBANA DE CONCEPCION, PROVINCIA DE CONCEPCION –
JUNÍN”**

PRESENTADO POR LA BACHILLER:

VANESSA AQUINO LOPEZ

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

HUANCAYO-PERÚ

2017

**“EVALUACION DE LA DOSIS OPTIMA DE MICROORGANISMOS
EFICACES EN EL PROCESO DE COMPOSTAJE DE RESIDUOS
ORGÁNICOS DOMICILIARIOS GENERADOS EN LA ZONA
URBANA DE CONCEPCION, PROVINCIA DE CONCEPCION –
JUNÍN”**

DEDICATORIA

A Dios, por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su amor e infinita bondad.

A mis padres Nolberto y Blanca, porque ellos siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo y sus consejos para hacer de mí una mejor persona.

A Oscar Valentino mi hijo, quien es el motor que me obliga a funcionar y ser cada día mejor.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Alas Peruanas, por contribuir a la formación de mi Carrera Profesional.
- A los Docentes de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniera Ambiental, quienes han contribuido en mi Formación Profesional.
- A la Blga. Galia Manyari Cervantes, por su asesoramiento y valiosa orientación y apoyo moral desde la formulación del proyecto hasta su culminación.
- A la Municipalidad Distrital de Concepción, por permitirme ejecutar mi Proyecto de Tesis.
- A todas las personas que de una u otra forma colaboraron para la culminación del presente trabajo de Investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS	v
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	ix
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	xv
CAPÍTULO I	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Caracterización de la Realidad Problemática	1
1.2. Formulación del Problema	2
1.2.1. Problema General	2
1.2.2. Problemas Específicos	2
1.3. Objetivos	3
1.3.1. Objetivo General	3
1.3.2. Objetivos Específicos	3
1.4. Justificación	3
1.5. Importancia	4
	v

1.6. Limitaciones	4
CAPÍTULO II	5
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	5
2.1. Marco Referencial	5
2.1.1. Antecedentes de la Investigación	5
2.1.2. Referencias Históricas.	7
2.2. Marco Legal.	8
2.2.1. Ley General del Ambiente N° 28611	8
2.3. Marco Conceptual	9
2.4. Marco Teórico	12
2.4.1. Residuos Sólidos Domiciliarios – RSU	12
2.4.2. Tratamiento de los residuos sólidos urbanos	12
2.4.3. Clasificación de los residuos	13
2.4.4. El compostaje	13
2.4.5. Microorganismos Eficientes (EM)	14
2.4.6. El proceso de compostaje	18
2.4.7. Fabricación óptima de un compost	19
2.4.8. Etapas del proceso de Compostaje	20
2.4.9. Parámetros en el proceso de compostaje	24
2.4.10. Inoculación de EM en la pila de compostaje	30
2.4.11. Calidad del Compostaje	31
2.4.12. Indicadores de la Evolución del Compostaje	33
2.4.13. Indicadores Físicos de los compost	35
2.4.14. Indicadores Químicos de los Compost	37

2.4.15. Pruebas Biológicas	40
CAPÍTULO III	41
3. PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO	41
3.1. Metodología	41
3.1.1. Método	41
3.2. Tipo de la Investigación	57
3.3. Nivel de la Investigación	57
3.4. Diseño de la Investigación.	58
3.5. Hipótesis de la Investigación	58
3.5.1. Hipótesis General	58
3.5.2. Hipótesis Específicas	58
3.6. Variables	58
3.6.1. Variable Independiente	58
3.6.2. Variable Dependiente	59
3.7. Cobertura del Estudio	59
3.7.1. Universo	59
3.7.2. Población	59
3.7.3. Muestra	59
3.8. Muestreo	59
3.9. Técnicas e Instrumentos	59
3.9.1. Técnicas de la Investigación.	59
3.9.2. Instrumentos de la Investigación.	60
3.10. Procesamiento estadístico de la información.	60
3.10.1. Estadísticos.	60

3.10.2. Representación.	60
3.10.3. Técnica de comprobación de la hipótesis.	60
CAPITULO IV	61
4. ORGANIZACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	61
4.1 Resultados	61
4.2 Discusión de resultado	70
CONCLUSIONES	76
RECOMENDACIONES	77
BIBLIOGRAFÍA	78
ANEXOS	80

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

MINAM	: Ministerio del Medio Ambiente.
DIGESA	: Dirección General de Salud.
RSM	: Residuos sólidos municipales.
M.E.	: Microorganismos eficaces.
T	: Temperatura
H	: Humedad
%	: porcentaje
RSU	: Residuos sólidos urbanos
MP	: materia prima
°C	: grados centígrados
C/N	: relación carbono y nitrógeno.
CO ₂	: dióxido de carbono
T	: tiempo
C.A.	: Compostaje aeróbico
INTEC	: Instituto Nacional Técnico
CE	: Conductividad Eléctrica
ES	: Elementos solubles
C.I.C.	: Capacidad de intercambio catiónico.
MINAGRI	: Ministerio de Agricultura y Riego.
Km	: Kilómetros
m	: metros
cm	: centímetros
h	: horas
DIRESA	: Dirección Regional de Salud.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Normas Generales de Seguridad.....	45
Tabla 2: Distribución de los tamaños de muestra para diferentes zonas de acuerdo a la actividad que realizan.....	47
Tabla 3 Distribución de las zonas representativas por Calles principales.....	48
Tabla 4: Caracterización de Residuos Sólidos Orgánicos	62
Tabla 5: Densidad de los RSO.....	64
Tabla 6: Temperatura en las pilas de compostaje.....	65
Tabla 7: Medición del pH	66
Tabla 8: Medición de la Humedad.....	68
Tabla 9: Resultados obtenidos en el laboratorio	69
Tabla 10: pH en el proceso de compostaje.....	70
Tabla 11: C.E. en el compost.....	71
Tabla 12: % de M.O. en el compost.....	73
Tabla 13: Resultados del % de nitrógeno en el compost	73
Tabla 14: Resultados del % de fósforo	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Variación de la temperatura en cada fase.....	23
Figura 2: Evolución del pH durante el proceso de maduración	27
Figura 3: Perfil de temperatura de una pila de compost estática	28
Figura 4: Balance materia en la pila de compost	30
Figura 5: Procedimiento del ECRS - Concepción	49
Figura 6: Caracterización de Residuos Sólidos Orgánicos	63
Figura 7: Medición de la temperatura en °C del compostaje.....	66
Figura 8: Comportamiento del pH	67
Figura 9: % de Humedad	68
Figura 10; pH del compost	70
Figura 11: C. E. en el compost.....	71
Figura 12: % M.O. en el compost.....	72
Figura 13: % de Nitrógeno en el proceso de compostaje.....	74
Figura 14: % de fósforo en el proceso de compostaje	75

RESUMEN

Este trabajo pretende el aprovechamiento de los residuos orgánicos, apoyados en la normatividad existente, ya que sabemos que la importancia del aprovechamiento de los residuos orgánicos empieza a adquirir una mayor dimensión por el acelerado crecimiento urbanístico y la necesidad de reutilizar materias primas desechadas, por ende la producción de composta ha sido un proceso gradual iniciado en la década de los años setenta, no obstante su uso y comercialización en las zonas agrícolas de la región ha sido ineficiente y precariamente aprovechada. El distrito de Ingenio es una zona en donde la producción agrícola es la principal actividad económica, como consecuencia se tienen grandes cantidades de desechos orgánicos los cuales, carecen de un tratamiento eficiente para su disposición final y reutilización. El proceso productivo en la elaboración de la composta implica hacer un empleo de reciclamiento de desechos orgánicos, lo que abre el campo de investigación aplicada para la reutilización de los residuos orgánicos en la producción de compost haciendo el uso de estiércol de ovino y microorganismos eficaces con el fin de contribuir a la conservación del medio ambiente y a la configuración de actividades económicas sustentables.

En la presente investigación La dosis óptima de microorganismos eficaces para el proceso de compostaje se demuestra en el T2 (500 ml de EM para 475 Kg, de materia orgánica) previamente caracterizada (teniendo en mayor porcentaje fibra vegetal dura, fibra de verduras, flores, tallo y otros). La adición de EM en el T1, T2 y T3, indica que el proceso de descomposición del compost es a menor tiempo y se obtiene un mayor % de M.O y otros parámetros en comparación al T4 (blanco). Al realizar la caracterización del compost producido, se tiene que en el T1, el compost tiene un pH, C.E, %N. % MO y % K ideales, dentro del rango, sin embargo no hay mucha variación con respecto al T2.. El proceso de formación del compost fue de 66 días, siendo el de mayor nutrientes el T2 y T3, sin tener una diferencia significativa con el T1. Al finalizar el proceso de compostaje el pH alcanzado a los 66 días fue de 7.75. Los rangos de temperatura fueron de 25.7°C

a 36.3°C (Etapa de latencia), 36.3°C a 53.1°C (Etapa mesotérmica I), 53.1°C a 64.0°C (Etapa termogénica) y por último descendió hasta alcanzar los 20.0 °C (Etapa mesotérmica II). La humedad relativa no fue estable pero esta se mantuvo en un rango de 70% y 80%.

ABSTRACT

This work aims the use of waste generated, supported by existing regulations, since we know that the importance of the use of organic waste begins to acquire a greater dimension by rapid urban growth and the need to reuse discarded materials, thus compost production has been a gradual process that began in the early seventies, despite its use and trade in agricultural areas of the region has been inefficient and poorly exploited. Ingenio district is an area where agricultural production is the main economic activity, as a consequence have large amounts of organic waste which lack an efficient treatment for disposal and reuse. The production process in the production of compost involves employment of recycling of organic waste, which opens the field of applied research to reuse organic waste in the production of compost making use of sheep manure and effective microorganisms in order to contribute to environmental conservation and sustainable economic activities setting. In this research the effective microorganisms The optimum dose of microorganisms effective for the composting process is demonstrated in T2 (500 ml of MS for 475 kg of organic matter) previously characterized (having the highest percentage of hard vegetable fiber, vegetable fiber, flowers, stalk and others) . The addition of MS in T1, T2 and T3, indicates that the decomposition process of the compost is a shorter time and a higher percentage of M.O and other parameters is obtained in comparison to T4 (white). When characterizing the compost produced, we have that in the T1, the compost has a pH, C.E,% N. % MO and% K ideals, within the range, however there is not much variation with respect to T2. The compost formation process was 66 days, with the highest nutrient being the T2 and T3, without having a significant difference with the T1. At the end of the composting process the pH reached at 66 days was 7.75. The temperature ranges were 25.7 ° C to 36.3 ° C (Latency Stage), 36.3 ° C to 53.1 ° C (Mesothermal Stage I), 53.1 ° C to 64.0 ° C (Thermogenic Stage) and finally descended to reach the 20.0 ° C (Mesothermic Step II). The relative humidity was not stable but this was maintained in a range of 70% and 80%.

INTRODUCCIÓN

A pesar de que los abonos orgánicos se han utilizado desde la antigüedad han sido reemplazados por fertilizantes sintéticos, pero con el auge de la agricultura biológica han vuelto a recobrar importancia. Sin embargo, en nuestro país han sido pocos los trabajos realizados que se han dado a conocer con referencia a este tema.

Teniendo en cuenta la crisis socioeconómica del país, especialmente por la que atraviesan los campesinos y los pequeños agricultores, ha surgido la idea de elaborar un abono orgánico con el fin de mejorar la calidad de vida de los mismos y de los consumidores; los primeros se verían beneficiados debido a que el abono a elaborar puede ser asequible gracias a su bajo costo, puesto que la materia prima a utilizar puede ser adquirida fácilmente. De un modo similar, los consumidores se ven favorecidos porque los productos a obtener serán libres de contaminantes, tendrán un menor precio y estarán constituidos por una cantidad considerable de nutrientes comparables con los fertilizantes químicos que tienen un alto contenido de estos.

La elaboración de compost con ME, donde se puedan controlar la dosis indicada, para obtener un producto de calidad; nos permitirá utilizar este compost como abono orgánico en la agricultura.

CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Caracterización de la Realidad Problemática

El Perú en el año 2014 generó 7497482 t/año de residuos urbanos municipales, de los cuales el 64% son residuos sólidos domiciliarios y un 26% son residuos no domiciliarios. La generación promedio nacional de residuos sólidos al 2014 fue de 13 244 t/día, siendo las ciudades de la sierra 2736 t/día (MINAM, 2015)

Respecto a la composición de residuos sólidos generados en el 2014 es importante resaltar que el 53.16% de los residuos sólidos son materia orgánica, el 18.64% son residuos no reaprovechables, el 21.37% son residuos reaprovechables y finalmente el 6.83% está compuesto por residuos reciclables (MINAM, 2015)

En la provincia de Concepción se genera 12 t/día de residuos sólidos domiciliarios, sin embargo el 70.11% es materia orgánica (Estudio de caracterización de residuos sólidos. 2015); asimismo la descomposición de estos residuos para la producción de compost es entre 45 a 60 días utilizando microorganismos eficaces, sin embargo la falta de monitoreo por

la escasez de equipos de campo, el tiempo prolongado de descomposición, la exposición del área de tratamiento al ambiente y otros factores como el clima, ocasiona malos olores, generación de lixiviados (mayor cantidad en época de lluvias), generando la pérdida de calidad nutricional y otros tipos de contaminación al aire y al suelo.

El presente trabajo de investigación trata sobre la producción de compost, aplicando una dosis adecuada de Microorganismos Eficaces – EM (agente catalizador), teniendo como materia prima los residuos orgánicos de la zona urbana de Concepción; que será regado con tres dosis diferentes de EM, de esta manera determinar la dosis óptima de EM, el tiempo de formación de compost y la obtención de un compost de mejor calidad.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

¿Cuál es la dosis óptima de microorganismos eficaces en el proceso de compostaje de residuos orgánicos domiciliarios, generados en la zona urbana de la ciudad de Concepción?

1.2.2. Problemas Específicos

- ¿La calidad de compost que se obtiene con la aplicación de EM en el compostaje de residuos orgánicos domiciliarios es mejor que el método convencional?
- ¿Una dosis adecuada de EM en el proceso de compostaje influye en la calidad de compost obtenido?
- ¿Una dosis adecuada de EM influye en el tiempo de formación de compost?

1.3. Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Determinar la dosis optima de microorganismos eficaces en el proceso de compostaje de residuos orgánicos domiciliarios generados en la zona urbana de la ciudad de Concepción.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar cuantitativamente la calidad del compost producido por el método convencional y con la adición de EM.
- Determinar cuantitativamente las características fisicoquímicas de un compost producido con la adición de diferentes dosis de EM en su proceso de formación.
- Determinar el tiempo de producción de compost con adición de diferentes dosis de EM.

1.4. Justificación

Los residuos orgánicos producidos por los domicilios, son recolectados y tratados por los gobiernos locales siendo lo recomendable, la formación de abonos orgánicos (humus, compost); sin embargo debido al volumen, el tiempo de formación de compost y ciertos parámetros que deben ser controlados de manera continua, no resulta rentable su tratamiento; en lugares donde la temperatura anual es menor a 15°C, se ha adaptado los microorganismos eficaces, sin embargo la dosis optima tiene que ser determinada de acuerdo a las características de cada lugar.

El tratamiento de los residuos orgánicos con la dosis adecuada de microorganismos eficaces, tiene como objetivo obtener un compost de mejor calidad, en menor tiempo que el método convencional.

1.5. Importancia

En la actualidad, el incremento de la población genera mayor cantidad de residuos sólidos; esta situación nos obliga a buscar alternativas tecnológicas que garanticen su tratamiento, priorizando su efectividad, sencillez, bajo costo que permita desarrollar una verdadera política de control de contaminación ambiental.

La generación de residuos orgánicos es diaria y su tratamiento involucra contar con áreas acondicionadas y adecuadas, en la ciudad de Concepción, estos residuos son trasladados al CEPASC, donde se realiza el tratamiento; sin embargo su formación no es monitoreada, así como la dosificación de los EM se ha determinado de forma empírica.

El presente trabajo de investigación, quiere optimizar el uso de EM, el tiempo y mejorar la calidad de compost obtenido; teniendo como resultado un abono orgánico que se pueda utilizar en los campos de cultivo.

