



FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

TESIS

**“ELABORACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS
(COMPOST) REUTILIZANDO RESIDUOS SÓLIDOS
ORGÁNICOS DEL CULTIVO DE ZAPALLO EN EL
SECTOR AGRARIO DEL DISTRITO DE MEJÍA –
PROVINCIA DE ISLAY – DEPARTAMENTO DE
AREQUIPA”**

PRESENTADO POR EL BACHILLER

MARCO ANTONIO ZEGARRA BENIQUE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

LIMA - PERÚ

2017

DEDICATORIA

A mi madre María Bernique: gracias por el apoyo incondicional que siempre me brindaste, en los mejores y peores momentos por sobrellevar las cosas siempre con objetividad, alentándome para ser el mejor y por su gran amor.

A mi padre Marzo Zegarra: gracias por sus sabios consejos y perseverancia que me enseñaste a no declinar en ningún aspecto de la vida siempre saliendo adelante con la cabeza en alto y por su gran amor.

A mis familiares: A mi abuelo Daniel Benique quien siempre está al pendiente mío apoyándome incondicionalmente, a mi hermana Adriana y hermano Fernando quienes siempre me motivaron y no dejaron de lado, a mi tío Iván Benique que con su apoyo estoy incursionando en mi carrera profesional y todas las personas que participaron directamente e indirectamente.

A mis amigos: que siempre estaremos ahí para apoyarnos en todos los aspectos de la vida Fredt Carreón, Luiguert del Carpio, Cesar Luque, Kevin Cano, Yajaira Núñez, Kevin Suarez, por compartir los buenos y malos momentos.

Todos aquellos familiares y amigos que no recordé al momento de escribir esto. Ustedes saben quiénes son.

¡Gracias a ustedes!

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a mis padres que han dado todo el esfuerzo para que yo ahora este culminando esta etapa de mi vida y darles las gracias por apoyarme en todos los momentos de la vida como la felicidad y tristeza siempre estuvieron junto a mí y es por eso que soy lo que ahora soy y con el esfuerzo de ellos y mi esfuerzo ahora puedo ser una gran profesional y seré un gran orgullo para ellos y para todos aquellos que confiaron en mí.

RESUMEN

Para disminuir el deterioro ambiental y precautelar la salud humana es importante utilizar abonos orgánicos como métodos de fertilización alternativa de los cultivos, para esto es necesario realizar campañas de concienciación sobre la importancia del uso de abonos orgánicos.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal, la elaboración de abonos orgánicos reutilizando los residuos sólidos orgánicos por el cultivo de zapallo en el sector agrario del Distrito de Mejía - Provincia de Islay – Departamento de Arequipa. Se instalaron cuatro pilas de compostaje de estos materiales denominados “tratamientos”.

La metodología de compostaje utilizada, se basó en un proceso aeróbico de dos meses. Se realizaron volteos semanales de forma manual, una humedad óptima y medición de temperatura tres veces por semana.

El autor

ABSTRACT

To reduce environmental deterioration and to protect human health, it is important to use organic fertilizers as alternative fertilizer methods for the crops, for this it is necessary to carry out awareness campaigns on the importance of the use of organic fertilizers.

The present research work has as main objective, the elaboration of organic fertilizers reusing organic solid waste by the cultivation of pumpkin in the agrarian sector of the District of Mejía - Province of Islay - Department of Arequipa. Four compost piles of these materials called "treatments" were installed.

The composting methodology used was based on a two-month aerobic process. Manual volteos were performed weekly, optimum humidity and temperature measurement three times per week.

The Author

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas que enfrentan los agricultores en la actualidad es el alto costo de los insumos externos como fertilizantes sintéticos y agroquímicos, que además causan serios problemas de contaminación ambiental.

Una alternativa sostenible para los agricultores es la producción abonos orgánicos a partir de residuos sólidos orgánicos y estiércol de animales, ya que estos cuentan con un inadecuado manejo y una mala disposición final. El compostaje es un proceso dirigido y controlado de mineralización y pre-humificación de la materia orgánica.

El Compost, es un abono orgánico de alta calidad que sirve para recuperar y/o mejorar la fertilidad de los suelos agrícolas. Sin embargo es importante conocer y aplicar muy bien la técnica para elaborar compost a partir de residuos sólidos orgánicos, porque de ello depende la calidad del producto final y evita que durante el mismo procesamiento de los desperdicios ocurran problemas ambientales tales como malos olores y la proliferación de moscas.

El autor

ÍNDICE

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
INTRODUCCIÓN	v

CAPÍTULO I

PLANEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.	Descripción de la realidad problemática	01
1.1.1.	Caracterización del problema	01
1.1.2.	Definición del problema	01
1.2.	Formulación del problema	02
1.2.1.	Problema general	02
1.2.2.	Problemas específicos	02
1.3.	Objetivo de la investigación	02
1.3.1.	Objetivo general	02
1.3.2.	Objetivos específicos	02
1.4.	Justificación de la investigación	03
1.4.1.	Justificación Teórica	03
1.4.2.	Justificación Metodológica	03
1.4.3.	Justificación Práctica	04
1.5.	Importancia de la investigación	04
1.6.	Limitaciones de la Investigación	05

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.	Marco referencial	06
2.1.1.	Antecedentes de la Investigación	06

2.1.2. Referencias históricas	07
2.2. Marco legal	08
2.3. Marco conceptual	09
2.4. Marco teórico	15
2.4.1. Concepto del compost	15
2.4.2. Abono orgánico	15
2.4.3. El compostaje	16
2.4.4. Funcion del compostaje	16
2.4.5. Calidad de los materiales para el compostaje	17
2.4.6. El compost como producto final	17
2.4.7. Sistemas de compostaje	18

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo y nivel de la Investigación	23
3.1.1. Tipo de Investigación	23
3.1.2. Nivel de Investigación	23
3.2. Método de la Investigación	23
3.3. Diseño de investigación	23
3.4. Hipótesis de la investigación	24
3.4.1. Hipótesis general	24
3.4.2. Hipótesis específicas	24
3.5. Variables de la Investigación	24
3.5.1. Variable independiente	24
3.5.2. Variable dependiente	25
3.6. Área de estudio	25
3.6.1. El distrito de Mejía	25
3.6.2. Población	25
3.6.3. Ubicación Geográfica	26
3.7. Cobertura del estudio de la investigación	27
3.7.1. Universo	27
3.7.2. Población	27

3.7.3. Muestra	27
3.7.4. Muestreo	27
3.8. Técnicas, instrumentos y fuentes de recolección de datos	27
3.8.1. Técnicas de la Investigación	27
3.8.2. Instrumentos de la Investigación	28
3.8.3. Fuentes de Recolección de Datos	28

CAPÍTULO IV

ORGANIZACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Presentación de Resultados	30
4.1.1. Descripción de los materiales a utilizar para el trabajo de investigación.	30
4.1.2. Metodología utilizada para la construcción de las pilas de compostaje	32
4.2. Resultados Parciales	41
4.3. Resultados Generales	44
4.4. Discusión de Resultados	45
CONCLUSIONES	47
RECOMENDACIONES	48
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.

1.1.1. Caracterización del problema.

El inadecuado manejo de los residuos sólidos orgánicos generados por el sector agrario del Distrito de Mejía – Provincia de Islay – Departamento de Arequipa, tiene una mala disposición final y esta genera contaminación por incineración o acumulación de los residuos sólidos orgánicos, creando puntos infecciosos y contaminando el medio ambiente.

1.1.2. Definición del Problema.

Los residuos orgánicos generados en el sector agrario ocasionan problemas. Si son acumulados y almacenados inadecuadamente forma un hábitat de transmisores de enfermedades, causando malos olores y contribuyendo con la contaminación. El proyecto trata sobre el compostaje, proceso por el cual los residuos vegetales y estiércol de animales son tratados y se descomponen dando como resultado un abono orgánico (compost) que permite mantener la fertilidad de las tierras de cultivo, con excelentes resultados para utilizar en tierras agrícolas, jardines y evitar el uso de fertilizantes químicos.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

1.2.1. Problema General.

¿Se podrán elaborar abonos orgánicos (compost) reutilizando residuos sólidos orgánicos del cultivo de zapallo en el sector agrario del Distrito de Mejía – Provincia de Islay – Departamento de Arequipa?

1.2.2. Problemas Específicos.

- ¿Se podrá determinar la cantidad del compost en los cuatro tratamientos?
- ¿Se podrá determinar el análisis de la temperatura del compost en los cuatro tratamientos?

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.

1.3.1. Objetivo General.

Elaboración de abonos orgánicos (compost) reutilizando los residuos sólidos orgánicos del cultivo de zapallo en el sector agrario del distrito de Mejía - Provincia de Islay – Departamento de Arequipa.

1.3.2. Objetivos Específicos.

- Determinar la cantidad del compost en los cuatro tratamientos.
- Determinar el análisis de la temperatura del compost en los cuatro tratamientos.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

1.4.1. Justificación Teórica.

La materia orgánica es uno de los componentes del suelo, en pequeña porción, formada por los restos vegetales y animales que por la acción de la microbiota del suelo son convertidos en una materia rica en reservas de nutrientes para las plantas, asegurando la disponibilidad de macro y micro nutrientes. Cuando son agregados restos orgánicos de origen vegetal o animal, los microorganismos del suelo transforman los compuestos complejos de origen orgánico en nutrientes en forma mineral que son solubles para las plantas; pero este proceso es lento, por lo tanto la materia orgánica no representa una fuente inmediata de nutrientes para las plantas, sino más bien una reserva de estos nutrientes para su liberación lenta en el suelo.

1.4.2. Justificación metodológica.

La descomposición o mineralización de los residuos orgánicos por los microorganismos del suelo es netamente un proceso oxidativo.

Una vez oxidada, lo que queda de la materia orgánica ha sido definida como humus, que es un material oscuro, heterogéneo y coloidal.

De la energía liberada, una parte es usada por los microorganismos y el resto se queda entre los residuos o es disipada como calor. Los nutrimentos liberados son esenciales para el crecimiento de las plantas y absorbidos a través de su sistema radical.

1.4.3. Justificación Práctica.

El compost orgánico puede darnos muchos beneficios, dado que sirve como un acondicionador de suelos con características húmicas, con ausencia de microorganismos patógenos y malezas que pueden atacar a las plantas, además las ayuda en su crecimiento y las hace resistentes a las enfermedades que las puedan atacar.

Las plantas pueden crecer en casi todo tipo de suelo, y como la fertilidad del suelo tiene una relación directa con la cantidad de materia orgánica que ésta pueda contener, es indispensable suministrarle cantidad de materia orgánica al suelo, debido a que con el tiempo, éste pierde grandes cantidades de materia orgánica y nutrientes que le sirven a la planta para aumentar su productividad.

Hay que tener en cuenta que si solamente se le adiciona al suelo fertilizantes químicos y no orgánicos, esto con el tiempo traería como consecuencia un empobrecimiento de la tierra de cultivo, y las raíces de las plantas no tendrían los nutrientes suficientes para absorber, creciendo débiles, por lo que sufrirían de ataques de plagas.

1.5. IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

El presente proyecto es importante debido al aprovechamiento que se le puede dar a los residuos sólidos orgánicos del sector agrario del Distrito de Mejía, para la conservación del medio ambiente, la recuperación de los suelos de cultivo agrícola dañado por el uso de fertilizantes químicos, herbicidas e insecticidas que lo degradan; contaminan los alimentos que se producen ya que dejan residuos que

son tóxicos para la salud humana y la reutilización de los residuos sólidos orgánicos para la elaboración de abonos orgánicos (compost); los cuales estimulan la diversidad y actividad microbiana en el suelo, lo que permite mejorar su estructura, la estabilidad de sus componentes, su porosidad ayuda a la filtración del agua y el crecimiento de las raíces contenidas en éste. Evitando el inadecuado manejo de los residuos sólidos orgánicos en el sector agrario del distrito de Mejía.

1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.

- La carencia de proyectos de investigación relacionados al manejo de residuos sólidos orgánicos en el sector agrario del Distrito de Mejía – Provincia de Islay – Departamento de Arequipa.
- La falta de proyectos de investigación sobre residuos sólidos orgánicos por parte de la Municipalidad Distrital de Mejía para el sector rural y urbano. Solo cuentan con la recolección de residuos sólidos en el sector urbano y rural; pero no se les da una disposición final correcta.
- La escasez de proyectos de investigación de manejo de residuos sólidos orgánicos por parte de la Municipalidad Provincial de Islay. Cabe señalar que solo cuentan con la recolección de residuos sólidos en el sector urbano y una campaña de recolección en la fuente.
- No hay antecedentes sobre proyectos de investigación respecto a la elaboración de abonos orgánicos por alguna otra entidad existente en el Distrito de Mejía.
- Que los agricultores sigan con la propuesta de investigación de este proyecto para la elaboración del compost.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO REFERENCIAL.

2.1.1. Antecedentes de la investigación.

En el año 2006, el Ministerio de Agricultura del Perú, realizó el informe de técnicas de modernización de agricultura costeña y serrana donde evaluó el impacto de los abonos orgánicos en los suelos y su implicación con el aumento de la productividad de algunos cultivos de tallo largo, concluyo que para el desarrollo de una agricultura sostenible se hace necesario la aplicación de los abonos orgánicos que disminuye el costo de inversión y encamina una agricultura ecológica sostenible.

El desarrollo de la técnica de abonos orgánicos a gran escala tiene su origen en la india con las experiencias llevadas a cabo por el inglés Albert Howard desde 1905 a 1947. Su éxito consistió en combinar sus conocimientos científicos con los tradicionales de los campesinos. Su método llamado Método Indore se basa en fermentar una mezcla de desechos vegetales y excrementos animales y humedecerla periódicamente.

Por lo cual se han realizado las siguientes investigaciones relacionadas al trabajo realizado, las cuales son:

- **Universidad de Piura - Facultad de Ingeniería. (2002).**
“Compostación de los residuos sólidos orgánicos generados en la Universidad de Piura”.

- **Escuela de Ingeniería de los Recursos Naturales y del Ambiente (EIDENAR). Universidad del Valle - Facultad de ingeniería. (2008).**
“Recuperación de nutrientes en fase sólida a través del compostaje”.
- **Escuela Politécnica del Ejército – Departamento de Ciencias de la Vida Ingeniería en Biotecnología. (2009).**
“La calidad del suelo y del compost del parque de Itchimbía en su proceso de recuperación”.
- **Universidad de Córdoba - Facultad de Ciencias – Departamento de Química Inorgánica e Ingeniería Química. (2008).**
“Estudio y desarrollo de técnicas respirométricas para el control de la estabilidad del compost”.
- **Programa de Apoyo Profesional para la Inserción Laboral en el Perú. (2007).**
“Manual para la producción de compost con microorganismos eficaces”.

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. (Chung, 2003).

Sir Albert Howard, agrónomo inglés, 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.

Gladis Monje Talavera (1994), 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.

Según FAGRO (2000), 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 y enfermedades.

Mariano Bueno (2004), en su libro Cómo hacer un buen compost, ha realizado una recopilación de los diferentes

sistemas para elaborar el compost. Además, describe los sistemas sencillos para elaborar pequeñas huertas, llegando hasta los balcones y terrazas del entorno urbano.