1.6. Limitaciones

Las limitaciones que se presentaron en la realización del trabajo de investigación fueron inicialmente la falta de antecedentes donde se pueda optimizar parámetros como Temperatura, Humedad y otros; así como pruebas preliminares para determinar la dosis óptima de EM.

Asimismo la municipalidad no cuenta con los equipos de campo para realizar el monitoreo y controlar la formación de compost (pH, temperatura y humedad).

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Marco Referencial

2.1.1. Antecedentes de la Investigación

El estudio planteado por RIVERA, 2011 tenía como objetivo comparar tres tipos de sustratos (pavo, cuy y res) más maleza mediante la comparación del método convencional y la aplicación de microorganismos eficaces (EM) evaluando las condiciones de temperatura y pH durante el proceso de compostaje, la calidad nutricional y las propiedades químicas y físicas obtenidas en las muestras finales de los tres pilas en los dos métodos aplicados de compost. En la evaluación del compost final se hallaron valores mayores en las tres pilas haciendo las comparaciones para todas las variables, obteniéndose excelentes concentraciones de materia orgánica y de nutrientes N, P y K. Los valores estuvieron dentro del rango recomendado de PH (5-8.5), y los valores de nutrientes mediante la aplicación de EM en Pavo, Cuy y Res es de N (1.8, 1.96 y 1.64%), P (2.28, 2.35 y 1.95%) y K (2.89, 2.97 y 2.56%), donde fueron

superiores al método convencional; Pavo, Cuy y Res: N (1.72, 1.77 y 1.69%), P (2.01, 2.12 y 1.87%) y K (2.44, 2.47 y 2.41%). También el tiempo de proceso de compostaje mediante la aplicación de EM se hizo en la mitad que el método convencional; además el uso de los diferentes tipos de estiércol, nos da valores diferentes porque cada tipo de estiércol tiene diferentes propiedades; por ello cuando se hace análisis de laboratorio y el proceso de compostaje son diferentes de uno al otro.

Según lo evaluado se puede señalar que las 3 pilas de compost desarrollaron el proceso de compostaje de manera similar en las mismas condiciones, pero de diferentes técnicas de aplicaciones de inoculantes y temperaturas, en el cual ninguno de los sustratos perjudica la producción de EM-compost.

Según el trabajo de investigación el APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN COLOMBIA realizado por Liliana María Zapata Márquez donde expresa que los residuos sólidos orgánicos urbanos constituyen cerca del 70% del volumen total de desechos generados, por tal motivo es primordial buscar una salida integral que contribuya al manejo adecuado, potenciando los productos finales de éstos procesos y minimizando un gran número de impactos ambientales que conlleven a la sostenibilidad de los recursos naturales. Este trabajo define cada uno de los tipos de aprovechamiento apoyados en la normatividad existente, igualmente compila algunas experiencias a nivel mundial, regional y local, los impactos positivos y negativos y los costos para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos urbanos.

El proceso de compostaje es la descomposición y estabilización de diversos residuos orgánicos, por la acción de diversas y sucesivas

poblaciones de microorganismos benéficos que se desarrollan bajo condiciones controladas de aire, temperatura y humedad. Este bioproceso aeróbico permite obtener un producto final suficientemente estable para el almacenamiento e incorporación al suelo, sin efectos ambientales adversos (Alvarado, 2004). El producto orgánico resultante de la descomposición de la mezcla de residuos orgánicos de origen animal y vegetal, bajo condiciones controladas, buena aireación, humedad, y que necesita por una fase de calor, se denomina compost (Moreno, 2008). El estudio se realizó en los meses de septiembre a diciembre del año 2006, en el Vivero Municipal de Quillacollo, tratándose a nivel experimental los residuos orgánicos procedentes del mercado y cementerio. Los tratamientos implementados fueron T1=activador TC (té de compost y fermento de estiércol), T2=activador BC (harina de hueso, torta de soya, salvado de arroz, melaza y biol), T3=activador LC (levadura y melaza), T4=activador EM (microorganismos efectivos), T5=Testigo 1 (estiércol de vaca), T6=Testigo 2 y T7=Testigo 3 (pila a la intemperie). Se evaluó durante 2,5 meses el proceso de compostaje y, al final de este período, la calidad de los compost a través de parámetros químicos (%MO, %Nt, %Pt, %K y C/N). También se realizó un bioensayo con plantas de cebada, para evaluar la calidad integral de los compost, AZURDUY Y ORTUÑO (2006).

2.1.2. Referencias Históricas.

- A lo largo de la historia, el hombre ha sido acompañado del problema de los residuos sólidos, para afrontarlo se recurre a las técnicas de minimización de residuos, las cuales constan de tres fases: pre recogida, recogida y tratamiento. En cuanto a las técnicas que se utilizan tenemos: segregación en la fuente, reciclaje, incineración, compostaje y centros recolectores; todas estas son alternativas al relleno sanitario; sin embargo, es

necesario la aplicación de políticas e instrumentos económicos para el desarrollo sostenible. (Berent & Vedoya, 2006).

- (Ricaurte, 2005), quien estuvo en la India entre los años 1905 y 1934, practicó por primera vez el «método Indore», desarrolló la técnica de compostar, para el mejoramiento de los terrenos de cultivos e incrementar la producción en la región; concluyó que los residuos animales y plantas sanas que caen en el suelo mejoran la fertilidad de éste debido al abundante humus. Aprendió de los agricultores chinos la importancia de usar todos los residuos orgánicos para fortalecer las tierras.
- (Biernbaum & Fogiel, 2004), en su tesis: Evaluación de la contaminación ambiental para la disposición final de los residuos sólidos: el relleno sanitario y la producción de compost, trata sobre los problemas de contaminación generados por un inadecuado manejo de los residuos sólidos y propone como alternativa el aprovechamiento de los mismos en la producción de compost, abono obtenido mediante la fermentación aerobia de la materia orgánica.
- (Cófrece León, 2007), un abono orgánico o compost es el producto de la transformación de residuos orgánicos en humus por restos orgánicos (bacterias, hongos, protozoarios, lombrices, etc.), la presencia de humus en el suelo cumple las siguientes funciones: provee elementos nutritivos, mejora la estructura la porosidad y retención de agua y aire en el suelo y aumenta la resistencia de las plantas a enfermedades.

2.2. Marco Legal.

2.2.1. Ley General del Ambiente N° 28611

- Artículo N° 1:

“Toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes”.

- Artículo N° 67:

“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...”

Ley General de Residuos Sólidos - LEY N° 27314

- Artículo 4.- Lineamientos de política

Adoptar medidas de minimización de residuos sólidos, a través de la máxima reducción de sus volúmenes de generación y características de peligrosidad

Desarrollar y usar tecnologías, métodos, prácticas y procesos de producción y comercialización que favorezcan la minimización o reaprovechamiento de los residuos sólidos y su manejo adecuado.

Fomentar el reaprovechamiento de los residuos sólidos y la adopción complementaria de prácticas de tratamiento y adecuada disposición final.

2.3. Marco Conceptual

Abono orgánico: Sustancia de origen natural procedente de los seres vivos, que aporta al suelo y las plantas nutrientes para su buen desarrollo.

Basura: Dos o más desperdicios que revueltos entre sí provocan contaminación, enfermedad, pérdida de recursos naturales.

Basurero: Sitio o terreno donde se disponen residuos sólidos, sin que se adopten medidas de protección del medio ambiente.

Compost o abono orgánico: Es el producto resultante del proceso de compostaje.

Compostaje: Es un proceso de reciclaje completo de la materia orgánica mediante el cual ésta es sometida a fermentación en estado sólido, controlada (aerobia) con el fin de obtener un producto estable, de características definidas y útil para la agricultura.

Contaminación ambiental: Introducir al medio cualquier factor que anule o disminuya la función biótica.

Degradable: Estructura o compuesto que puede ser descompuesto bajo ciertas condiciones ambientales (biodegradable involucra la acción de microorganismos, fotodegradable implica la acción de la luz).

Desarrollo Sostenible: Desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad y manejo racional de los recursos naturales.

Disposición Final: La acción de depositar o confinar permanentemente residuos sólidos en sitios o instalaciones cuyas características prevean afectaciones a la salud de la población y a los ecosistemas y sus elementos.

Material Recuperable: Todo aquel material que puede utilizarse como materia prima y devolverse al flujo de materiales y cuyo procesamiento puede ser económicamente viable.

Metano: CH₄. Componente, entre otros, del gas natural y del biogás. El gas natural es una de las fuentes fósiles de energía. El metano se forma en procesos de degradación anaeróbica, (en pantanos, en los rumiantes y en procesos

Proceso de Degradación: Proceso por el cual la materia orgánica contenida en la basura sufre reacciones químicas de descomposición (fermentación y oxidación) en las que intervienen microorganismos dando como resultado la reducción de la materia orgánica y produciendo malos olores.

Proceso Productivo: Conjunto de actividades relacionadas con la extracción, beneficio, transformación, procesamiento y/o utilización de materiales para producir bienes y servicios.

Reciclaje: Proceso simple o complejo que sufre un material o producto para ser reincorporado a un ciclo de producción o de consumo, ya sea éste el mismo en que fue generado u otro diferente. Según la complejidad del proceso que sufre el material o producto durante su reciclaje, se establecen dos tipos: directo, primario o simple; e indirecto, secundario o complejo.

Recolección Selectiva: Recogida de residuos separados y presentados aisladamente por su productor.

Recolección: La acción de recibir los residuos sólidos de sus generadores y trasladarlos a las instalaciones para su transferencia, tratamiento o disposición final.

Residuos Sólidos Urbanos (RSU): Son aquellos que se generan en los espacios urbanizados, como consecuencia de las actividades de consumo y gestión de actividades domésticas (viviendas), servicios (hostelería, hospitales, oficinas, mercados, etc.) y tráfico viario (papeleras y residuos viarios de pequeño y gran tamaño

Residuos Vegetales: Residuos de origen vegetal, procedentes de jardinería, poda de parques y jardines urbanos, limpieza de bosques, etc.

Riesgo: Probabilidad o posibilidad de que el manejo, la liberación al ambiente y la exposición a un material o residuo, ocasionen efectos adversos en la salud humana, en los demás organismos vivos, en el agua, aire, suelo, en los ecosistemas, o en los bienes y propiedades pertenecientes a los particulares.

Separación: Segregación de las sustancias, materiales y residuos peligrosos de iguales características cuando presentan un riesgo.

Tasa de reciclaje: Relación porcentual entre el peso de los residuos sólidos recolectados para el reciclaje y el peso total de los residuos sólidos recolectados para su evacuación en vertederos e incineradoras.

Tratamiento: Conjunto de operaciones por las que se alteran las propiedades físicas o químicas de los residuos.

Tratamiento biológico: El tratamiento que se enfoca básicamente a los residuos orgánicos, como los alimentos o los residuos del jardín. Véase compostaje o lombricultura.

Valorización: Acción de aumentar el valor de un residuo. Los residuos se han de valorizar sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar procedimientos o métodos que puedan causar perjuicios al medioambiente.

Vertido: Deposición de los residuos en un espacio y condiciones determinadas. Según la rigurosidad de las condiciones y el espacio de vertido, en relación con la contaminación producida, se establecen los tres tipos siguientes: v. controlado, v. incontrolado, v. semicontrolado.

2.4. Marco Teórico

2.4.1. Residuos Sólidos Domiciliarios – RSU

Son aquellos residuos generados en las actividades domésticas realizadas en los domicilios, producto del barrido, actividades sociales, instituciones educativas y otros; generalmente están constituidos por restos de alimentos, periódicos, revistas, botellas, embalajes en general, latas, cartón, pañales, descartables, restos de aseo personal y otros similares (Ley N° 27314, Ley general de residuos sólidos).

2.4.2. Tratamiento de los residuos sólidos urbanos

Cualquier proceso, método o técnica que permita modificar la característica física, química o biológica del residuo sólido, a fin de reducir o eliminar su potencial peligro de causar daños a la salud y el ambiente (Ley N° 27314 Ley general de residuos sólidos).

2.4.3. Clasificación de los residuos

En el presente trabajo de investigación aplicaremos como criterio de clasificación según, la naturaleza química de los materiales emisores y aquellas actividades que generan residuos con neto predominio de materiales orgánicos.

La clasificación por la naturaleza química permite establecer dos categorías de residuos: residuos inorgánicos o abiógenos y residuos orgánicos o biógenos (Tavera & Salinas, 2007). A continuación de presentan ambas clasificaciones:

- **Residuos inorgánicos:**

Incluye todos aquellos residuos de origen mineral y sustancias o compuestos sintetizados por el hombre. Dentro de esta categoría se incluyen habitualmente metales, plásticos, vidrios, etc. Desechos provenientes de agro tóxicos, agroquímicos, fitosanitarios y agro veterinarios, son en su mayoría de origen sintético y con un gran efecto residual. (Biernbaum & Fogiel, 2004)

- **Residuos orgánicos:**

Los residuos orgánicos son los restos biodegradables de plantas y animales. Incluyen restos de frutas y verduras y procedentes de la poda de plantas.

Con poco esfuerzo estos desechos pueden recuperarse y utilizarse para la fabricación de un fertilizante eficaz y beneficioso para el medio ambiente

2.4.4. El compostaje

El compostaje es una forma de tratamiento para los residuos orgánicos, que tiene como meta transformar estos residuos en un producto útil, aplicable a la tierra como abono que fertiliza a las tierras de cultivo (ALTAMIRANO Y CABRERA, 2006).

Según OPS (1999), el compostaje se puede definir como una biotécnica donde es posible ejercer un control sobre los procesos de biodegradación de la materia orgánica.

Según ALVAREZ (2010), El compostaje se define como una “descomposición biológica y estabilización de la materia orgánica, bajo condiciones que permitan un desarrollo de temperaturas termófilas como consecuencia de una producción biológica de calor, que da un producto final estable, libre de patógenos y semillas de malas hierbas y que aplicado al terreno produce un beneficio”.

El compost es el remanente que contiene la materia orgánica estabilizada y los minerales. Para obtener un compost que se pueda usar en la agricultura los sólidos orgánicos húmedos son oxidados a formas biológicamente estables como el humus (Cegarra, 1994). Las aplicaciones más habituales del compostaje son en el tratamiento de residuos de la agricultura, residuos de jardín y cocina, residuos sólidos municipales y fangos de depuradoras, Tchobanoglous et al., (1994).

2.4.5. Microorganismos Eficientes (EM)

Según Higa y Parr (1994), EM es una solución que contiene varios microorganismos benéficos tanto aeróbicos como anaeróbicos, los cuales tienen diferentes funciones. Como el EM está compuesto por microorganismos, es una entidad viva.

En la producción de EM-compost, el EM se utiliza como inoculante del material en la fase inicial y durante el proceso. La tecnología del EM fue desarrollada por el Dr. Teruo Higa, profesor en la universidad del Ryukyus. La mayoría de los microorganismos en el EM son heterotróficos, es decir, ellos requieren de fuentes orgánicas de carbón y nitrógeno. El EM ha sido más eficaz cuando está aplicado conjuntamente con enmiendas orgánicas para proporcionar carbón,

oxígeno y energía. El EM contiene un gran número de microorganismos entre ellos bacterias fotosintéticas, levaduras, bacterias de ácidos lácticos y hongos. Además, el EM es un producto comercial producido por la Universidad EARTH bajo la licencia de EMRO en Costa Rica. Los alcances de esta investigación no contemplan el análisis del EM o su efecto en el proceso, Nieves (2005).

- **Componentes del EM**

El EM, es un cultivo microbiano mixto de especies seleccionadas de microorganismos. Este contiene un alto número de levaduras, bacterias ácido lácticas, bacterias fotosintéticas y cantidades menores de otros tipos de organismos. Se incluyen también los actinomicetos, que son mutuamente compatibles entre sí y coexisten en un cultivo líquido. Debido a la amplia variedad de microorganismos presentes en el EM, es posible que se lleven a cabo procesos de fermentación anaeróbica y degradación anaeróbica, así como la sana descomposición, Tabora, (1999).

Dentro de las funciones que realizan los principales grupos de microorganismos del EM están: bacterias fotosintéticas, bacterias lácticas y levaduras.

- a. **Bacterias fotosintéticas**

Como su nombre lo indica, estas bacterias hacen uso de la luz del sol como fuente de energía para realizar la fotosíntesis. También tienen otras fuentes de energía como el calor del suelo.

Su función es la de ayudar a sintetizar sustancias útiles para las raíces, materia orgánica o gases nocivos (sulfuro de hidrogeno). Algunas de las sustancias sintetizadas por las bacterias fotosintéticas

son: aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y azúcares, las cuales promueven el crecimiento y el desarrollo celular en las plantas, Sangakkara, (1999).

Las bacterias fotosintéticas presentes en este grupo son:

- Rhodospseudomonas palustris (ATCC 17001)
- Rodobacter lactis (IFO 12007)

b. Bacterias ácido lácticas

Dentro de las funciones primordiales de estas bacterias está el producir ácido láctico, logrando así suprimir microorganismos dañinos (Fusarium, nematodos, etc.). De igual forma ayudan a promover la descomposición de la materia orgánica. Estas bacterias son sumamente importantes en los procesos de fermentación y descomposición de material como la lignina y la celulosa, Sangakkara, (1999). Así mismo juegan un papel muy importante, ya que son las causantes del proceso de fermentación.

Algunos microorganismos de éste grupo son (Valle 2004):

- Lactobacillus plantarum (ATCC 98014)
- Lactobacillus casei (ATCC 7469)
- Streptococcus lactis (IFO 12007)

c. Levaduras

El rol de las levaduras en el EM, es el de sintetizar sustancias antimicrobiales, aminoácidos y azúcares secretados por bacterias fotosintéticas.

Estas son benéficas para el crecimiento de las plantas y sus raíces. Las sustancias bioactivas, como las hormonas y las enzimas, producidas por las levaduras, promueven la división activa de células

y raíces; estas secreciones también son sustratos útiles para microorganismos eficaces como las bacterias lácticas y actinomicetos, Sangakkara, (1999).

Las levaduras presentes en este grupo de microorganismos eficaces son:

- *Saccharomyces cerevisiae* (IFO 0203)
- *Candida utilis* (IFO 0619)
- Hongos (fungi)
- *Aspergillus oryzae* (IFO 5770)
- *Mucor hiemalis* (IFO 8567)

d. Actinomicetos

La estructura de los actinomicetos, intermedia entre las bacterias y hongos, produce sustancias antimicrobianas a partir de los aminoácidos y azúcares producidos por las bacterias fotosintéticas y por la materia orgánica. Estas sustancias microbianas suprimen hongos dañinos y bacterias patógenas.

Los actinomicetos pueden coexistir con la fotosintética. Así, ambas especies mejoran la calidad de los suelos a través del incremento de la actividad microbiana, Sangakkara, (1999).

Los actinomicetos presentes en éste grupo son:

- *Streptomyces albus* (ATCC 3004)
- *Streptomyces greuseus* (IFO 3358)

e. Hongos

Los hongos de fermentación como el *aspergillus* y el *penicilina* actúan descomponiendo rápidamente la materia orgánica para producir alcohol, ésteres y sustancias antimicrobianas. Esto es lo que produce la desodorización y previene la aparición de insectos perjudiciales y gusanos, Sangakkara, (1999).

- Aspergillus
- Penicilina

2.4.6. El proceso de compostaje

La fabricación de compost es iniciada por organismos quimioheterótrofos mesófilos. A medida que éstos respiran, la temperatura del compost aumenta y éstos van siendo sustituidos por organismos termófilos, Coyne, (2000). Una división del proceso en tres fases, Iniciando con una fase mesofílica de descomposición rápida de los materiales más lábiles, tales como azúcares, proteínas, almidones y hemicelulosas. Luego una segunda fase termófila, de temperaturas más altas, donde se degradan los materiales más recalcitrantes como celulosa y la lignina, para pasar finalmente la fase de síntesis, enfriado y maduración, donde se forman sustancias húmicas, Teruo Higa, (1982).

El compost se realiza a partir del proceso de descomposición por medio de diferentes microorganismos. Los microorganismos naturales son los responsables directos de degradar la materia. Sin embargo, para que estos puedan llevar a cabo eficientemente, el proceso necesita un medio con ciertas características favorables. Algunas de estas características son: humedad, temperatura adecuada, condiciones aeróbicas, pH, relación nutritiva de los materiales a ser compostados entre otros, Cerrato, (2000).

El proceso de compostaje, de acuerdo a Elzakker (1995), comienza con la pila de compost recién hecha la cual se calienta a los pocos días, alcanzando temperaturas de hasta 70° C y más. Al llegar a estas temperaturas, los patógenos, y semillas de malezas son eliminados. Esta temperatura no debe de permanecer más de unos días ya que se pierde mucho carbono y nitrógeno. A diferencia, la

temperatura óptima para el proceso de descomposición realizado en la pila de compost es de 55 a 65 centígrados Teruo Higa, (1982).

Durante el proceso de compostaje, los microorganismos consumen la mayor cantidad del oxígeno en poco tiempo; luego de esto su actividad se ve reducida, lo cual se puede notar en la disminución de la temperatura, la cual llega a los 20° o 25° centígrados. Con el fin de uniformar el resultado del compostaje, se da vuelta a la mezcla después de 30 días y se añade un poco de compost viejo. Una vez enfriada la mezcla, comienza otra fase de descomposición, en la cual animales más grandes como lombrices y especies de Collembola son los activadores del proceso. Los excrementos de estos animales son descompuestos por bacterias y hongos.

Los subproductos que se generan a través de este proceso son: energía, dióxido de carbono y agua. Una parte de la energía liberada es utilizada por los microorganismos para poder realizar sus actividades metabólicas. La otra o comúnmente llamada exceso de energía se convierte en calor, de ahí la importancia de estar controlando la temperatura constantemente, Cerrato, (2000), Ya que el proyecto pretende conservar al máximo la energía.

2.4.7. Fabricación óptima de un compost

Las consideraciones más importantes asociadas con la fabricación óptima del compost , sugeridas por Coyne (2000), son las siguientes: 1) el tipo y la composición de los desechos orgánicos; 2) la disponibilidad de los microorganismos; 3) la aireación; 4) los niveles de C, N y P; 5) el contenido de humedad; 6) la temperatura; 7) el pH; y 8) el tiempo.

2.4.8. Etapas del proceso de Compostaje

El proceso de compostaje puede dividirse en cuatro períodos, de acuerdo con la evolución de la temperatura:

a) Compostaje aeróbico

Según OPS (1999) se caracteriza por el predominio de los metabolismo respiratorios aerobios y por la alternancia de etapas mesotérmicas (10 – 40 °C) con etapas termogénicas (40 – 75°C) y con la participación de microorganismos mesófilos y termófilos respectivamente. Las elevadas temperaturas alcanzadas, son consecuencia de la relación superficie/volumen de las pilas o camellones y de la actividad metabólica de los diferentes grupos fisiológicos participantes en el proceso. Durante la evolución del proceso se produce una sucesión natural de poblaciones de microorganismos que difieren en sus características nutricionales (quimioheterótrofos y quimioautótrofos), entre los que se establecen efectos sintróficos y nutrición cruzada.

Debemos distinguir en una pila o camellón dos regiones o zonas:

- La zona central o núcleo de compostaje, que es la que está sujeta a los cambios térmicos más evidentes, y
- La corteza o zona cortical que es la zona que rodea al núcleo y cuyo espesor dependerá de la compactación y textura de los materiales utilizados.

• Etapa de latencia

Es la etapa inicial, considerada desde la confirmación de la pila hasta que se constatan incrementos de temperatura, con respecto a la temperatura del material inicial. Esta etapa, es

notoria cuando el material ingresa fresco al compostaje. Si el material tiene ya un tiempo de acopio puede pasar inadvertida. La duración de esta etapa es muy variable, dependiendo de numerosos factores.

Si son correctos: el balance C/N, el pH y la concentración parcial de oxígeno entonces la temperatura ambiente y fundamentalmente la carga de biomasa microbiana que contiene el material, son los dos factores que definen la duración de esta etapa. Con temperatura ambiente entre los 10 y 12 °C, en pilas adecuadamente conformadas, esta etapa puede durar de 24 a 72 hs.

- **Etapa mesotérmica 1 (10°C – 40°C)**

En esta etapa se destacan las fermentaciones facultativas de la microflora mesófila, en concomitancia con oxidaciones aeróbicas (respiración aeróbica). Mientras se mantienen las condiciones de aerobiosis actúan Actinomicetos (aerobios estrictos), de importancia por su capacidad de producir antibióticos. Se dan también procesos de nitrificación y oxidación. De compuestos reducidos de azufre, fósforo, etc. La precipitación de hongos se da al inicio de esta etapa y al final del proceso, en áreas muy específicas de los camellones de compostaje. La etapa mesotérmica es particularmente sensible al binomio óptimo humedad aeración. La actividad metabólica incrementa paulatinamente la temperatura. La falta de disipación de calor produce un incremento aun mayor y favorece el desarrollo de la microflora termófila que se encuentra en estado latente en los residuos. La duración de esta etapa es variable, depende también de numerosos factores.

- **Etapa termogénica (40°C – 75°C)**

La microflora mesófila es sustituida por la termófila debido a la acción de bacilos y actinomicetos termófilos, entre los que también se establecen relaciones del tipo sintróficas. Normalmente en esta etapa, se eliminan todos los mesófilos patógenos, hongos, esporas, semillas y elementos biológicos indeseables. Si la compactación y ventilación son adecuadas, se producen visibles emanaciones de vapor de agua. El CO₂ se produce en volúmenes importantes que difunden desde el núcleo a la corteza. Este gas, juega un papel fundamental en el control de larvas de insectos. La corteza y más en aquellos materiales ricos en proteínas, es una zona donde se produce la puesta de insectos. La concentración de CO₂ alcanzada resulta letal para las larvas. Conforme el ambiente se hace totalmente anaerobio, los grupos termófilos intervinientes entran en fase de muerte. Como esta etapa es de gran interés para la higienización del material, es conveniente su prolongación hasta el agotamiento de nutrientes.

- **Etapa mesotérmica 2**

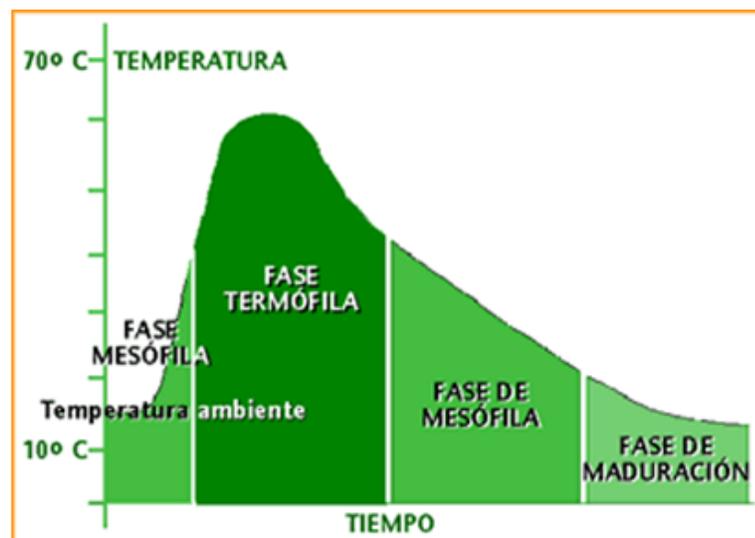
Con el agotamiento de los nutrientes y la desaparición de los termófilos, comienza el descenso de la temperatura. Cuando la misma se sitúa aproximadamente a temperaturas iguales o inferiores a los 40°C se desarrollan nuevamente los microorganismos mesófilos que utilizarán como nutrientes los materiales más resistentes a la biodegradación, tales como la celulosa y lignina restante en las parvas. Esta etapa se la conoce generalmente como etapa de maduración. Su duración depende de numerosos factores. La temperatura descenderá

paulatinamente hasta presentarse en valores muy cercanos a la temperatura ambiente. En estos momentos se dice que el material se presenta estable biológicamente y se da por culminado el proceso.

b) Compostaje anaerobio

El compostaje anaerobio es la descomposición del material orgánico en ausencia de oxígeno absteniéndose como productos metabólicos metano, dióxido de carbono y numerosos compuestos orgánicos de bajo peso molecular como ácidos y alcoholes. Los sistemas de compostaje anaerobio dada su complejidad se utilizan en menor proporción que los aerobios, pero son importantes ya que permiten generar biogás a partir de residuos humanos, animales, agrícolas y residuos sólidos urbanos.

Figura 1 Variación de la temperatura en cada fase



Fuente: <http://www.fundases.com/p/pub-compostaje01.html>

2.4.9. Parámetros en el proceso de compostaje

a) Humedad

Según OPS (2009), El contenido en humedad de los desechos orgánicos crudos es muy variable tal es el caso de las excretas y estiércoles, donde el contenido en humedad está íntimamente relacionado con la dieta. Si la humedad inicial de los residuos crudos es superior a un 50% necesariamente debemos buscar la forma de que el material pierda humedad antes de conformar las pilas o camellones.

Este procedimiento podemos realizarlo extendiendo la materia en capas delgadas para que pierda humedad por evaporación natural o bien mezclándolo con materiales secos, procurando mantener siempre una adecuada relación C/N

La humedad idónea para una biodegradación con franco predominio de la respiración aerobia, se sitúa en el orden de 15 a 35% (del 40 al 60% si se puede mantener una buena aireación). Humedades superiores a los valores indicados producirían un desplazamiento del aire entre las partículas de la materia orgánica con lo que el medio se volvería anaerobio favoreciendo los metabolismos fermentativos y las respiraciones anaerobias. Si la humedad se sitúa en valores inferiores al 10% descende la actividad biológica general y el procesos se vuelve extremadamente lento.

Según ALVAREZ (2010), considera que la humedad es uno de los aspectos críticos para lograr la optimización del compostaje. Siendo el compostaje un proceso biológico de descomposición de la materia orgánica, la presencia de agua es imprescindible para las necesidades fisiológicas de los microorganismos que intervienen en este proceso. Esto se debe a que el agua es el medio de transporte de las sustancias solubles que sirven de alimento a las células así

como los productos de desecho de esa reacción. La humedad óptima para el crecimiento microbiano se encuentra entre el 50 y 70%. La actividad biológica decrece mucho cuando la humedad se encuentra por debajo del 30%. Por encima del 70% el agua desplaza el aire en los espacios libres existentes entre las partículas, se reduce por tanto la transferencia de oxígeno produciéndose la anaerobiosis. Cuando se entra en condiciones anaerobias, se originan malos olores y disminuye la velocidad del proceso.

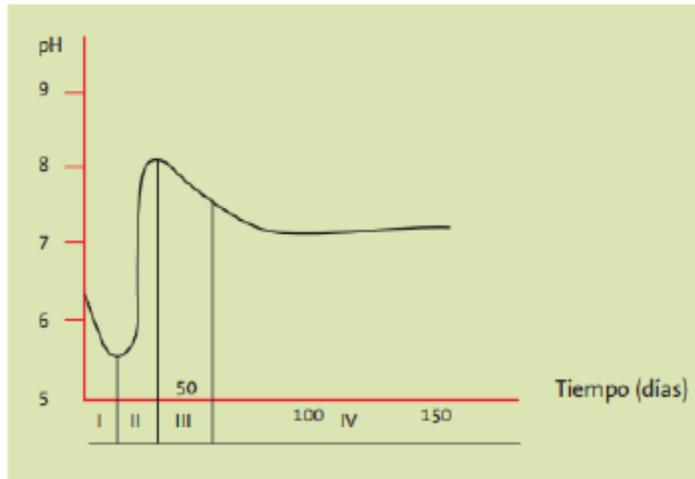
Según JARAMILLO y ZAPATA (2008), en el compostaje es importante evitar la humedad elevada ya que cuando está muy alta, el aire de los espacios entre partículas de residuos se desplaza y el proceso pasa a ser anaerobio. Por otro lado, si la humedad es muy baja disminuye la actividad de los microorganismos y el proceso se retarda. Se consideran niveles óptimos de humedades entre 40% – 60%, estos dependen de los tipos de material a utilizar.

b) El pH

El rango de pH tolerado por las bacterias en general es relativamente amplio, existen grupos fisiológicos adaptados a valores externos. No obstante pH cercano al neutro (pH 6.5 – 7.5) ligeramente ácido o ligeramente alcalino nos asegura el desarrollo favorable de la gran mayoría de los grupos fisiológicos. Valores de pH inferiores a 5.5 (ácidos) inhiben el crecimiento de la gran mayoría de los grupos fisiológicos. Valores superiores a 8 (alcalinos) también son agentes inhibidores del crecimiento haciendo precipitar nutrientes esenciales del medio de forma que no son asequibles para los microorganismos. Durante el proceso de compostaje se produce una sucesión natural del pH que es necesaria para el proceso y que es acompañada por una sucesión de grupos fisiológicos (OPS, 1999).