2.2. MARCO LEGAL.

- Constitución política del Perú, año 1993.
- Código del medio ambiente y los recursos naturales. Decreto Legislativo N° 613.
- Ley general de salud. Ley N° 26842.
- Ley general de residuos sólidos. Ley N° 27314.
- Ley orgánica de gobiernos regionales. Ley N° 27867.
- Ley que modifica la ley orgánica de gobiernos regionales N° 27867, para regular la participación de los alcaldes provinciales y la sociedad civil en los gobiernos regionales y fortalecer el proceso de descentralización y regionalización. Ley N° 27902.
- Ley orgánica de municipalidades. Ley N° 27972.
- Ley del Consejo Nacional del Ambiente. Ley N° 26410.
- Ley marco del sistema nacional de gestión ambiental. Ley N° 28245.

2.3. MARCO CONCEPTUAL.

- 1) **Acopio:** La acción tendiente a reunir residuos sólidos en un lugar determinado y apropiado para su recolección, tratamiento o disposición final.
- 2) **Abono:** Sustancia que contiene cantidades apreciables de uno o más de los elementos químicos indispensables para la vida vegetal.

- 3) **Abono orgánico:** Es un fertilizante que proviene de animales, humanos, restos vegetales de alimentos u otra fuente orgánica y natural.
- 4) **Aerobio:** Un organismo aerobio es aquel que requiere la presencia del oxígeno libre en el ambiente para sobrevivir. La transformación aerobia, o fermentación aerobia, de la materia orgánica consiste en su degradación en presencia de oxígeno por medio de bacterias, produciendo principalmente dióxido de carbono, agua y otros componentes.
- 5) **Almacenamiento o almacenaje:** El depósito temporal de los residuos sólidos en contenedores previos a su recolección, tratamiento o disposición final.
- 6) **Ambiente:** Es cualquier espacio de interacción y sus consecuencias, entre la sociedad y la naturaleza, en un lugar y momento determinados.
- 7) **Anaerobio:** Un organismo anaerobio es aquel que no requiere la presencia de oxígeno atmosférico para sobrevivir. La transformación anaerobia, o fermentación anaerobia, de la materia orgánica consiste en su degradación en ausencia de oxígeno por medio de bacterias, produciendo el denominado biogás, que es una mezcla de múltiples componentes, donde predomina el metano.
- 8) **Bacterias:** Clase de microorganismos unicelulares, cuyas diversas especies causan las fermentaciones, enfermedades o descomposición de las materia orgánica, por lo que intervienen de modo indispensable en la producción del compost.

- 9) **Biodegradable:** Es la cualidad que indica que algo puede ser descompuesto por la acción de seres vivos. La biodegradabilidad de los materiales depende de lo que estén constituidos.
- 10) **Biogás:** Mezcla de gases resultantes de la descomposición de la materia orgánica realizada por acción bacteriana en condiciones anaerobias (sin oxígeno). Se recoge mediante un sistema de tuberías y pozos de captación. Los gases más abundantes producidos son el dióxido de carbono, el metano, siendo aprovechable éste último para obtener energía eléctrica.
- 11) **Compost:** Producto obtenido mediante el proceso de compostaje. El compost (a veces también se le llama abono orgánico) es el producto que se obtiene del compostaje, y constituye un "grado medio" de descomposición de la materia orgánica, que ya es en sí un buen abono.
- 12) **Compostaje:** Reciclaje completo de la materia orgánica mediante el cual ésta es sometida a fermentación controlada (aerobia) con el fin de obtener un producto estable, de características definidas y útil para la agricultura.
- 13) **Contaminación:** Alteración reversible o irreversible de los ecosistemas o de alguno de sus componentes producida por la presencia o la actividad de sustancias o energías extrañas a un medio determinado. La presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o de cualquier combinación de ellos que cause desequilibrio ecológico. Puede clasificarse en:
- **Origen químico:** Productos tóxicos minerales, como sales de hierro, plomo, mercurio, ácidos, derivados del petróleo, insecticidas, detergentes, abonos sintéticos, etc.

- **Origen físico:** Productos y emanaciones radioactivas, materias sólidas, vertimiento de líquidos a altas temperaturas o bajas temperaturas, etc.
 - **Origen biológico:** Por desechos orgánicos en descomposición. Existe un tipo de contaminación ambiental cuyo origen se sitúa en las conductas antisociales de algunos humanos y que afecta no solamente el medio natural sino la vida en comunidad.
- 14) 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.
- 15) Emisión:** Sustancia en cualquier estado físico liberada de forma directa o indirecta al aire, agua, suelo o subsuelo.
- 16) Fermentación:** Transformación de compuestos orgánicos en compuestos más simples y/o inorgánicos por la acción de microorganismos.
- 17) Incineración de residuos:** Proceso de combustión controlada que transforma la fracción orgánica de los residuos sólidos en materiales inertes (cenizas) y gases. No es un sistema de eliminación total, pues genera cenizas, escorias y gases, pero supone una importante reducción de peso y volumen de los residuos originales.
- 18) Lixiviados:** Los líquidos que se forman por la reacción, arrastre o filtrado de los materiales que constituyen los residuos sólidos y que contienen sustancias en forma disuelta o en suspensión que pueden infiltrarse en los suelos o escurrirse fuera de los sitios en

los que se depositen residuos sólidos y que puede dar lugar a la contaminación del suelo y de cuerpos de agua.

- 19) **Materia orgánica:** está compuesta por residuos animales o vegetales. Se trata de sustancias que suelen encontrarse en el suelo y que contribuyen a su fertilidad. De hecho, para que un suelo sea apto para la producción agropecuaria, debe contar con un buen nivel de materia orgánica: de lo contrario, las plantas no crecerán.
- 20) **Materias primas:** Sustancias que permanecen en su estado natural u original, antes de ser sometida a un procesamiento o proceso de fabricación. Materiales primarios de un proceso de fabricación.
- 21) **Medio Ambiente:** Marco animado e inanimado en el que se desarrolla la vida de los seres vivos. Abarca seres humanos, animales, plantas, objetos, agua, suelo, aire y las relaciones entre ellos, así como los valores de estética, ciencias naturales e histórico culturales.
- 22) **Minimización:** El conjunto de medidas tendientes a evitar la generación de los residuos sólidos y aprovechar, tanto sea posible, el valor de aquellos cuya generación no sea posible evitar.
- 23) **Orgánico:** Perteneciente o derivado de los organismos vivos. Que pertenece a los compuestos químicos que contienen Proceso carbono.
- 24) **Reaprovechamiento de los residuos:** Conjunto de acciones cuyo objetivo es recuperar el valor económico de los residuos mediante su reutilización, rediseño, reciclado y recuperación de materiales secundados o de energía.

- 25) Reciclable:** Materiales que todavía tienen propiedades físicas o químicas, útiles después de servir a su propósito original y que, por lo tanto pueden ser reutilizados o refabricados convirtiéndolos en productos adicionales.
- 26) Reciclaje:** Consiste en la transformación de los residuos, dentro de un proceso de producción, para su fin inicial o para otros fines, incluido el compostaje; pero no la incineración con o sin recuperación energética.
- 27) Recolección:** La acción de recibir los residuos de sus generadores y trasladarlos a las instalaciones para su transferencia, tratamiento o disposición final.
- 28) Recuperación:** Un residuo recuperado pierde en este proceso su carácter de "material destinado a su abandono", por lo que deja de ser un residuo propiamente dicho, y mediante su nueva valoración adquiere el carácter de "materia prima secundaria".
- 29) Relleno sanitario:** La obra de infraestructura que aplica métodos de ingeniería para la disposición final de los residuos sólidos ubicados en sitios adecuados al ordenamiento ecológico, mediante el cual los residuos sólidos se depositan y compactan al menor volumen práctico posible y se cubren con material natural o sintético para prevenir y minimizar la generación de contaminantes al ambiente y reducir los riesgos a la salud.
- 30) Residuo orgánico:** Todo material en estado sólido, líquido o gaseoso, ya sea aislado o mezclado con otros, resultante de un proceso de extracción de la naturaleza, transformación, fabricación o consumo, que su poseedor decide abandonar.

- 31) Residuos sólidos:** En función de la actividad en que son producidos, se clasifican en agropecuarios (agrícolas y ganaderos), forestales, mineros, industriales y urbanos. A excepción de los mineros, por sus características de localización, cantidades, composición, etc., los demás poseen numerosos aspectos comunes desde el punto de vista de la recuperación y reciclaje.
- 32) 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.
- 33) Tratamiento:** Conjunto de operaciones por las que se alteran las propiedades físicas o químicas de los residuos.
- 34) Tratamiento biológico:** El tratamiento que se enfoca básicamente a los residuos orgánicos, como material orgánico o los residuos del jardín.

2.4. MARCO TEÓRICO.

2.4.1. Concepto del compost:

El compost es un abono orgánico que resulta de la degradación de los residuos orgánicos tanto vegetales como animales, transformados por la micro flora y la micro fauna del suelo en una sustancia que mejora la estructura y la estabilidad de la tierra. El compost tiene una particularidad especial respecto a los

fertilizantes tradicionales, y es que sólo puede ser obtenido de una manera natural, utilizando los residuos que comúnmente botamos y ayudando a la no contaminación del medio ambiente.

El compost orgánico otorga muchos beneficios, debido a que es un acondicionador de suelos con características húmicas, no contiene microorganismos patógenos, por lo que puede ser manejado y almacenado sin riesgo. Es muy beneficioso para el crecimiento de las plantas, ya que sirve como fuente de materia orgánica para ayudar a la formación de humus en el suelo, y mejorar el crecimiento de los cultivos en la agricultura.

2.4.2. Abono orgánico:

Son todos aquellos productos que poseen de una manera equilibrada los micronutrientes necesarios para las actividades bioquímicas de las plantas, también poseen grandes cantidades de microorganismos, dado que todos ellos provienen mayormente de insumos totalmente orgánicos procedentes de los campos.

En general, los abonos orgánicos se clasifican en dos tipos:

- **Abonos orgánicos sólidos:** Compost, humus de lombriz, abonos verdes.
- **Abonos orgánicos líquidos:** Biol, té de humus, té de compost.

2.4.3. El compostaje:

El compostaje es un proceso de descomposición bioquímica, mediante el cual, diversos sustratos orgánicos se degradan y se estabilizan debido a la acción de una elevada población de

microorganismos aerobios como anaerobios, obteniendo un producto estable llamado compost. El proceso de compostaje reduce considerablemente los agentes patógenos, los cuales pueden ser dañinos para los humanos como para los animales y vegetales.

2.4.4. Función del compostaje:

La función principal del compostaje es convertir los residuos orgánicos putrescibles a materiales estables y libres de organismos patógenos que puedan afectar a los seres humanos, siendo capaz de eliminar insectos, huevos de larvas y enfermedades que puedan tener las plantas.

El compostaje también contribuye a los procesos de secado de materiales orgánicos de naturaleza húmeda, como son los lodos de plantas de tratamiento de aguas residuales, domésticas o industriales, mejorando su manejo y disposición final.

2.4.5. Calidad de los materiales para el compostaje:

El material seleccionado para ser utilizado en el proceso de compostaje es un factor importante respecto a la calidad del producto final a obtenerse, siendo necesario analizar los materiales que se van a compostar para poder establecer las características. Se debe de buscar obtener mezclas óptimas con materiales de diferente origen, de tal forma que contengan características complementarias para conseguir un equilibrio

que favorezcan el proceso, permitiendo conseguir una mejor calidad del compost.

En general, se debe de aprovechar todo material declarado como materia orgánica fresca, ser sometidos a procesos de transformación que aseguren su estabilización agronómica tales como el compostaje o la fermentación.

2.4.6. El compost como producto final:

El compost no es considerado un fertilizante, pero puede ser comparado como abono orgánico de alta calidad suficiente para la mejora de tierras pobres, por lo que aporta materia orgánica, retiene el agua y libera gradualmente los nutrientes, trayendo grandes beneficios a largo plazo con la mejora de los cultivos.

Cuando se agrega el compost al suelo, éste lo renueva y aumenta su vida, al promover la proliferación de microorganismos que participan en los procesos de humificación, incrementando la retención de agua, ayudando a optimizar los sistemas de riego y evitando que pueda haber sequías.

El compost también favorece a la porosidad del suelo, ya que permite el mejoramiento de la aireación y reduce la contaminación.

2.4.7. Sistemas de compostaje.

Se han diseñado distintas formas de realizar el compostaje, algunas de ellas difieren significativamente unas de otras. Los

distintos sistemas de compostaje pretenden conseguir una aireación óptima.

Se debe de tratar de eliminar los microorganismos patógenos durante el proceso, ya que muchos de los residuos a compostar pueden contenerlos, por lo que se considera un sistema efectivo aquel que logre transformar gran parte de la materia orgánica contenida en los residuos.

Se pueden distinguir dos tipos de sistemas:

- Abiertos.
- Cerrados.

2.4.7.1. Sistemas abiertos o pilas de compostaje

Se basan en la formación de pilas, agrupando los residuos en montones. Si los montones ocupan superficies aproximadamente cuadradas, se denominan mesetas. Los materiales a compostar se deben de apilar sin que se compriman mucho, para permitir que el aire quede retenido, las pilas deben ser aireadas por volteo o ventilarlos por aireación a través de un sistema de distribución de aire.

Dentro de los sistemas abiertos se distinguen:

a) Pilas estáticas (sin volteos).

En este sistema de compostaje no se realizan volteos en las pilas. El aire necesario para el proceso se suministra por medio de la introducción de aire a presión.

b) Pilas dinámicas (con volteos).

En este sistema la mezcla de materiales se coloca en pilas, en grandes filas paralelas, ya que es la altura y el ancho los que definen la formación de éstas.

Si el montón es muy alto, el material puede comprimirse por su propio peso y este fenómeno puede dar lugar a que el proceso esté en condiciones anaerobias, sin embargo, pilas muy bajas pueden provocar una pérdida de calor demasiado rápida y hacer que no se pueda llegar a las temperaturas termófilas o pueden provocar una excesiva pérdida de humedad.

La frecuencia de los volteos depende del tipo de material, de la humedad y la rapidez con que interesa llevar a cabo el compostaje. Si el intervalo de tiempo entre volteos es grande, la escasez de oxígeno puede hacer que se necesite más tiempo para llegar al final del proceso, pero si el intervalo de tiempo es pequeño, afectaría el desarrollo de algunos de los microorganismos que intervienen en el proceso.

Es recomendable que los volteos se realicen con alta frecuencia, sobre todo al principio, ello intensifica la actividad de los microorganismos en el periodo de descomposición más activa y reduce el tiempo de compostaje.

2.4.7.2. Sistemas cerrados o reactores

Se basa en la utilización de un reactor o digestor. Son sistemas que tienen unos costos de instalación superiores al de las pilas, pero tienen la ventaja de poder controlar las condiciones necesarias permitiendo la aceleración del proceso, además se necesita de menos espacio para trabajar con el mismo volumen los residuos a compostar. El compost producido en el interior del reactor no alcanza un correcto estado de estabilidad, por lo que se le somete a un proceso de compostaje en pilas en la etapa de maduración (etapa final) de este proceso.

Dentro de los sistemas cerrados se distinguen:

a) Los contenedores o reactores verticales.

Miden entre 4 m y 9 m de alto, en este sistema el proceso es difícil de controlar, dado que resulta complicado mantener uniforme la proporción de oxígeno para la masa de material a degradar, la parte baja de la masa es por donde se inyecta el aire, ocasionando que se enfríe demasiado esa zona, la parte superior queda con frecuencia insuficientemente aireada.

b) Los tambores o reactores horizontales.