Según JARAMILLO y ZAPATA (2008), el compostaje permite un amplio intervalo de pH (3.0 – 7.0), sin embargo los valores óptimos están entre 5.5 y 7.0, porque las bacterias prefieren un medio casi neutro, mientras los hongos se desarrollan mejor en un medio ligeramente ácido. El valor del pH cae ligeramente durante la etapa de enfriamiento llegando a un valor de 6 a 7 en el compost maduro. Según ALVAREZ (2010), el pH en la fase acidogénica, se da una gran producción de CO₂ y liberación de ácidos orgánicos. El descenso de pH favorece el crecimiento de hongos (cuyo crecimiento se da en el intervalo de 5.5 - 8) y el ataque a lignina y celulosa. Durante la fase termófila se pasa a una liberación de amoníaco como consecuencia de la degradación de aminos procedentes de proteínas y bases nitrogenadas y una liberación de bases incluidas en la materia orgánica, resultado de estos procesos se da una subida en el pH y retoman su actividad las bacterias a pH 6 – 7.5 (fase de alcalinización). Tras este incremento del pH se da una liberación de nitrógeno por el mecanismo anteriormente citado y que es aprovechado por los microorganismos para su crecimiento, dando paso a la siguiente fase de maduración. Finalmente se da un fase estacionaria de pH próximo a la neutralidad en la que se estabiliza la materia orgánica y se dan reacciones lentas de policondensación (véase la Figura 2).

Figura 2: Evolución del pH durante el proceso de maduración



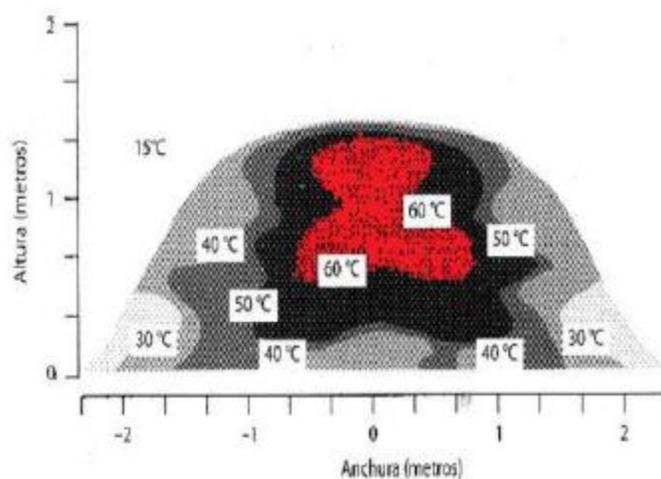
Fuente: Alvarez, 2010

c) Temperatura

Según BUENO y DIAZ (2008), al disponerse el material a utilizar en el compostaje en pilas, en un reactor, etc., si las condiciones son las adecuadas, comienza la actividad microbiana. Inicialmente todo el material está a la misma temperatura, pero al crecer los microorganismos se genera un calor aumentando la temperatura del material. El síntoma más claro de la actividad microbiana es el incremento de la temperatura de la masa que se composta, por lo que la temperatura ha sido considerada tradicionalmente como una variable fundamental en el control del compostaje. La evolución de la temperatura representa muy bien el proceso de compostaje, pues se ha comprobado que pequeñas variaciones de temperatura afectan más a la actividad microbiana que pequeños cambios de la humedad, pH o C/N. Se observan 3 fases en el proceso de descomposición aeróbica: fase mesófila inicial ($T < 45^{\circ}\text{C}$), al final de la cual se producen ácidos orgánicos; fase termófila ($T > 45^{\circ}\text{C}$); y la fase mesófila final; considerándose finalizado el proceso cuando se alcanza de nuevo la temperatura inicial.

Según JARAMILLO y ZAPATA (2008), Las fases mesófila y termófila del proceso, mencionadas anteriormente, tienen un intervalo óptimo de temperatura. Se ha observado que las velocidades de crecimiento se duplican aproximadamente con cada subida de 10 °C de temperatura, hasta llegar a la temperatura óptima. En la Figura 3 se muestra un área de color rojo, es el lugar donde se alcanzan temperaturas más altas, a partir de este nivel se empiezan a eliminar microorganismos patógenos dándose el proceso de sanitización ayudados adicionalmente por antibióticos producidos por algunos microorganismos que favorecen su eliminación. Hacia los 70 °C se inhibe la actividad microbiana por lo que es importante la aireación del compost para disminuir la temperatura y evitar la muerte de los microorganismos. Durante estos cambios de temperatura las poblaciones bacterianas se van sucediendo unas a otras. Este ciclo se mantiene hasta el agotamiento de nutrientes disminuyendo los microorganismos y la temperatura.

Figura 3: Perfil de temperatura de una pila de compost estática



Fuente: JARAMILLO Y ZAPATA (2008).

d) Materia orgánica

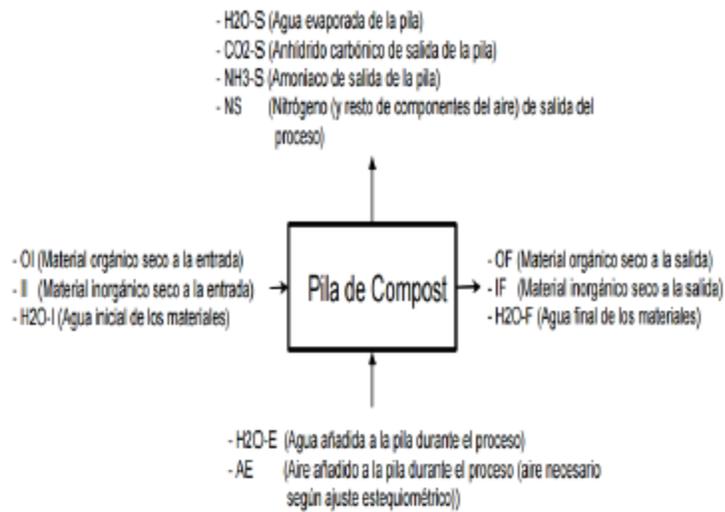
Según BUENO y DIAZ (2008), el conocimiento del contenido del compost en materia orgánica es fundamental, pues se considera como el principal factor para determinar su calidad agronómica. Durante el compostaje la materia orgánica tiene a descender debido a su mineralización y a la consiguiente pérdida de carbono en forma de anhídrido carbónico; estas pérdidas pueden llegar a representar casi el 20% en peso de la masa compostada. Este descenso en materia orgánica transcurre en dos etapas fundamentalmente. En la primera se produce un rápido decrecimiento de los carbohidratos, transformándose las cadenas carbonadas largas en otras más cortas con la producción de compuestos simples; algunos de los cuales se reagrupan para formar moléculas complejas dando lugar a los compuestos húmicos. En la segunda etapa, una vez consumidos los compuestos lábiles, otros materiales más resistentes como las ligninas se van degradando lentamente y/o transformando en compuestos húmicos.

Tanto las pérdidas de peso por mineralización de la materia orgánica, como las de otros nutrientes durante el compostaje, pueden ser evaluadas mediante un balance de materia. En la Figura4 se presenta un diagrama del balance de materia durante el compostaje de la cual se puede deducir la ecuación 1

Ecuación 1:

$$OI + II + H_2O(I) + H_2O(E) + AE \\ = OF + IF + H_2O(F) + H_2O(S) + CO_2(S) + NH_3(S) + NS$$

Figura 4: Balance materia en la pila de compost



Fuente: BUENO Y DIAZ (2008).

e) Aireación

Según OPS (1999), La aireación es conjuntamente con la relación C/N uno de los principales parámetros a controlar en el proceso de compostaje aeróbico. Cuando como consecuencia de una mala aireación la concentración de oxígeno alrededor de las partículas baja a valores inferiores al 20% (concentración normal en el aire), se producen condiciones favorables para el inicio de las fermentaciones y las respiraciones anaeróbicas.

2.4.10. Inoculación de EM en la pila de compostaje

La inoculación de la pila de compostaje con microorganismos Eficaces (EM), tiene el objetivo de disminuir el tiempo de elaboración del abono orgánico, obtener un material microbiológico y nutricionalmente mejorado.

El EM promueve la transformación aeróbica de compuestos orgánicos, evitando que se liberen gases generadores de olores molestos (sulfurosos, amoniacales y mercaptanos). Adicionalmente, evita la proliferación de insectos vectores, como moscas, ya que estas no encuentran un medio adecuado para su desarrollo.

Además incrementa la eficiencia de la materia orgánica como fertilizante, ya que durante el proceso de fermentación se liberan y sintetizan sustancias y compuestos como: aminoácidos, enzimas, vitaminas, sustancias bioactivas, hormonas y minerales solubles, que al ser incorporados al suelo a través del abono orgánico, mejoran sus características físicas, químicas y microbiológicas.

La inoculación de la pila de compostaje con microorganismos, tiene el objetivo de disminuir el tiempo de elaboración del abono orgánico, obtener un material microbiológica y nutricionalmente mejorado. Entre las ventajas de la adición microorganismos al compostaje están: Aceleración del incremento de las temperaturas, manteniéndose en la etapa termófila del proceso, independiente de la aireación y las condiciones ambientales

2.4.11. Calidad del Compostaje

La calidad del compost viene determinada por la suma de las distintas propiedades y características. Para su evaluación debe tenerse en cuenta: posible destino del producto, protección del entorno y requerimientos del mercado. Dentro de los niveles de calidad deberán establecerse distintas exigencias según el mercado al que vaya destinado, pero siempre habrá unos mínimos a cumplir para cualquier aplicación. Es necesario definir una calidad general del compost (de acuerdo con los representantes de los potenciales usuarios) y además establecer unos parámetros diferenciados para

usos diversos, sin querer significar esta afirmación que los máximos permitidos de contaminantes se puedan sobrepasar según el destino. Los requerimientos de calidad deberán ir dirigidos a conseguir: aspecto y olores aceptables, higienización correcta, muy bajo nivel de impurezas y contaminantes, nivel bueno de componentes agrónomicamente útiles y una cierta constancia de características, por tanto debe hablarse de:

- **Calidad Física:**

Granulometría, densidad aparente, porosidad, capacidad de retención de agua, humedad, presencia de partículas extrañas, olor, coloración.

- **Calidad Química:**

En la que aparecen tres vertientes: contenido y estabilidad de la materia orgánica, contenido y velocidad de mineralización de los nutrientes vegetales que contenga y presencia de contaminantes inorgánicos u orgánicos.

- **Calidad Biológica:**

Presencia de semillas de malas hierbas, patógenos primarios y secundarios. El control del rendimiento tiene relación con el desarrollo del proceso y permite valorar los costes y el interés de haber aplicado el tratamiento (Terra, 2003).

La evaluación de la calidad del compost se manifiesta a través de mediciones de indicadores específicos en momentos bien establecidos del proceso. La determinación del mayor número de indicadores (físicos, químicos, y biológicos) nos lleva a definir mejor la calidad del producto (Graue, 2006).

La calidad del compostaje parte de las características que resultan de aplicar un tratamiento respetuoso y acorde con una gestión racional de los residuos, que tiene como objetivo fabricar un producto de aplicación agrícola. Para que el compostaje llegue a ser una

alternativa económicamente viable y poder alcanzar el beneficio ambiental, el compost deberá tener una calidad adecuada a su uso y unas características constantes en el tiempo. De los múltiples aspectos que afectan a la calidad del compost podemos destacar:

- El material inicial. La calidad inicial de los materiales utilizados nos determina la calidad del material final.
- El proceso de compostaje. Para conseguir una higienización del compost se requiere que el material a descomponer haya pasado por temperaturas mayores a 60°C durante cierto tiempo, de lo contrario encontraremos agentes patógenos en el producto final.
- El almacenamiento del producto final. En ocasiones el compostaje continúa el proceso luego de ser almacenado. La inestabilidad o inmadurez genera los malos olores producidos en el almacenamiento, ya que éstos compost inmaduros continúan el proceso de descomposición pero si no hay un adecuado suministro de aire, las condiciones anaerobias llevan a la producción de metano (Rodríguez & Córdova, 2006).

2.4.12. Indicadores de la Evolución del Compostaje

La evolución del proceso del compostaje se puede realizar a través de mediciones de indicadores establecidos (Graue, 2006), como:

- **Contenido de Humedad:**

La medición se debe realizar al iniciar el proceso y periódicamente de 1 a 2 semanas, o cada vez que se realice el volteo de la pila. El nivel de humedad de las pilas debe oscilar entre 40 a 60% y se puede controlar fácilmente apretando una

muestra de compost en las manos; no debe caer agua a lo más 1 o 2 gotas.

- **Carbono Total, Nitrógeno Total y la Relación C/N:**

Para poder establecer la relación C/N es necesario primero analizar separadamente la magnitud presente de cada elemento en una muestra. La medición de este parámetro debe efectuarse al inicio del proceso y al producto terminado. La relación que deberían reflejarse al final del proceso es de 19:1.

- **pH:**

Este parámetro debe ser medido con pH-metro durante todo el proceso. Los valores normales al final del proceso deben fluctuar entre 7 a 8.

- **Contenido de Metales Pesados:**

La toxicidad por metales pesados es el factor limitante en el uso agrícola por sus efectos negativos a largo plazo.

Los metales pesados más comunes son el Cobre, Zinc (necesarios como micronutrientes en las plantas), Cadmio, Plomo, Cromo, Níquel, Mercurio y Cobalto. La medición debe realizarse al producto final.

- **Presencia de Organismos patógenos:**

Esta valoración debe realizarse al producto final para comprobar que puede ser aplicado sin riesgo en procesos agrícolas. La presencia de organismos patógenos se presenta en el compost de mala calidad como consecuencia de una excesiva aireación lo que conduce a reducir la temperatura. Los microorganismos

que indican la presencia de patógenos son las bacterias coliformes.

- **Contenido de Macronutrientes:**

Verificar el contenido de macronutrientes N_2 , P_2O_5 y KOH al final del proceso, sobre todo cuando el destino final del producto es para uso agrícola. Se realiza un estudio bromatológico del producto, el cual nos brinda el contenido de nutrientes presentes en el compost.

- **Temperaturas en el proceso:**

La medición de este variable se hace desde el inicio y durante el tiempo de compostaje especialmente al momento de los volteos o, por lo menos una vez por semana. La temperatura durante el proceso debería fluctuar entre $55^{\circ}C$ a $70^{\circ}C$ durante el proceso.

- **Nitrógeno, Fósforo y Potasio Disponible:**

Se deben realizar mediciones en laboratorio de estos elementos, sobre todo si el producto está destinado como fertilizante en actividades de tipo agrícolas.

2.4.13. Indicadores Físicos de los compost

- **Humedad**

El contenido de humedad es función de su naturaleza, del proceso y de las condiciones de almacenamiento. La humedad debe oscilar entre 35% - 45%, los compost con humedad por debajo de 35% pueden haber quedado inestables, y aquellos con menos del 30% de humedad se pulverizan y son de manejo desagradable (Terra, 2003).

- **Densidad Aparente**

La mayoría de los compost presentan una relación entre el peso del material y el volumen de 400Kg a 700 Kg por metro cubico. La densidad se ve afectada por la humedad del producto, por el tamaño de partícula, el contenido en materia orgánica y su grado de descomposición. La densidad aumenta con el tiempo de compostaje (Dickerson, 2001).

- **Granulometría y Porosidad**

La granulometría o distribución porcentual del tamaño de las partículas es de utilidad para conocer el grado de descomposición del material y determinar sus posibles usos. Un nivel adecuado de porosidad se presenta cuando la textura del sustrato es media a gruesa, equivalente a una distribución de partícula entre 0,25 y 2,5 mm, lo que implica una retención suficiente de agua y un adecuado contenido de aire. La porosidad o el espacio poroso total es el volumen total del material no ocupado por partículas orgánicas. Un nivel adecuado de porosidad es el que está por encima del 80% ((NOM-083-SEMARNAT), 2003).