Son cilindros de acero para el compostaje y la rotación es intermitente, su principal función es la diferenciación de componentes de los residuos por medios biológicos y físico-químicos. El tiempo de retención en el reactor oscila entre 1 día y 2 días, lo

que no es suficiente para un verdadero compostaje, permitiendo solo una iniciación del proceso.

La principal ventaja de este sistema es que se logra separar la materia orgánica de los materiales inertes.

c) Túneles de compostaje

Este sistema mantiene el material aislado del exterior, dando lugar a que no intervenga la temperatura del ambiente, no tiene emisiones líquidas o gaseosas, permitiendo la homogeneidad en las condiciones de la masa.

Los túneles suelen tener una longitud entre 30 m y 59 m y un ancho y altura de 4 m a 6 m aproximadamente, este sistema es adaptable a variaciones de carga, se puede ampliar sin problemas, dado que se trata de un sistema modular y la maduración resulta fácil ya que se puede culminar esta etapa del proceso formando pilas de compostaje.

2.4.7.3. Calidad de los materiales para el compostaje.

El material seleccionado para ser utilizado en el proceso de compostaje es un factor importante respecto a la calidad del producto final a obtenerse. Se debe de buscar obtener mezclas óptimas con materiales de diferente origen, de tal forma que contengan

características complementarias para conseguir un equilibrio en el contenido de nutrientes, permitiendo conseguir una mejor calidad del compost.

En general, se debe de aprovechar todo material declarado como materia orgánica fresca, ser sometidos a procesos de transformación que aseguren su estabilización agronómica tal como es el compostaje.

CAPÍTULO III

METODOLÓGIA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN.

3.1.1. Tipo de la Investigación.

Como tipo de investigación tomamos la investigación aplicada que tiene como finalidad primordial la resolución de problemas prácticos inmediatos en orden a transformar las condiciones del acto didáctico y a mejorar la calidad educativa. El propósito de realizar aportaciones al conocimiento teórico es secundario.

3.1.2. Nivel de la Investigación.

Utilizamos la investigación experimental debido a que aún no tenemos estudios realizados sobre la elaboración de abonos orgánicos (compost) en el Distrito de Mejía y las condiciones de este tipo de trabajo aún no han sido determinadas.

3.2. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN.

El método de investigación se aplica de manera experimental a la elaboración de abonos orgánicos (compost) en el sector agrario del Distrito de Mejía, para resolver de manera practica el manejo de los residuos sólidos orgánicos agrarios.

3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.

El diseño de la investigación es experimental, por que abarca el estudio de nuevas formas de solución a los residuos sólidos orgánicos generados por los residuos de cosechas y residuos orgánicos animales

en el distrito de Mejía, debido a la falta de métodos de minimización o reutilización de los residuos sólidos orgánicos en el sector agrario.

3.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.

3.4.1. Hipótesis General.

Se realizara la elaboración de abonos orgánicos (compost), reutilizando residuos sólidos orgánicos del cultivo de zapallo en el sector agrario del Distrito de Mejía – Provincia de Islay – Departamento Arequipa.

3.4.2. Hipótesis Específicas.

- Es posible determinar la cantidad del compost en los cuatro tratamientos.
- Es posible determinar el análisis de la temperatura del compost en los cuatro tratamientos.

3.5. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.

3.5.1. Variable Independiente.

Descripción.

- Realizar los procedimientos para la elaboración de abono orgánico (compost).

Indicadores.

- Cantidad y calidad del compost elaborado.
- Características del compost.

3.5.2. Variable Dependiente.

Descripción.

- Los residuos sólidos orgánicos del cultivo de zapallo en el sector agrario.

Indicadores.

- Factibilidad de la calidad de la técnica de la elaboración de compost.

3.6. ÁREA DE ESTUDIO.

3.6.1. El Distrito de Mejía:

El Distrito de Mejía se encuentra localizado dentro de la Provincia de Islay, que se integra a la Región de Arequipa, al sur de la ciudad de Mollendo y posee costa. Este distrito fue creado mediante Ley Regional N° 8, el 27 de enero de 1920.

Mejía abarca una extensión territorial de 100.78 Km². Este distrito es conocido además como “La Perla del Pacífico”.

Entre los atractivos turísticos de Mejía se encuentran sitios como el Santuario Nacional Laguna de Mejía que fuera creado en el año 1984. A este santuario, donde se encuentra la laguna del mismo nombre, se llega tras recorrer dos kilómetros desde la ciudad de Mollendo.

3.6.2. Población:

El Distrito de Mejía tiene una población de 1.132 habitantes según datos del INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática), de los 1.132 habitantes de Mejía, 503 son mujeres y 629 son hombres.

Si comparamos los datos de Mejía con los del departamento de Arequipa concluimos que ocupa el puesto 81 de los 109 distritos que hay en el departamento y representa un 0,0982 % de la población total de ésta.

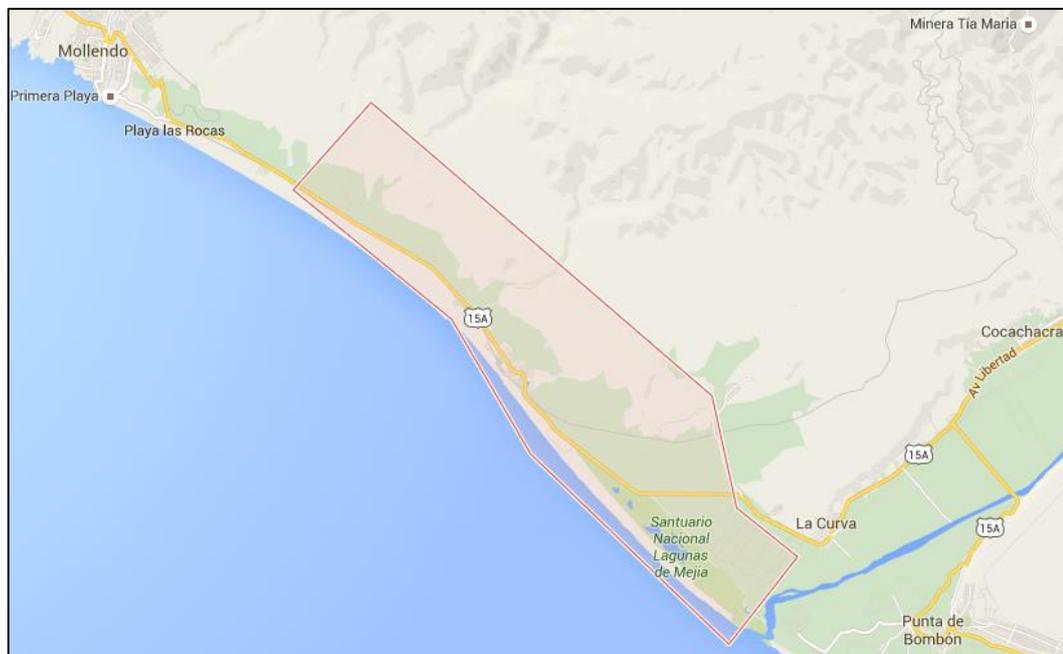
A nivel nacional, Mejía ocupa el puesto 1.591 de los 1.833 distritos que hay en Perú y representa un 0,0041 % de la población total del país.

3.6.3. Ubicación Geográfica.

Mejía cuenta con:

- **Altitud:** 13 msnm
- **Latitud:** 17°06'10" Sur.
- **Longitud:** 71°54'31" Oeste.
- **Superficie:** 100.78 Km²

Imagen 1: Ubicación de Mejía



3.7. COBERTURA DEL ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN.

3.7.1. Universo.

Distrito de Mejía.

3.7.2. Población.

Sector agrario del Distrito de Mejía.