- **Olor**

Es una medida subjetiva pero a pesar de esto la presencia de olores desagradables puede indicar que el proceso está en fase inicial donde hay malos olores por la descomposición de ácidos orgánicos, o que ha sufrido procesos anaerobios que producen amoniaco y ácido sulfhídrico ocasionando los malos olores (Rodríguez & Córdova, 2006)

- **Color**

El color está relacionado con el grado de descomposición de los materiales a compostar, el producto final tiene un color marrón oscuro, casi negro. El color final depende del material inicial, si es procedente de materiales verdes tiene un color negro oscuro, pero si procede de estiércoles son generalmente marrones (Rodríguez & Córdova, 2006)

2.4.14. Indicadores Químicos de los Compost

- **pH**

Considerado como indicador de la evolución del compostaje. Durante el proceso el pH desciende inicialmente como consecuencia de la formación de ácidos orgánicos, a medida que el proceso avanza el valor del pH aumenta hasta valores entre 6,5 y 8,5. El pH tiene influencia directa sobre la disposición de los nutrientes, y además influye en el valor de la capacidad de intercambio catiónico y la actividad biológica. Los valores adecuados de pH deben estar próximos a la neutralidad o ligeramente ácidos (Graue, 2006).

- **Conductividad Eléctrica (CE) y Elementos Solubles**

La conductividad eléctrica es un indicador de la presencia de sales solubles en el compost, los altos niveles de sales pueden repercutir sobre la germinación de semillas y en el desarrollo general del cultivo, dependiendo de la tolerancia de los cultivos y del tipo de suelo hacer fertilizado. Para el caso de sustratos para cultivos debe manejarse un nivel de salinidad bajo (Rodríguez & Córdova, 2006).

- **Contenido de Carbono Orgánico Total y Relación C/N**

La concentración de carbono orgánico total es un indicador de su concentración en materia orgánica y por tanto un índice de calidad. La relación C/N se usa tradicionalmente como indicador de la madurez y estabilidad de la materia orgánica. Una mala relación repercute sobre la movilidad del nitrógeno y la baja disponibilidad de oxígeno (Terra, 2003).

- **Capacidad de Intercambio Catiónico**

El valor de la (CIC), se define como la suma de cationes que pueden ser absorbidos por unidad de peso del compost, refleja los cationes que están disponibles para las plantas y que no son lixiviados. Estas cargas variables dependen del pH, por ende, cuando aumenta el pH aumenta la capacidad de intercambio catiónico. La CIC aumenta generalmente con el paso del proceso de compostaje, debido no solo a la acumulación de materiales de carga negativa, sino también por el aumento de grupos fenólicos y carboxílicos (Rodríguez & Córdova, 2006).

- **Nitrógeno Total**

El contenido total de N es función directa de los materiales a compostar, del proceso y de las condiciones de maduración y almacenaje. El N es esencial para la planta, y como es un elemento con un gran número de formas con impacto ambiental, es necesario conocer su contenido para poder realizar una correcta dosificación. Varias de ellas son gaseosas y su emisión colabora al efecto invernadero y a la formación de lluvias ácidas. Otras especies son iones móviles que afectan directamente a la calidad del suelo.

La forma y calidad del N presente en formas inorgánicas puede ser buenos indicadores de la madurez de un compost (Cófrece León, 2007).

- **Elementos Tóxicos**

Son aquellos elementos químicos, metales y metaloides, que diversas actividades han incorporado al ambiente. Algunos son esenciales para diversas especies, pero también tóxicos cuando se hallan en concentraciones elevadas; otras siempre presentan toxicidad. La presencia de metales pesados en el compost es totalmente inerte a los residuos empleados para la elaboración. La mayoría de los contaminantes orgánicos intervienen en procesos bioquímicos y fisiológicos comunes a una serie de organismos. De esta manera se convierten en contaminantes de alto riesgo incluso a bajas temperaturas (Graue, 2006).

Si un compost contiene metales pesados, aunque una buena parte no sea asimilable por la planta rápidamente, quedarán en el suelo acumulados y cuando varíen las condiciones (pH, presencia de sustancias complejantes, CIC,) pueden pasar a disposición de las plantas o y contaminar los acuíferos. Estas sustancias, en elevadas concentraciones, pueden generar efectos perjudiciales en el desarrollo de las plantas, inhibiendo la germinación de semillas o el crecimiento de raíces por lo que es altamente riesgosa su utilización en cultivos. Por estos motivos se considera necesario conocer el contenido total de metales que puede determinarse a partir de la disolución ácida de las cenizas del compost o por digestión húmeda (medio ácido y oxidante) de la muestra (Nirenberg, 2005).

2.4.15. Pruebas Biológicas

Los efectos fitotóxicos de un material orgánico inmaduro se deben a diversos factores, entre los cuales destacan los contenidos de amonio, de ácidos volátiles orgánicos, de metales pesados y de sales.

Es siempre aconsejable realizar pruebas biológicas, lo más sencillas posible, que den indicaciones más concretas del comportamiento en el suelo. Se pueden realizar distintos tipos de pruebas: pruebas de germinación, de crecimiento e incubaciones para comprobar estabilidad y mineralización de nutrientes (Biernbaum & Fogiel, 2004). Las pruebas de germinación son las más utilizadas por su simplicidad, y además son relativamente fáciles de interpretar. Los bioensayos con semillas para determinar el porcentaje de germinación y crecimiento radicular de los extractos de compost con relación a un testigo con agua destilada. Diversas metodologías han sido puestas a punto con este objetivo; entre ellas, la de mayor alcance corresponde a la determinación del índice de germinación utilizando extractos de compost propuesta por Zucconi et al. En 1981.

Esta metodología de determinación del índice de germinación (IG), integrando el porcentaje relativo de germinación y el crecimiento relativo de raíces permite establecer tres niveles de fitotoxicidad: severa, moderada y baja o nula (Baca , 2007).

CAPÍTULO III

3. PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

3.1. Metodología

3.1.1. Método

- **Ubicación del Lugar de Muestreo**

El trabajo de investigación se realizó en el Distrito de Concepción, Provincia de Concepción, Región Junín, en el Centro Ecoturístico de Protección Ambiental Santa Cruz – CEPASC, propiedad de la Municipalidad Provincial de Concepción, el acceso al relleno sanitario se realiza a través de la carretera asfaltada Concepción – Ingenio hasta la altura del kilómetro 4 y 5, y a partir de ahí se recorre una distancia aproximada de 2 km de trocha carrozable, Concepción se ubica típicamente en el piso altitudinal de la puna y consecuentemente el clima es de frío severo y relativamente seco, con precipitaciones entre los meses de diciembre a marzo con

presencia de frecuentes granizadas. La temperaturas medias anuales oscilan entre 16,3 y - 3,46 °C (SENAMHI); siendo los meses más fríos junio y julio, en los que se producen las heladas más intensas. En las partes altas son comunes las nevadas aun en la estación seca a una altura promedio 3283 m.s.n.m.

- **Ubicación Geográfica**

Latitud Sur : 11°54'59''

Latitud Oeste: 75°18'33''



Fuente: Google Earth.

- **Materiales y Equipos**

- ***Para la caracterización de la materia orgánica.***

- a) Equipos:

- 3 balanzas de 25 kg (balanzas de mano)
 - 1 cámara fotográfica

- b) Herramientas:

- 1 cilindro de 1000 litros.
 - 1 cinta métrica.

- c) Equipo de Protección personal:

- 1 caja de guantes quirúrgicos.
 - 3 polos de sensibilización
 - 3 pares de guantes de cuero liviano
 - 1 caja de mascarillas.

- d) Útiles e Insumos:

- 5 paquetes de bolsas de propietileno
 - 1 paquete de Costales
 - Plumones indelebles
 - Cinta masking tape
 - Lapiceros
 - Formato de encuestas, empadronamiento
 - 1 Tableros
 - Planos del área de estudio

Para el proceso de compostaje

- Palas, picos, rastrillo y barreta
- Carretillas
- Tres balanzas de 25kg de capacidad
- Una mochila de fumigación de 20 litros de capacidad
- Termómetro para compost en una escala de -10 °C-100°C
- Un pH metro
- Higrómetro
- Equipos de protección personal (guantes, respiradores o mascarillas, botas)
- Clavos
- Costales
- Vaso de precipitados
 - Tamiz o malla de 20m.

• Caracterización de los Residuos Sólidos Orgánicos

a) Coordinaciones generales

Para realizar el proceso de compostaje, es necesario realizar un estudio de caracterización de residuos sólidos orgánicos; se realizaron las coordinaciones para la consecución de información municipal se llevaron a cabo de manera interna, la Gerencia de Desarrollo Económico, el área de Comercialización proporcionó la información referente a la cantidad de establecimientos comerciales y de puestos en los mercados del Distrito de Concepción.

b) Sensibilización, empadronamiento y encuestas de viviendas, establecimientos comerciales e instituciones educativas.

En los días previos a la toma de muestras, se realizó una encuesta a la población de las viviendas seleccionadas con el fin de recopilar datos cualitativos sobre su percepción del sistema de manejo de residuos orgánicos y cuantitativos sobre el número de personas que habitan la vivienda, asimismo se confirmara su participación en el estudio.

Adicionalmente, interdiario se entregaron una bolsa plástica con un código de identificación, a cada representante de la vivienda muestra, con el objetivo que depositen dentro los residuos generados por los miembros de la vivienda durante 48 horas como consecuencia de las diferentes actividades generadas en el hogar.

c) Plan de seguridad e higiene

El manejo directo de los residuos sólidos genera exposición directa a agentes patógenos e infecciosos que se deben prevenir en las actividades de campo.

Para ello se instruyó al personal de recolección y de segregación considerando:

Tabla 1 Normas Generales de Seguridad

Actividades a realizar	Normas de seguridad
1. Recolección selectiva	Uso de todos los equipos de protección personal (guantes, mascarilla, chaleco).
2. Descarga de bolsas	Descargar las bolsas cuidadosamente y sin tirarlas.
3. Pesaje de bolsas	Si las bolsas son muy pesadas, se deben manipular entre dos operarios.
4. Traslado de bolsas para segregación	Llevar las bolsas a la zona de trabajo, de ser muy pesadas, manipularlas entre dos operarios.
5. Segregación	Abrir las bolsas y vaciarlas cuidadosamente en la zona de trabajo (sobre la manta plástica), usando los equipos de protección personal.
6. Determinación de la densidad	Levantar con cuidado el cilindro, para evitar golpes.
7. Disposición final	Acopiar y embolsar los residuos analizados, para su posterior recolección de parte de la Municipalidad.

Fuente: Guía metodológica para la elaboración de Estudios de caracterización de residuos sólidos municipales, MINAM, 2013.

d) Determinación del número de muestras

(Peru Waste Innovation S.A.C. (PWI S.A.C.), 2011)

Para determinar el número de muestras de residuos sólidos orgánicos municipales se basó en la proyección de la cantidad de viviendas en la zona urbana del Distrito Capital de Concepción al 2007, a partir de esta se calculó la muestra requerida para el estudio, considerando los parámetros planteados en la publicación Método Sencillo del Análisis de Residuos Sólidos.

Una vez determinada la proyección de la población determinaremos el número de la muestra aplicando la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z_{1-\alpha/2}^2 * N * \sigma^2}{(N - 1) * E^2 + Z_{1-\alpha/2}^2 * \sigma^2}$$

Dónde:

n = muestra de las viviendas

N= total de viviendas

Z = nivel de confianza 95%=1.96

σ = desviación estándar

E = error permisible

Para aplicar la fórmula, se requiere la estimación de todas las variables antes mencionadas. En tal sentido se considera E= error permisible, es un 10% del GPC nacional y la σ = desviación estándar es de 0.20 a 0.25 Kg./hab./día.

A continuación aplicamos la fórmula para el distrito objeto de estudio, que según los datos los datos del INEI, el distrito de Concepción tiene 3318 viviendas.

N= 3318 viviendas

Z = 1.96

$\sigma = 0.25 \text{ Kg./hab./día.}$

$E = 0.053 \text{ Kg./hab./día.}$

$$n = \frac{(1.96)^2 * (3318) * (0.25)^2}{(3318 - 1) * (0.053)^2 + (1.96)^2 * (0.25)^2}$$

$n = 83.3 \text{ es decir } 84 \text{ viviendas}$

Aplicando la fórmula al distrito de Concepción se obtuvo como resultado 84 muestras domiciliarias, las cuales se distribuyeron proporcionalmente en cada una de las zonas.

e) Distribución de la población total:

Haciendo uso de los planos catastrales municipales y del registro de contribuyentes, se determinó la población promedio de las principales calles que fueron objeto de estudio.

f) Determinación de las zonas representativas por tipo de actividad

Una vez determinado el número de muestras, se eligió los lugares donde se tomarían las muestras con ayuda de la subgerencia de limpieza pública, identificando las avenidas y las viviendas con las que se iba a trabajar.

Tabla 2: Distribución de los tamaños de muestra para diferentes zonas de acuerdo a la actividad que realizan

ZONAS REPRESENTATIVAS	TAMAÑO DE MUESTRA
MERCADO	36
DOMICILIARIO	36
INSTITUCIONES EDUCATIVAS	2
COMERCIO (RESTAURANT)	10
TOTAL	84

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3 Distribución de las zonas representativas por Calles principales

CALLES PRINCIPALES	DOMICILIARIOS	INSTITUCIONES EDUCATIVAS	COMERCIOS	MERCADO
Jr. 9 De Julio	0	0	1	
Jr. Grau	4	0		
Jr. Túpac Amaru	4	0	0	
Av. Ramón Castilla	4	0	0	
Av. Mariscal Cáceres	0	1	3	
Carretera Central	0	0	5	
Av. Agricultura	6	1	0	
Jr. Iquitos	4	0	0	
Jr. Ricardo palma	4	0	1	36
Jr. Gonzales Prada	2	0	0	
Pasaje la esmeralda	4	0	0	
Jr. Huancayo	4	0	0	
TOTAL	36	2	10	36

Fuente: Elaboración propia

g) Recolección de muestras

Durante 08 días interdiarios, entre las 8:00 y 10:00 horas, el Equipo de Operarios procedió a la recolección diaria de las bolsas de residuos de los domicilios en cada uno de los lugares de las zonas seleccionadas, empleando para la recolección 01 camioneta.

Luego, se trasladaron todas las muestras al: Centro Ecoturístico de Protección Ambiental Santa Cruz - CEPASC. En dicho lugar, las muestras se pesaran, se determinara la densidad y se clasificaran los residuos orgánicos de cada muestra.

Como parte de la metodología aplicada, las muestras tomadas el primer día se descartaron, porque se desconoce la cantidad de residuos que se han almacenado en días anteriores.

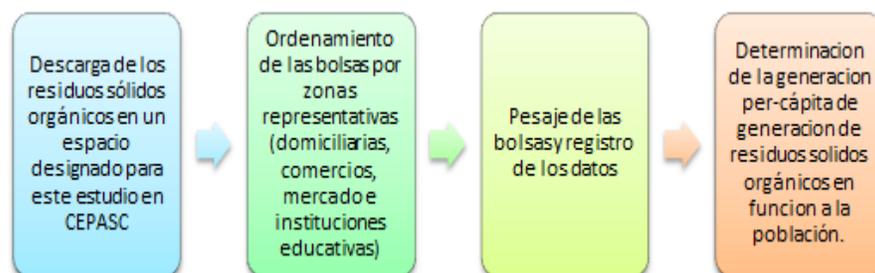
h) Determinación de parámetros de evaluación

Los parámetros a determinar son la generación per cápita domiciliaria, generación de residuos sólidos provenientes establecimientos comerciales (mercado, restaurants), generación total de residuos sólidos orgánicos municipales, la densidad y composición física de residuos sólidos domiciliarios y comerciales además de la humedad sólidos domiciliarios, de restaurantes y mercados.

i) Generación total de residuos sólidos orgánicos

La generación de los residuos orgánicos se determinó por pesaje directo de las muestras; la secuencia es la siguiente:

Figura 5: Procedimiento del ECRS - Concepción



Fuente: Elaboración propia

j) Generación per cápita de los residuos sólidos orgánicos

La generación per cápita – GPC (generación por cada habitante) de residuos sólidos se determinó de la siguiente manera:

- Primero, se descartaron las muestras recolectadas, pesadas y segregadas el primer día por no ser representativas de la generación de residuos sólidos en un día, pudiendo corresponder a la acumulación de residuos sólidos de más de un día en la vivienda.