3.7.3. Muestra.

- 1 hectárea (10000 m²) de residuos sólidos orgánicos del cultivo de zapallo; ubicada en el Kilómetro 14, Lateral 18.
- ¼ de hectárea (2500 m²) de residuos de hojas secas de maíz.

3.7.4. Muestreo.

La técnica de muestreo realizada fue de forma aleatoria, para poder acopiar los residuos sólidos de cultivo de zapallo. Con el objetivo de elaborar el compost.

3.8. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y FUENTES DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

3.8.1. Técnicas de la Investigación.

La técnica del compostaje; es una técnica que imita a la naturaleza para transformar de forma más acelerada todo tipo de restos orgánicos, en lo que se denomina compost, que tras su aplicación en la superficie de nuestra tierra se ira asociando al humus, que es la esencia del buen vivir de un suelo saludable, fértil y equilibrado en la naturaleza.

Esta técnica se basa en un proceso biológico, que se realiza en condiciones de fermentación aerobia (con aire), con suficiente humedad y que asegura una transformación higiénica de los restos orgánicos en un alimento homogéneo y altamente asimilable por nuestros suelos.

La técnica tiene origen en la India con las experiencias llevadas a cabo por el inglés Albert Howard desde 1905 a 1947, en los años anteriores a la Primera Guerra Mundial.

3.8.2. Instrumentos de la Investigación.

En instrumentos de investigación tenemos los siguientes:

- Tamaño de la muestra.
- Recolección de datos de la muestra.

3.8.3. Fuentes de Recolección de Datos.

Las fuentes de recolección de datos son:

- Ministerio de Medio Ambiente (MINAM); donde tenemos los datos de estudios realizados respecto al manejo de Residuos Sólidos y sus normativas. <http://www.minam.gob.pe/>
- Ministerio de Agricultura (MINAGRI); donde tenemos datos de cómo se da el manejo de residuos sólidos del sector agrario. <http://www.minagri.gob.pe/>
- Municipalidad Provincial de Islay; donde tenemos información de cómo se lleva a cabo el manejo de los residuos sólidos en la provincia, los cursos y las capacitaciones que se dan por parte del Municipio. <http://www.munimollendo.gob.pe/>

- Municipalidad Distrital de Mejía; donde se obtuvo información sobre el manejo de los residuos sólidos del distrito. <http://www.munimejia.gob.pe/>
<http://mdmejiaaqp.wix.com/medio-ambiente>
- Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA), donde tenemos información de los estudios realizados de producción orgánica. <http://www.senasa.gob.pe/senasa/>

CAPITULO IV

ORGANIZACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.

4.1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.

4.1.1. Descripción de los materiales a utilizar para el trabajo de investigación.

Se propone obtener abono orgánico (compost) de buena calidad, a partir de los residuos sólidos orgánicos por el cultivo de zapallo en sector agrario del Distrito de Mejía. Estos residuos se obtienen al momento de hacer la recolección del cultivo, acumulándose cantidades significativas de residuos de tallos y ramas, y residuos de pastos.

El acopio y manejo de los residuos de tallos y ramas de cultivo de zapallo es un problema, puesto que se optaba por quemarlos en el mismo lugar donde se cosechaba, causando un impacto sobre la calidad del aire.

El presente trabajo plantea el compostaje de estos residuos, incorporando a la mezcla hojas secas de maíz y estiércol de ganado vacuno para complementar el proceso. A continuación se presenta una breve descripción de los cuatro materiales utilizados para el proceso de compostaje.

4.1.1.1. Residuos de pasto.

Estos residuos son generados durante la limpieza de los cultivos. Esta actividad se realiza dos veces al mes en el transcurso del cultivo, se realiza cuando el pasto llega a

medir una altura promedio de 9 cm aproximadamente; una vez extraídos manualmente, se juntan estos residuos utilizando bolsas donde se recoge y finalmente son acopiados.

4.1.1.2. Tallos y ramas de desechos de cultivos de zapallo.

Los residuos de tallos y ramas, son generados durante las actividades de recolección del cultivo. Estos residuos son juntados con rastrillos y finalmente acopiados.

Para ser incorporados al proceso de compostaje, se cortaron los tallos y ramas de desechos de cultivos de zapallo manualmente utilizando machetes. El objetivo de este proceso era reducir su tamaño para mejorar el área de contacto con los microorganismos y favorecer el proceso de biodegradación. Las dimensiones de los tallos y ramas luego del corte, fueron medidas utilizando un pie de metro, obteniéndose un diámetro promedio de 1 cm, y un largo promedio entre 7 cm y 12 cm.

4.1.1.3. Hojas secas de maíz.

Las hojas secas de maíz, son generadas al momento de realizar el corte del maizal y esta su vez no es recolectada en buenas condiciones para su uso, dejando algunas hojas secándose en el transcurso de que se vuelva a cultivar.

4.1.1.4. Estiércol de ganado vacuno

El estiércol de ganado vacuno es obtenido de los establos del sector agrario del Distrito de Mejía. Este residuo se ha utilizado en el proceso de compostaje, debido al porcentaje elevado de materia orgánica y de nutrientes que posee, lo que favorece la obtención de un compost de buena calidad.

4.1.2. Metodología utilizada para la construcción de las pilas de compostaje.

Se construyeron cuatro pilas de compostaje. Cada una se conformó con 200 kg de residuos, mezclados en la siguiente proporción:

- 30% de residuos de pasto,
- 20% de hojas secas de maíz,
- 30% de tallos y ramas de desechos de cultivos de zapallo, y
- 20% de estiércol de ganado vacuno.

Cada tratamiento fue denominando como:

- Tratamiento en la pila 1.
- Tratamiento en la pila 2.
- Tratamiento en la pila 3.
- Tratamiento en la pila 4.

Para este trabajo se empleó la metodología de compostaje descrita en el apartado 2.4.7.1., denominada “Sistemas abiertos o pilas de compostaje”, que es la más práctica y accesible para llevar a cabo el trabajo de investigación.

4.1.2.1. Recolección de los materiales para el compostaje.

Los materiales utilizados en el compostaje fueron recogidos por los agricultores. Se determinó la cantidad requerida de cada material, la que fue acopiada y trasladada al área de compostaje para su posterior mezcla en las pilas de compost.

Foto N°1: Acopio de residuos de pasto.



Foto N°2: Acopio de hojas secas de maíz.



Foto N° 3: Acopio de tallos y ramas de desechos de cultivos de zapallo.



Foto N°4: Acopio de estiércol de ganado vacuno.



4.1.2.2. Preparación del terreno.

El lugar de compostaje se acondicionó limpiando las piedras y otros objetos existentes para evitar que afecten negativamente o dificulten el proceso de compostaje,

además se niveló el suelo para que las pilas estén en las mismas condiciones físicas. Posteriormente se construyó un techo de palos de madera para la protección de los rayos solares y se le cubrió con plástico para asegurar que no les caiga el agua de las lluvias.

Foto N°5: Techo del compost.



4.1.2.3. Dimensiones de las pilas de compostaje.

Las dimensiones de las pilas de compostaje influyen de manera significativa con respecto a la aireación, la temperatura y la humedad, y por lo tanto en la transformación adecuada del material orgánico.

Es importante mencionar que no existen unas medidas estandarizadas para la formación de las pilas de compostaje, pero se recomienda un ancho 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. La altura es un parámetro muy importante ya

que depende del clima de la zona, es decir, en climas cálidos se recomienda trabajar con una altura mínima para que la pila no caliente en exceso, en climas fríos la altura debe ser la máxima para mantener la temperatura ideal.

Para el trabajo de investigación se optó por diseñar las cuatro pilas de compost con las siguientes dimensiones.

- Largo: 2,0 m.
- Ancho: 1,0 m.
- Altura: 0,8 m.

La separación entre las pilas 1, 2, 3 y 4, fue de 1 metro.

4.1.2.4. Composición de las pilas de compostaje.

a) Proporciones de los materiales en las pilas de compost.

Las dimensiones de las pilas de compostaje se definieron a pequeña escala, considerándose 2 metros de largo. Esto facilitaría el volteo y riego continuo requerido durante el tiempo de compostaje.

Se determinó que cada pila estaría conformada por un total de 200 kilogramos de material a compostar, el que estaría constituido por los residuos de pasto, hojas secas de maíz, tallos y ramas de desecho de cultivos y el estiércol de ganado vacuno, en las proporciones indicadas en la tabla N° 1.

Tabla N° 1: Cantidad de cada material que conforman las pilas de compostaje.

Material	Residuos de pasto (kg)	Hojas secas de maíz (kg)	Tallos y ramas de desecho de cultivo (kg)	Estiércol vacuno (kg)	Total por pila (kg)
Tratamiento en la Pila 1	60	40	60	40	200
Tratamiento en la Pila 2	60	40	60	40	200
Tratamiento en la Pila 3	60	40	60	40	200
Tratamiento en la Pila 4	60	40	60	40	200
Proporción (%)	30	20	30	20	100

b) Distribución de los materiales por capas.

Antes del inicio de la formación de las pilas de compostaje se construyó a manera de prueba, una pila de compost con las dimensiones establecidas para así determinar la cantidad de cada material a disponer en cada capa y definir la altura de la pila.

Se colocó en la base de la pila de prueba una primera capa de residuos de pasto formando una altura de 15 centímetros, luego una capa con hojas secas maíz con una altura de 7 centímetros, seguido de una capa de tallos y ramas de desecho de cultivo de zapallo con una altura de 15 centímetros y finalmente una capa de estiércol de ganado vacuno con una altura

de 3 centímetros, repitiéndose nuevamente en el mismo orden las siguientes capas de los mismos materiales. En total, se formaron ocho capas de material colocadas alternativamente una encima de otra. Cada porción de material se dividió en dos capas de igual peso y tamaño.

Tabla N° 2: Distribución de los materiales por capas.

Capas	Materiales
Capa N°8:	Estiércol vacuno.
Capa N°7:	Tallos y ramas de desecho de cultivo.
Capa N°6:	Hojas secas de maíz.
Capa N°5:	Residuos de pasto.
Capa N°4:	Estiércol vacuno.
Capa N°3:	Tallos y ramas de desecho de cultivo.
Capa N°2:	Hojas secas de maíz.
Capa N°1:	Residuos de pasto.

4.1.2.5. Formación de las pilas de compostaje.

Una vez establecida la cantidad de material y el número de capas a aplicarse a cada tratamiento, se procedió a la formación de las pilas de compostaje para su posterior evaluación.

El procedimiento seguido, se describe a continuación:

- Se excavó aproximadamente 10 cm de profundidad en el suelo para un mejor acondicionamiento de las pilas de compostaje.
- Se procedió a pesar la cantidad establecida de residuo de pasto para colocar la primera capa, se repartió por toda la base del área establecida para la formación de la pila de compostaje.

- Se agregaron las otras capas de los materiales en las cantidades y el orden correspondiente, tal como se explicó anteriormente en la tabla N° 2.
- Paralelo al proceso de la colocación de las capas de los diferentes materiales, se fue agregando agua para humedecer el material.
- Finalmente, se procedió a regar con agua toda la pila ya formada tratando en lo posible de humedecerla por completo, teniendo cuidado que no hayan lixiviados, quedando las cuatro pilas de compost formadas para el inicio del proceso de compostaje.

4.1.2.6. Control del proceso de compostaje.

Para que se lleve a cabo el proceso de compostaje en óptimas condiciones, es necesario hacer un control de la frecuencia de volteos, la regulación de humedad y la medición de la temperatura.

El trabajo de investigación se hizo por un periodo de 2 meses, controlando que a las pilas se le suministre la cantidad de oxígeno que estas requieren mediante los volteos, que tengan la humedad requerida evitando que se sequen o que se saturen de agua, y por último midiendo la temperatura durante todo el proceso para evitar que ésta se eleve demasiado.

a) Frecuencia de volteos.

Los volteos que se realizaron para este trabajo se llevaron a cabo dos veces por semana (las dos primeras semanas), y posteriormente una vez por semana hasta el término del proceso de compostaje.

b) Regulación de humedad.

El riego establecido a las cuatro pilas de compostaje fue diario, aplicándole agua por las mañanas, de tal forma que todas las pilas reciban las mismas cantidades y para que la humedad se mantenga uniforme. La última semana que duró el proceso no se le agregó agua a las pilas de compostaje, para obtener un compost con una mejor textura.

c) Medición de la temperatura.

En el trabajo de investigación se llevó un control de manera inter diaria, tomando lecturas dos veces al día, la primera a las 9:30 am y la segunda a las 5:30 pm, utilizando un termómetro para compost ideal para este material, dado que puede ser introducido hasta 35 cm de profundidad desde cualquier área de la pila de compostaje.

Foto N°6: Medición de temperatura en la pilas de compost.



4.2. RESULTADOS PARCIALES.

a) Resultados obtenidos de la cantidad de compost en los cuatro tratamientos.

Finalizado el proceso de compostaje en los cuatro tratamientos, cuya duración fue de dos meses, se obtuvo en los cuatro tratamientos un compost con una textura suave y de fácil manejabilidad. Se pesaron los sacos para determinar la cantidad de compost en base húmeda obtenida.

Foto N° 7: Textura y muestra de compost.

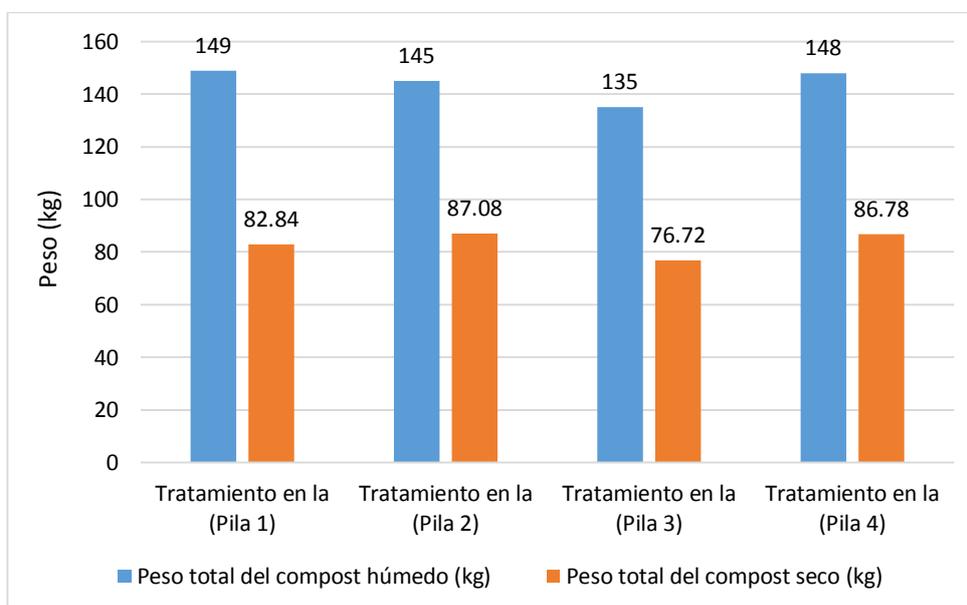


Las cantidades de compost obtenidas luego del pesaje de los sacos correspondientes a cada tratamiento, se presentan en la tabla N°3. Se determinó la humedad respectiva que tuvo el compost en cada tratamiento, para obtener el peso total en base seca.

Tabla N° 3: Pesos finales del compost obtenido (Base húmeda y seca).