- Se obtuvieron los promedios de generación por habitante de manera diaria en cada una de las viviendas (i) de las cuales se recolectaron muestras.

$$GPC_i = \frac{kg \text{ dia1} + kg \text{ dia2} + kg \text{ dia3} + kg \text{ dia4} + kg \text{ dia5} + kg \text{ dia6} + kg \text{ dia7}}{\text{numero de habitantes} \times 7 \text{ dias}}$$

- Para obtener la GPC de cada zona especificada anteriormente, se obtuvo un promedio de las medias por vivienda obtenidas.

$$GPC_i = \frac{GPC1 + GPC1 + GPC2 + GPC3 + GPC4 + \dots + GPCn}{n}$$

k) Determinación de la densidad

La densidad de los residuos se determinó mediante el siguiente procedimiento:

- Acondicionar un recipiente cilíndrico.
- Medir la altura y diámetro del recipiente cilíndrico.
- Vaciar los contenidos de las bolsas por zonas.
- Una vez lleno el recipiente, levantar el cilindro 20 cm sobre la superficie y dejarlo caer, repetir esta acción por tres veces, con la finalidad de uniformizar la muestra llenando los espacios vacíos del cilindro.
- Medir la altura libre y registrar este dato.
- La estimación de la densidad se llevará a cabo tomando en cuenta el peso registrado de las bolsas vaciadas en el cilindro, el volumen de este y descontando el volumen generado por la altura libre de residuos sólidos.
- La ecuación a utilizar será la siguiente:

$$s = \frac{W}{V} = \frac{W}{\pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 (H - h)}$$

Dónde:

s	: Densidad de los residuos sólidos
W	: Peso de los residuos sólidos
V	: Volumen de residuos sólidos
D	: Diámetro del recipiente cilíndrico
H	: Altura total del cilindro (medida desde adentro)
h	: Altura libre de residuos sólidos en el cilindro
π	: Constante: 3.1416

I) **Determinación de la composición física de los residuos sólidos**

Para la determinación de la composición física de los residuos sólidos se utilizara el método del recipiente cilindro, consiste en:

- Vaciar el contenido del recipiente utilizado para determinar la densidad, y separación de los componentes de acuerdo al tipo de residuo.
- Los componentes diferenciados, se depositaran en bolsas; mientras que, los residuos sólidos restantes se tamizaron para obtener la materia inerte; y rescatar los materiales segregables.
- Concluida la clasificación de los componentes, se realizara el pesaje y registro de los datos en el formato correspondiente.
- Repetir este procedimiento durante los 8 días intercalados que se recolectaran las muestras

Para los estudios, se consideró una clasificación para los residuos orgánicos que constan de los siguientes componentes, que se utilizaran Para Elaborar Compost.

- Fibra dura vegetal
- Fibra de fruta
- Hueso
- Madera
- Residuos alimenticios (restos de comida)
- Residuos de jardines (restos de poda de jardines ò de áreas verdes)
- Pluma (pelos)
- Inertes(Tierra, piedras, desmonte)

m) Preparación de Pilas para el Compostaje

Se utilizó el sistema de compostaje abierto o conocido también pilas de compostaje, este se basan en la formación de pilas, agrupando los residuos en montones. Los materiales a compostar apilaron sin que se compriman mucho, para permitir que el aire quede retenido, los montones o pilas se airearon semanalmente.

El método utilizado para el apilamiento de la materia orgánica y las vísceras fueron en forma de ruma. Las rumas son el apilamiento de los residuos formando un rectángulo.

- **Acondicionamiento del área para las rumas del compostaje.**

Terreno:

Se acondiciono un terreno en el CEPASC cerca al lugar de tratamiento de los residuos orgánicos del distrito de Concepción. El mismo que tiene un área aproximada de 50 m² fue techado y cercado con calamina y costales respectivamente.

Ilustración 1: Acondicionamiento del área para el proceso de compostaje



• **Formación de las pilas de compostaje**

Es importante mencionar que no existen unas medidas estandarizadas para la formación de las pilas de compostaje, pero por recomendaciones bibliográficas el ancho debe estar entre 1,2 m y 1,8 m; y una altura entre 1 m y 1,5 m; siendo el largo según sea la disponibilidad del terreno con que se cuenta.

Para las pilas de compostaje se tuvo en cuenta las siguientes dimensiones:

- Largo: 2 m
- Ancho: 1 m
- Alto: 0.8m

Ilustración 2: Formación de las pilas de compostaje



- **Descripción de materiales para las pilas de compostaje.**
 - ✓ **Materia orgánica:** Estos residuos de origen orgánico (poda de pastos, cascaras de vegetales y frutas, restos de comida, etc.) son generados por la población de la zona (mercados, familias, parques, etc.), estos son recogidos y trasladados al centro de tratamiento, las muestras fueron 84 (36 viviendas, 36 mercado, 2 I.E. y 10 comercios).
 - ✓ **Vísceras:** son obtenidas del mercado de abasto del distrito de Concepción, en donde se desechan viseras de aves, rumiadores y cerdos. Estos contiene alto contenido de fosforo, nitrógeno y potasio.
 - ✓ **EM-compost:** Es un producto que está compuesto por 80 tipos de microorganismos benéficos de origen natural, teniendo tres géneros principales que son: bacterias fotosintéticas, bacterias de ácido láctico y levaduras. Estos microorganismos al entrar en contacto con la materia orgánica, secretan sustancias beneficiosas tales como:

vitaminas, ácidos orgánicos, minerales quelados y antioxidantes, cambiando la micro y macro flora de la tierra, y además, mejorando el equilibrio natural de la tierra.

Ilustración 3: Materiales utilizados en el compostaje



- **Procedimientos para determinar la dosis óptima de EM en el proceso de elaboración de compost.**

Paso 1: Descripción del proceso de compostaje

- a. Se clasificaron y pesaron la materia orgánica y se colocaron en cada ruma 475 kg de estos. Pero estas muestras se fueron colocando durante 8 días interdiarios.
- b. Aplicar el EM- compost previamente activado para acelerar la descomposición.
- c. Cubrir con plástico para que alcance la temperatura adecuada que es de 40°C-60°C
- d. Medimos la temperatura, pH y la humedad inter diaria. Para controlar el proceso.

e. Se volteó las pilas cada 7 días esto para homogeneizar y darle la aireación adecuada.

Paso 2: Descripción de los monitores y control del proceso

Para que el proceso de compostaje se lleve en óptimas condiciones se realizaron controles periódicos de la aireación, la regulación de la humedad, pH y la temperatura.

- a. Humedad: se midió con un instrumento; Higrómetro, que tiene incluido un sensor de Temperatura.
- b. Temperatura: se controlara la temperatura inter diaria; en la mañana y algunas veces en la tarde; utilizando un sensor de temperatura, en tres puntos uno en el centro de la pila y los otros dos a los extremos.
- c. pH: se controló el pH del compost inter diaria, con un pH metro, se tomaron las muestras de los lixiviados.
- d. Análisis físico-químico: se realizó el análisis fuera de la institución ya que no se cuenta con los equipos necesarios para su análisis.

• Tratamientos según el diseño experimental

Los tratamientos fueron implementados en el área de 50 m² que está ubicado en el CEPASC - Concepción, cada pila presento las siguientes dimensiones: 1 m de ancho, 2 m de largo, 0,80 cm de altura y una separación entre pilas de 1 m, a continuación, se detalla las pilas implementadas.

A. PRIMER TRATAMIENTO (T1),

475 Kg de materia orgánica + 1000 mililitros de EM Compost

B. SEGUNDO TRATAMIENTO (T2)

475 Kg de materia orgánica + 500 mililitros de EM Compost

C. TERCER TRATAMIENTO (T3)

475 Kg de materia orgánica + 300 mililitros de EM Compost

D. CUARTO TRATAMIENTO (T4)

475 Kg de materia orgánica

Ilustración 4: Tratamiento según el diseño experimental



3.2. Tipo de la Investigación

Experimental: el tipo de estudio es experimental, por su naturaleza, la investigación tiene un carácter correlacional y comparativo.

Será experimental, porque se ha realizado el proceso de compostaje en campo, con las diferentes dosis de microorganismos eficaces (EM). Es comparativo porque se compara la calidad nutricional del compost con la aplicación del EM y el método convencional.

3.3. Nivel de la Investigación

El nivel es aplicada

3.4. Diseño de la Investigación.

Diseño de bloques completamente al azar.

Debido a que se requiere comparar la calidad de compost, a través de ciertos tratamientos (volumen de EM adicionado a cada pila de compostaje).

3.5. Hipótesis de la Investigación

3.5.1. Hipótesis General

Si es posible determinar la dosis optima de microorganismos eficaces en el proceso de compostaje de los residuos orgánicos domiciliarios de la zona urbana de la ciudad de Concepción

3.5.2. Hipótesis Específicas

- Se determina las características fisicoquímicas de un compost producido por el método convencional y con la adición de EM (en sus diferentes dosis).
- Se determina el tiempo de producción de compost con adición de las diferentes dosis de EM.
-

3.6. Variables

3.6.1. Variable Independiente

Microorganismos Eficaces (ml)

3.6.2. Variable Dependiente

Tiempo de producción del compost (días)

Calidad de compost producido (% M.O)

3.7. Cobertura del Estudio

3.7.1. Universo

Residuos sólidos orgánicos domiciliarios generados.

3.7.2. Población

Residuos sólidos orgánicos domiciliarios generados en la zona urbana del distrito de Concepción, Provincia de Concepción - Departamento de Junín.

3.7.3. Muestra

475 kilogramos de residuos orgánicos domiciliarios.

3.8. Muestreo

El muestreo realizado de la materia orgánica fue completamente aleatorio siguiendo los procedimientos que especifica la normativa de residuos sólidos domiciliarios.

3.9. Técnicas e Instrumentos

3.9.1. Técnicas de la Investigación.

Las técnicas que se utilizarán para el presente trabajo de investigación es:

- Monitoreo de campo
- Observación directa
- Comparación de resultados
- Interpretación de resultados

3.9.2. Instrumentos de la Investigación.

Los instrumentos de investigación fueron los reportes de los procesos experimentados por el laboratorio correspondiente, los datos monitoreados en el proceso de formación del compost.

3.10. Procesamiento estadístico de la información.

3.10.1. Estadísticos.

Para el análisis estadístico de los datos registrados durante la realización del ensayo, a fin de poder validar las hipótesis planteadas, se aplicará un Análisis de varianza adaptado al Diseño de Bloque Completos al Azar.

3.10.2. Representación.

Las representaciones de la parte experimental se dieron por medio de reportes de laboratorios y gráficas o representaciones en Excel, las relaciones de variables mediante ecuaciones y los análisis estadísticos según el software estadístico desarrollado.

3.10.3. Técnica de comprobación de la hipótesis.

Para el trabajo de investigación se utilizó el Análisis de varianza mediante una Anova de Fisher.

CAPITULO IV

4. ORGANIZACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Resultados

En el Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Orgánicos.

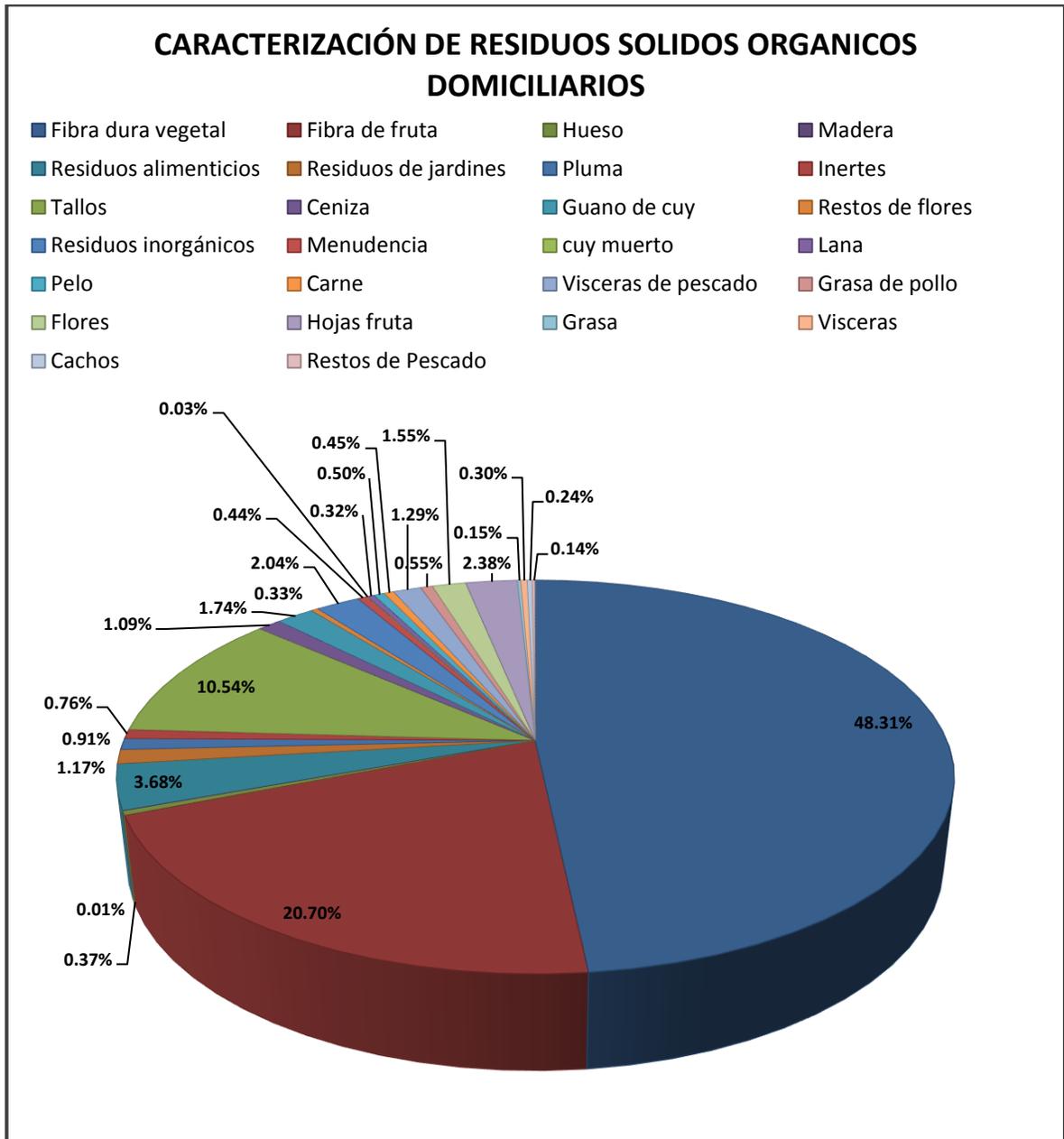
A. Caracterización de Residuos Sólidos Orgánicos Domiciliarios

El estudio de caracterización de los residuos sólidos orgánicos se realizó con el objetivo de analizar qué tipo de residuo está ingresando en mayor cantidad a la planta de tratamiento de residuos sólidos y también para poder realizar un control más factible de la relación de C/N. El estudio se llevó a cabo en ocho días intercalados (lunes, miércoles y viernes).

Tabla 4: Caracterización de Residuos Sólidos Orgánicos

CARACTERIZACION FISICA R.S.O	RESIDUOS DOMICILIARIOS	RESIDUOS MERCADO	RESIDUOS I.E.	RESIDUOS COMERCIO	TOTAL	PROMEDIO	%
Fibra dura vegetal	208.2	402.4	0	313.8	924,40	231,10	0,48
Fibra de fruta	96.8	187.2	77.4	34.6	396,00	99,00	0,21
Hueso	2.2	2.9	0	2.05	7,15	1,79	0,00
Madera	0.15	0	0	0.05	0,20	0,05	0,00
Residuos alimenticios	37.9	18.8	0	13.8	70,50	17,63	0,04
Residuos de jardines	22.4	0	0	0	22,40	5,60	0,01
Pluma	6.1	6.5	0	4.8	17,40	4,35	0,01
Inertes	6	4.8	0	3.65	14,45	3,61	0,01
Tallos	16.1	180.1	0	5.5	201,70	50,43	0,11
Ceniza	20.9	0	0	0	20,90	5,23	0,01
Guano de cuy	33.3	0	0	0	33,30	8,33	0,02
Restos de flores	6.4	0	0	0	6,40	1,60	0,00
Residuos inorgánicos	11.9	12.15	7	8	39,05	9,76	0,02
Menudencia	8.4	0	0	0	8,40	2,10	0,00
cuy muerto	0.5	0	0	0	0,50	0,13	0,00
Lana	6.1	0	0	0	6,10	1,53	0,00
Pelo	9.65	0	0	0	9,65	2,41	0,01
Carne	5.5	3.1	0	0	8,60	2,15	0,00
Visceras de pescado	0	24.7	0	0	24,70	6,18	0,01
Grasa de pollo	0	10.6	0	0	10,60	2,65	0,01
Flores	0	26.2	0	3.5	29,70	7,43	0,02
Hojas fruta	0	45.6	0	0	45,60	11,40	0,02
Grasa	0	2.9	0	0	2,90	0,73	0,00
Visceras	0	5.3	0	0.4	5,70	1,43	0,00
Cachos	0	4.5	0	0	4,50	1,13	0,00
Restos de Pescado	0	0	0	2.6	2,60	0,65	0,00
TOTAL	503	937.75	84.4	392.8	1913,4	478,35	100%

Figura 6: Caracterización de Residuos Sólidos Orgánicos



B. Densidad de residuos sólidos orgánicos domiciliarios.

La densidad se calculó con la fórmula:

$$\text{Densidad} = \text{masa} / \text{volumen}$$

Para ello es necesario tener un recipiente para calcular el volumen, en nuestro caso fue un cilindro y medimos la altura hasta cual llegaban los residuos.

Tabla 5: Densidad de los RSO

ZONA	DENSIDAD (kg/m³)	DENSIDAD (T/m³)	REPRESENTACION DE LA POBLACION
DOMICILIARIO	683,7105897	0,68371059	29.73
MERCADO	805,7898107	0,805789811	35.04
COMERCIO	596,7014328	0,596701433	25.95
I. EDUCATIV.	212,9665948	0,212966595	9.28
PROMEDIO	574.792107	0.57479211	

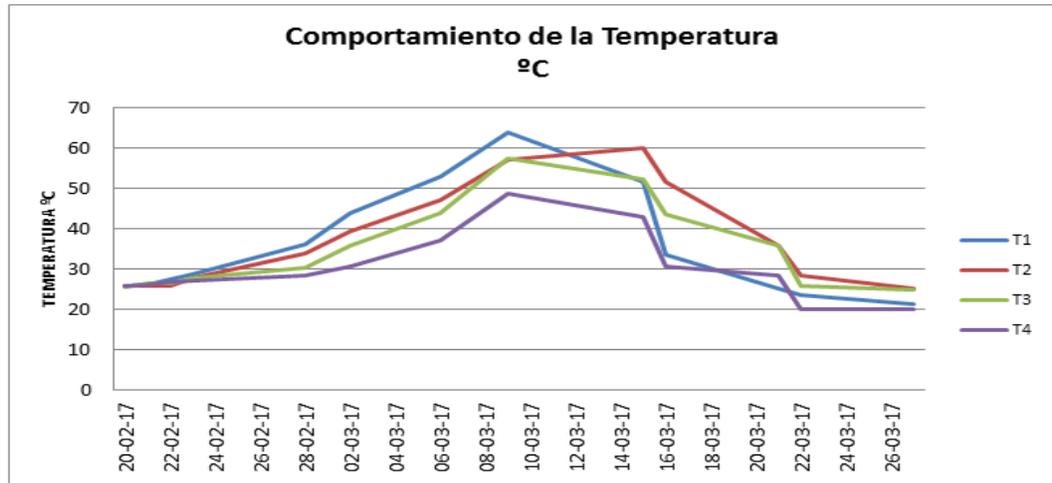
C. Medición de la Temperatura en las pilas de compostaje.

Tabla 6: Temperatura en las pilas de compostaje

FECHA	T1	T2	T3	T4
20-02-17	25,8	25,8	25,7	26,0
21-02-17	26,2	25,7	26,5	26,1
22-02-17	27,6	26,0	26,5	26,9
23-02-17	28,6	27,9	27,7	27,2
27-02-17	VOLTEO DE RUMAS			
28-02-17	36,3	34,0	30,5	28,3
02-03-17	44,1	39,4	35,9	30,7
06-03-17	53,1	47,3	44,0	37,2
07-03-17	VOLTEO DE RUMAS			
09-03-17	64,0	57,3	57,5	48,8
12-03-17	VOLTEO DE RUMAS			
15-03-17	51,8	60,0	52,4	43,1
16-03-17	33,8	51,8	43,5	30,7
21-03-17	25,1	36,0	35,8	28,5
22-03-17	23,5	28,5	26,0	20,0
16-04-17	21,4	25,3	25,0	20,0

En la Tabla 6 se muestra los promedios de la temperatura en °C monitoreados desde el 20 de febrero al 27 de marzo del presente (40 días), el control de la temperatura se ha realizado en un lugar cerrado, se han adecuado ciertas condiciones para controlar y aumentar la temperatura, con el objetivo de mejorar el proceso de compostaje con los microorganismos eficaces.

Figura 7: Medición de la temperatura en °C del compostaje



La figura 7 representa el comportamiento de los promedios de la temperatura para cada tratamiento, observándose que a las dos semanas se incrementa la T°, en el caso del T1 sobrepasando los 60°C (64°C), este mismo comportamiento se observa en los tratamientos T3 (52.4 °C) y T4 (48.75°C), sin embargo en el T2 se llega a los 60°C pero a las tres semanas.

D. Medición del pH

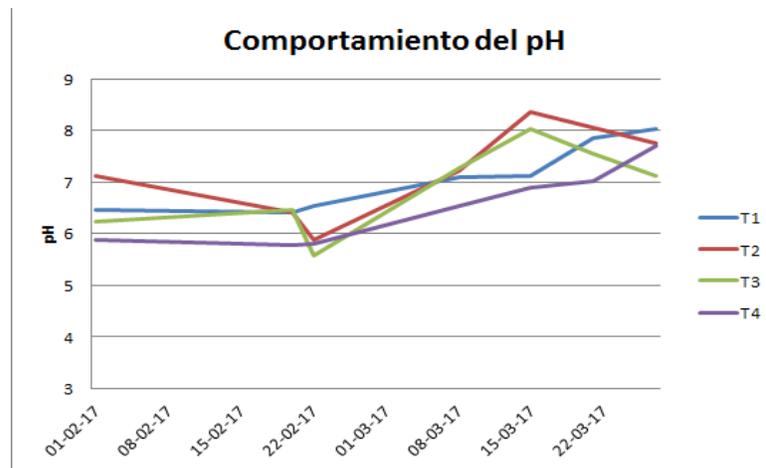
Tabla 7: Medición del pH

pH				
FECHA	T1	T2	T3	T4
20-02-17	6,40	6,40	6,47	5,77
21-02-17				
22-02-17	6,53	5,88	5,58	5,81
23-02-17				
28-02-17	6,45	7,13	6,23	5,89
02-03-17				
06-03-17	7,09	7,22	7,27	6,55
09-03-17				

15-03-17	7,12	8,37	8,02	6,89
16-03-17				
21-03-17	7,85	8,05	7,55	7,03
22-03-17				
16-04-17	8,02	7,75	7,12	7,69

Como se observa en la Tabla 7 la medición del pH en los diferentes tratamientos se ha realizado entre dos y cuatro días, debido a que la variación entre un día y otro no es significativa.

Figura 8: Comportamiento del pH



Como se observa en la figura 8, el pH en el T1 y en T4 se ha ido incrementando, sin embargo en el T2 y T3 en la tercera semana ha sobrepasado 8.0 y luego ha ido descendiendo.

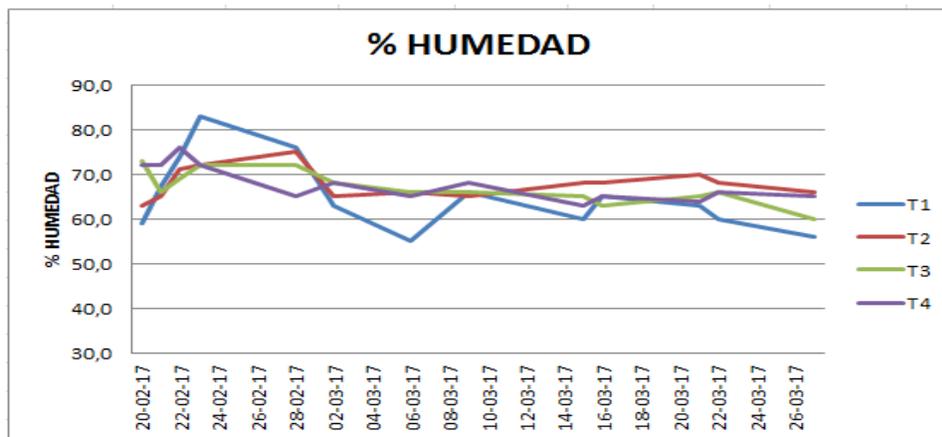
E. Medición de la Humedad

Tabla 8: Medición de la Humedad

FECHA	T1	T2	T3	T4
20-02-17	59,0	63,0	73,0	72,0
21-02-17	67,3	65,0	66,0	72,0
22-02-17	74,0	71,0	69,0	76,0
23-02-17	83,0	72,0	72,0	72,0
27-02-17	VOLTEO DE RUMAS			
28-02-17	76,0	75,0	72,0	65,0
02-03-17	63,0	65,0	68,0	68,0
06-03-17	55,0	66,0	66,0	65,0
07-03-17	VOLTEO DE RUMAS			
09-03-17	66,0	65,0	66,0	68,0
12-03-17	VOLTEO DE RUMAS			
15-03-17	60,0	68,0	65,0	63,0
16-03-17	65,0	68,0	63,0	65,0
21-03-17	63,0	70,0	65,0	64,0
22-03-17	60,0	68,0	66,0	66,0
16-04-17	56,0	66,0	60,0	65,0

Como se observa, la humedad en los diferentes tratamientos al inicio ha sido alta, en algunos sobrepasando el 83%, sin embargo conforme fueron pasando los días esta fue disminuyendo, debido a que la materia orgánica se va descomponiendo, generando lixiviados.

Figura 9: % de Humedad



F. Resultados obtenidos en laboratorio

Tabla 9: Resultados obtenidos en el laboratorio

Parámetro	ANALISIS DE COMPOST EM 1L - T1		ANALISIS DE COMPOST EM 500 ml - T2		ANALISIS DE COMPOST EM 300 ml + T3		ANALISIS DE COMPOST BK - T4	
	Mi 32 días	Mf 66 días	Mi 32 días	Mf 66 días	Mi 32 días	Mf 66 días	Mi 32 días	Mf 66 días
pH	6,70	6,84	6,41	6,71	6,52	6,71	5,97	6,72
C.E. dS/m	8,48	10,72	9,70	10,65	9,80	10,80	8,42	10,80
M.O. %	56,32	68,12	60,70	59,75	58,30	51,66	49,56	61,76
N %	2,22	2,56	2,18	2,49	2,22	2,76	1,48	2,52
P₂O₅ %	0,85	0,73	1,87	2,27	1,92	2,32	0,93	0,66
K₂O %	1,92	2,86	2,64	2,89	2,22	2,98	2,01	2,65
CaO %	3,21	5,85	4,97	5,25	4,92	5,63	3,78	5,31
MgO %	0,88	0,92	0,79	0,83	0,78	0,81	0,63	0,88
Hd %	78,00	76,52	77,89	76,95	77,20	77,45	68,12	78,88
Na %	0,42	0,46	0,32	0,40	0,28	0,33	0,23	0,31

4.2 Discusión de resultado

El proceso de elaboración del compost con diferentes dosis de EM fue de 66 días para cada uno de los tratamientos experimentales planteados, cabe precisar que el pH, temperatura y humedad ha sido monitoreados; asimismo a los 32 y 66 días ha sido enviado a la Universidad Agraria La Molina el compost de cada tratamiento y poder comparar que dosis de EM ha sido la que ha obtenido un compost de mejor calidad.

A. Análisis del pH en el compost

Figura 10; pH del compost

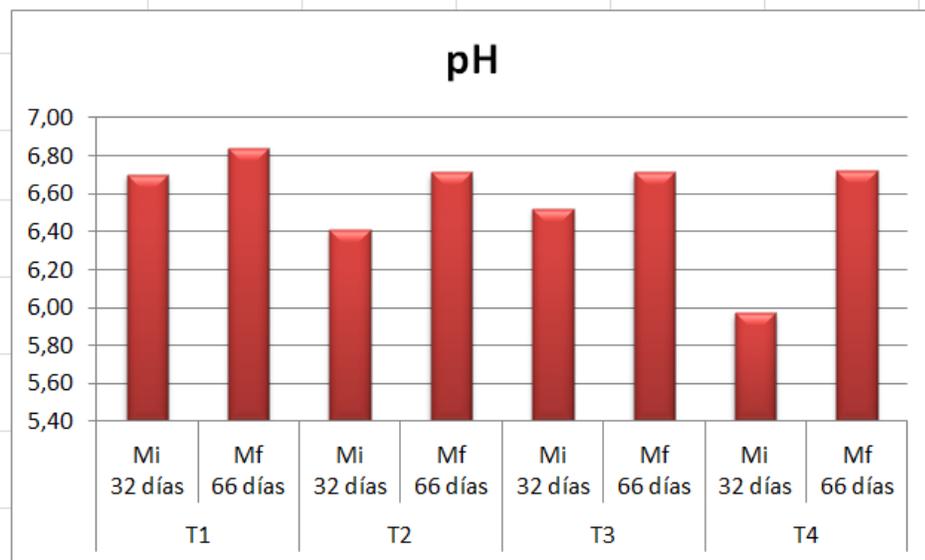


Tabla 10: pH en el proceso de compostaje

Parámetro	T1		T2		T3		T4	
	Mi 32 días	Mf 66 días						
pH	6,70	6,84	6,41	6,71	6,52	6,71	5,97	6,72

En los análisis obtenidos se observa que el pH se observa que en los primeros 32 días para los 4 tratamientos es menor (ligeramente ácido), en comparación a los 66 días, donde se incrementa el pH; sin embargo se encuentra dentro del rango de 6 y 7; siendo ideal ya que la población microbiana aun no es susceptible y no alcanza a llegar a la muerte por acidez o alta basicidad, porque las bacterias prefieren un medio casi neutro, mientras los hongos se desarrollan mejor en un medio ligeramente ácido.

B. Análisis de la Conductividad Eléctrica (dS/m)

Figura 11: C. E. en el compost

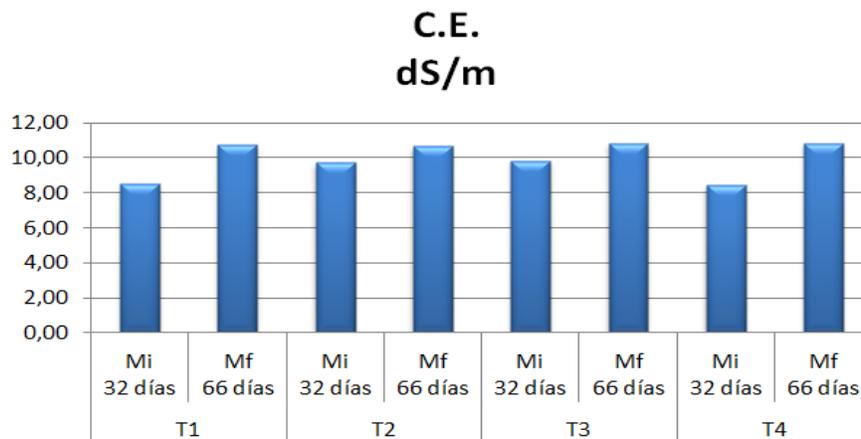


Tabla 11: C.E. en el compost

Parámetro	T1		T2		T3		T4	
	Mi 32 días	Mf 66 días						
C.E. dS/m	8,48	10,72	9,70	10,65	9,80	10,80	8,42	10,80

Como se observa en la Tabla 11 los resultados de la conductividad eléctrica obtenida para cada tratamiento el rango óptimo de 5 dS/m a 10 dS/m en los 32 días, siendo mayor de 10 dS/m a los 66 días, estos datos indican la presencia de sales solubles en el compost, los altos niveles de sales repercuten sobre la germinación de semillas y en el desarrollo general del cultivo, dependiendo de la tolerancia de los cultivos y del tipo de suelo a ser fertilizado. Para el caso de sustratos para cultivos debe manejarse un nivel de salinidad bajos.

Los resultados de C.E se obtienen en el T3 (300 ml de EM) y en el T4 (no se adicionó EM), esto indica que los EM contribuyen a controlar las sales solubles, manteniéndolas dentro del rango establecido.

C. Análisis de la Materia Orgánica

Figura 12: % M.O. en el compost

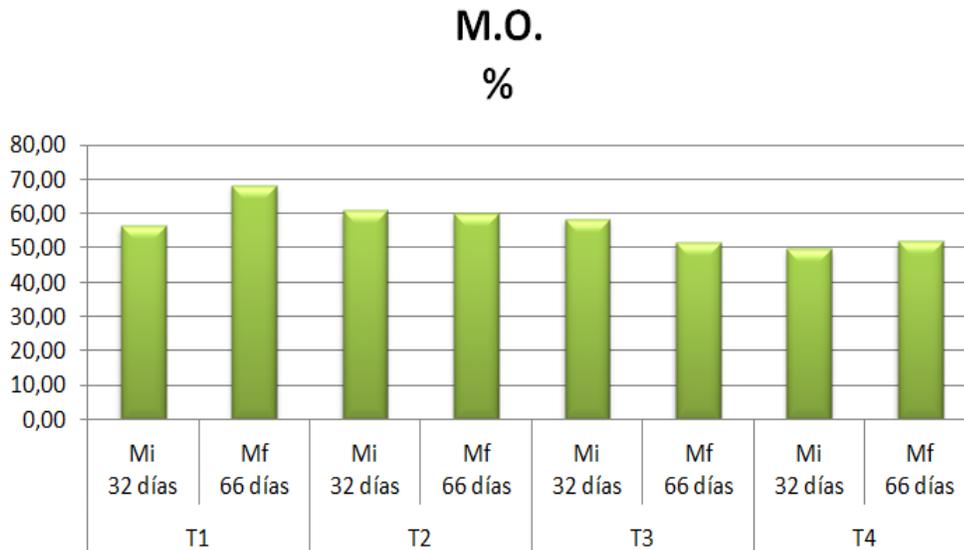


Tabla 12: % de M.O. en el compost

Parámetro	T1		T2		T3		T4	
	Mi 32 días	Mf 66 días						
M.O. %	56,32	68,12	60,70	59,75	58,30	51,66	49,56	51,76

En los resultados se observa que el % de materia orgánica es elevado, siendo más del 50%, esto debido a que los residuos orgánicos fueron caracterizados inicialmente, siendo los residuos de fibra vegetal triturados, esta reducción de tamaño de las partículas genera que exista mayor velocidad de descomposición debido al contacto de los EM con las partículas de la materia orgánica.

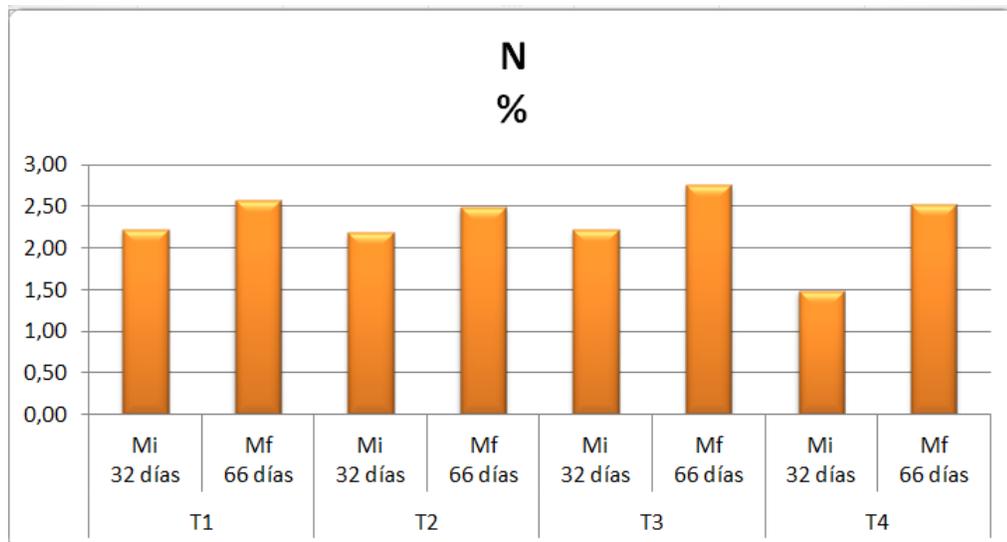
Los valores de materia orgánica más elevados se obtuvieron cuando se agregaron mayor cantidad de EM (T1) siendo a los 66 días 68.12% en comparación del T4 (blanco) que es de 51.76%; esto indica que el % de materia orgánica en el compost tiene una relación directa con la cantidad de EM inoculados en el proceso de compostaje.

D. Análisis del Nitrógeno

Tabla 13: Resultados del % de nitrógeno en el compost

Parámetro	T1		T2		T3		T4	
	Mi 32 días	Mf 66 días						
N %	2,22	2,56	2,18	2,49	2,22	2,76	1,48	2,52

Figura 13: % de Nitrógeno en el proceso de compostaje



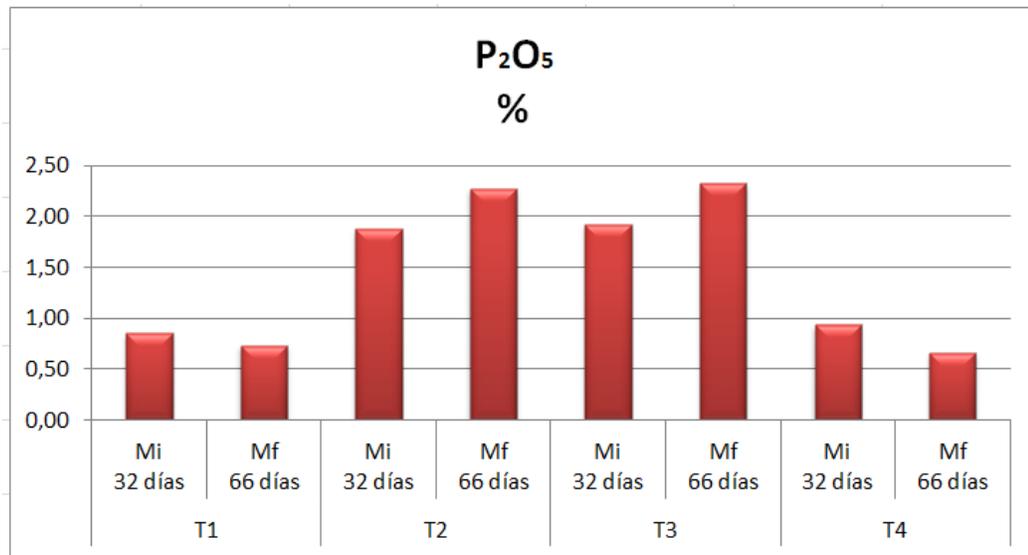
El comportamiento del % de nitrógeno en el proceso de compostaje obtenido para cada tratamiento se encuentra dentro del rango óptimo entre 0,4% a 3,5%, sin embargo en el Tratamiento 3 a los 66 días se tiene 2,76%, (el valor más alto) esto debido a que la actividad microbiana ha sido mayor actuando de manera simultánea con los microorganismos eficaces incrementando el % de nitrógeno.

E. Análisis del Fósforo

Tabla 14: Resultados del % de fósforo

Parámetro	T1		T2		T3		T4	
	Mi 32 días	Mf 66 días						
P2O5 %	0,85	0,73	1,87	2,27	1,92	2,32	0,93	0,66

Figura 14: % de fósforo en el proceso de compostaje



Según la tabla 14 se observa el % de fosforo presente en el proceso de compostaje obtenido para cada tratamiento el rango óptimo para este parámetro fluctúa entre 0,3% a 3,5% de tal manera que todos los tratamientos se encuentran dentro del rango, el fósforo fue notablemente afectado por la aplicación de microorganismos eficaces en todos los tratamientos, siendo mayor en el T2 y T3.

El incremento del fosforo se da con la actividad de microorganismos eficaces y la materia orgánica mantienen el porcentaje de fosforo en relación al nitrógeno, siendo estos esenciales para el desarrollo metabólico en el compostaje, el fosforo de los residuos orgánicos se encuentra fundamentalmente en formas de ácidos nucleicos, fosfolípidos y fitina.

CONCLUSIONES

La dosis óptima de microorganismos eficaces para el proceso de compostaje se demuestra en el T2 (500 ml de EM para 475 Kg, de materia orgánica) previamente caracterizada (teniendo en mayor porcentaje fibra vegetal dura, fibra de verduras, flores, tallo y otros).

La adición de EM en el T1, T2 y T3, indica que el proceso de descomposición del compost es a menor tiempo y se obtiene un mayor % de M.O y otros parámetros en comparación al T4 (blanco).

Al realizar la caracterización del compost producido, se tiene que en el T1, el compost tiene un pH, C.E, %N. % MO y % K ideales, dentro del rango, sin embargo no hay mucha variación con respecto al T2.

El proceso de formación del compost fue de 66 días, siendo el de mayor nutrientes el T2 y T3, sin tener una diferencia significativa con el T1.

Al finalizar el proceso de compostaje el pH alcanzado a los 66 días fue de 7.75. Los rangos de temperatura fueron de 25.7°C a 36.3°C (Etapa de latencia), 36.3°C a 53.1°C (Etapa mesotérmica I), 53.1°C a 64.0°C (Etapa termogénica) y por ultimo descendió hasta alcanzar los 20.0 °C (Etapa mesotérmica II). La humedad relativa no fue estable pero esta se mantuvo en un rango de 70% y 80%.

RECOMENDACIONES

Se recomienda mayor atención y cuidado en la etapa primaria de la elaboración del compost, el control de la T°, pH y humedad son parámetros que influyen en el proceso de compostaje.

Es importante considerar que además se debe evaluar la dinámica de las comunidades microbianas para definir si la aplicación de compostas tiene efecto positivo o negativo sobre la microbiota, ya que se sabe que hay diversos microorganismos, principalmente bacterias que crecen en simbiosis con las plantas y son necesarios para el buen desarrollo de las mismas

Seguir mejorando estos porcentajes de materia orgánica y microorganismos eficaces, utilizando sea: mejoradores y selección de otros materiales a compostar que brinden mejores alternativas de obtención de N, P, K. que irán en beneficio del área agrícola y del consumidor final.

Es importante considerar cual es el impacto ambiental de la generación de lixiviados por descomposición de materia orgánica.

BIBLIOGRAFÍA

1. Alvarado P. 2004. Producción de compostaje. Facultad de Agronomía Universidad de Chile. Consultado el 27 de mayo de 2009.
2. Moreno, J. 2008. Compostaje , Editorial Mundi-prensa Libros. Madrid España.
3. Añaños, R. Lozano, O. y Santa Cruz, Y. 2004. Elaboracion de Criterios Tecnicos de Calidad para la Evaluacion de Compost. Tesis ciclo Optativo de Profesionalizacion en Gestion de la Calidad y Auditoria Ambiental. UNALM.Peru.
4. Sheila N. Azurduy A. y Noel Ortuño C.2006. Evaluacion de Actividores Organicos para acelerar el proceso de compostaje de residuos solidos organicos en el Municipio de Quillacollo. En la Universidad Catolica de Bolivia San Pablo, Cochabamba Bolivia.
5. Rivero, C. 1999. Materia Organica del Suelo. Universidad Central de Venezuel. Facultad de Agronomia. Consultado el 31 de mayo de 2009.
6. Salas, M. paredes, O. castillo, C. Carlotto, V. Samanez, R. y Rojas, J. 1998. Cusco Medio Ambiente y Desarrollo Urbano, Editorial Universitaria UNSAAC. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Perú.
7. Jose, F. Uribe, Monica Estrada y Santiago Cordova. 2000. Grupo de Investigacion de Produccion Avicola, Facultad de Ciencias Agrarias, Universiada de Antioquia Medellin Colombia.
8. Peru Waste Innovation S.A.C. (PWI S.A.C.). (2011). Estudio de caracterizacion de residups solidos del distrito de comas. comas.
9. (NOM-083-SEMARNAT). (2003). Especificaciones de proteccion ambiental para la seleccion de sitio, diseño, construccion, operacion, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposicion final de residuos solidos urbanos y de manejo especial. Mexico: SEMERNAT.
10. Baca , G. (2007). Fundamentos de ingeniería económica. México: McGraw Hill.

- Bass, L., E., B. T., & A., P. M. (2006). *COMPOSTING A Guide to Managing Organic Yard Wastes*. North Carolina: Natural Resources.
- Berent, M., & Vedoya, D. (2006). *Modelo de gestión ambiental de residuos sólidos urbanos*. Buenos Aires: Universidad Nacional Del Nordeste.
- Biernbaum, J., & Fogiel, A. (2004). *Compost Production and Use*. Michigan : State University.
- Cófrece León, C. (2007). *Distintas tecnologías de tratamiento para los residuos ganaderos y de las industrias agroalimentarias aplicados al caso concreto de castilla y león*. España: Instituto Tecnológico Agrario.
- Dickerson, G. (2001). *College of Agriculture and Home Economics*. New Mexico: Vermicomposting State University.
- Graue, A. L. (2006). *Enfoque de negocios Microeconomía*. Labrador.
- INEI. (2007). *INEI*. Obtenido de INEI.
- legislatura., A. L. (2003). *Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal*.
- Ministerio de Agricultura, P. y. (2015). *La materia orgánica en los agrosistemas*. España: Ediciones Mundi-Empresa.
- Nirenberg, O. (2005). *Programación y evaluación de proyectos sociales: Aportes para la racionalidad y la transparencia*. Argentina: Paidós 1ra. Edición. .
- Ramos , S. C. (2006). *Biodegradación de asfaltenos del Prestige mediante la aplicación de las técnicas de compostaje-vermicompostaje*. España: Labrador.
- Ricaurte, S. (2005). *Compostaje en las granjas avícolas*.
- Rodríguez, M., & Córdova, A. (2006). *Manual de Compostaje Municipal*.
- Sztern, D., & Pravia, M. (2001). *Manual para la elaboración de compost bases conceptuales y procedimientos*. . Uruguay: Organización panamericana de la salud.
- Tavera, M. E., & Salinas, E. (2007). *Ponencia "La Competitividad del Nopal en Milpa Alta"*. Universidad Autónoma Chapingo.
- Terra, F. (2003). *Perspectiva Ambiental 29 Compostaje*. *Associació de Mestres Rosa Sensat*, 43.

ANEXOS

REGISTRO FOTOGRÁFICO

FOTO N°1: ENCUESTAS Y EMPADRONAMIENTO



FOTO N°2: IDENTIFICACION DE VIVIENDAS, COMERCIOS



FOTO N°3: ENTREGA DE BOLSAS PARA EL ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS



FOTO N°4: RECOJO DE LAS MUESTRAS



FOTO N°5: TRASLADO DE MUESTRAS A CEPASC



FOTO N°6: PESADO DE LAS MUESTRAS



FOTO N°7: DETERMINACION DE LA DENSIDAD



FOTO N°8: CARACTERIZACION FISICA DE LOS R.O.



FOTO N°09: APILAMIENTO DE LOS R.O.



FOTO N°11: FORMACIÓN DE LAS PILAS O RUMAS.



FOTO N°12: ACONDICIONAMIENTO DE LAS PILAS O RUMAS CON SUS RESPECTIVOS NOMBRES.



FOTO N°13: MEDICION DE LA ALTURA, TEMPERATURA Y HUMEDAD DE LAS PILAS DE RESIDUOS ORGÁNICOS



FOTO N°14: TOMA DE MUESTRA POR MÉTODO DEL CUARTEO



FOTO N°15: ROTULADO DE MUESTRA PARA SU ANÁLISIS