Tratamientos	Peso total del compost húmedo (kg)	Humedad final del compost (%)	Peso total del compost seco (kg)
Tratamiento en la (Pila 1)	149	44,4	82,84
Tratamiento en la (Pila 2)	145	39,94	87,08
Tratamiento en la (Pila 3)	135	43,17	76,72
Tratamiento en la (Pila 4)	148	41,36	86,78

Gráfico N° 1: Pesos finales del compost obtenido (base húmeda y seca).



b) Resultado del análisis de la temperatura.

Los análisis realizados para determinar la temperatura se llevaron a cabo considerando que se realizaron cuatro tratamientos durante los 54 días que duró todo el proceso de compostaje. A continuación

se muestra en los gráficos N° 2, N° 3, N° 4 y N° 5 los resultados obtenidos, considerando que la temperatura se realizó de manera inter diaria y dos veces al día (mañana y tarde).

Gráfico N° 2: Medición de la temperatura en el tratamiento (Pila 1).

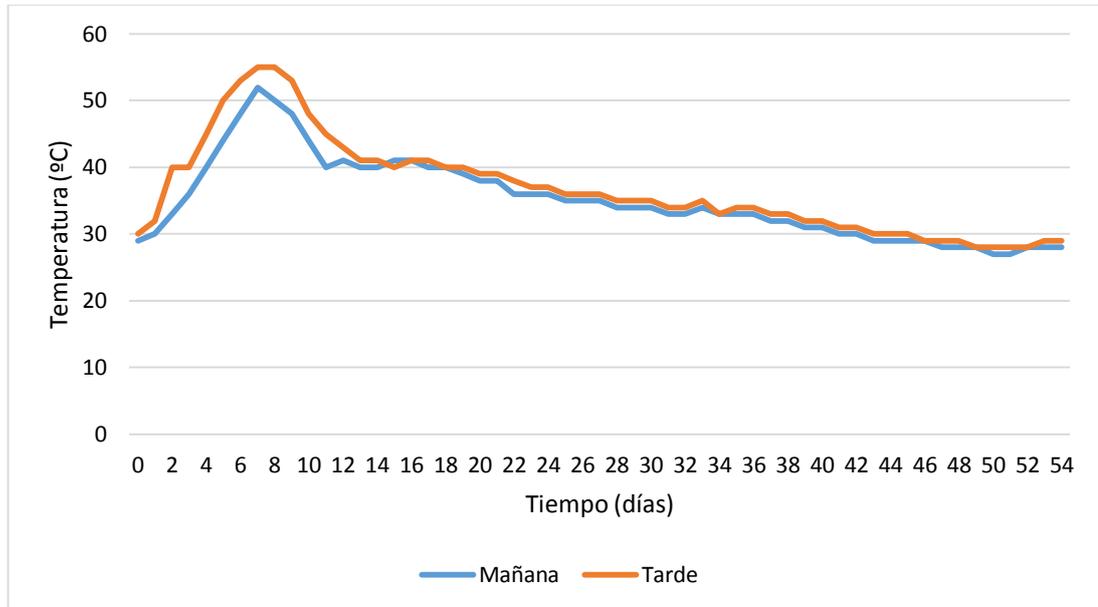


Gráfico N° 3: Medición de la temperatura en el tratamiento (Pila 2).

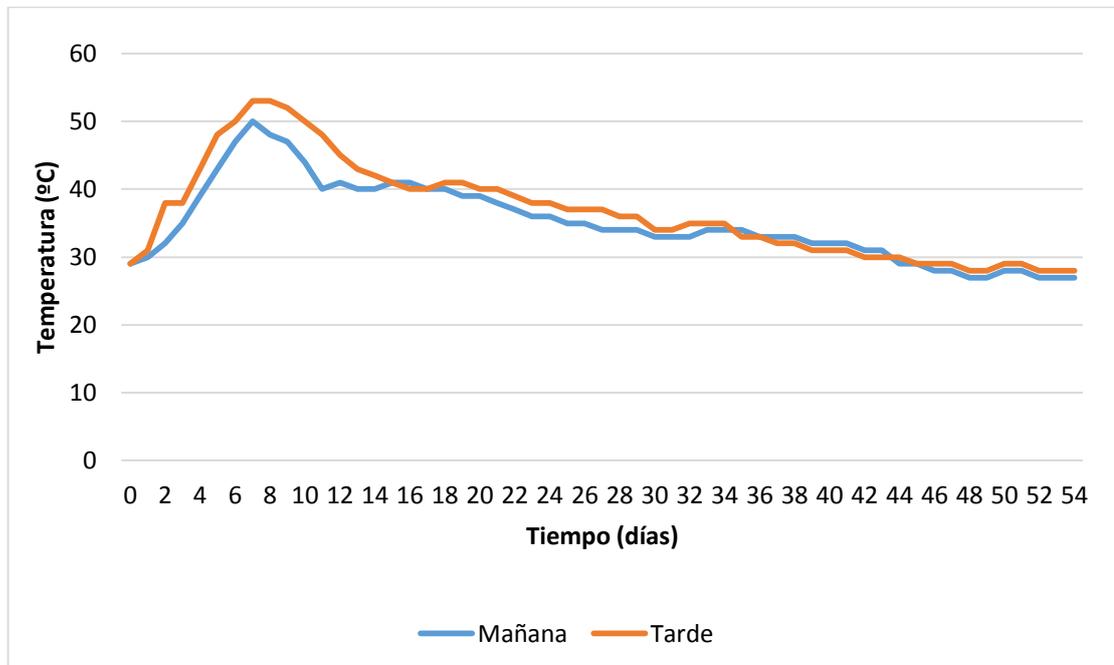


Gráfico N° 4: Medición de la temperatura en el tratamiento (Pila 3).

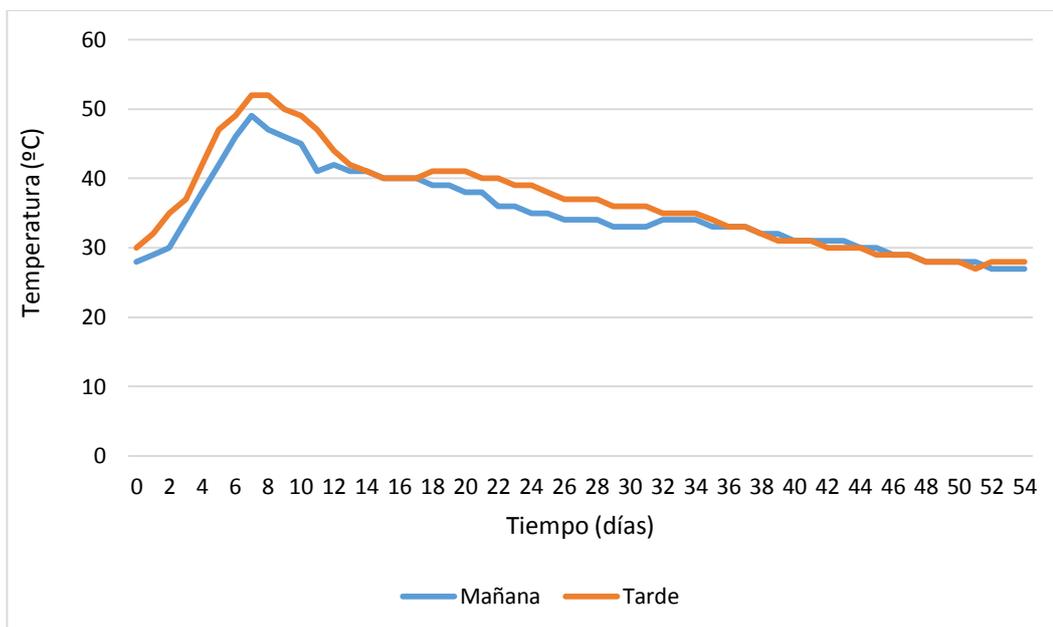
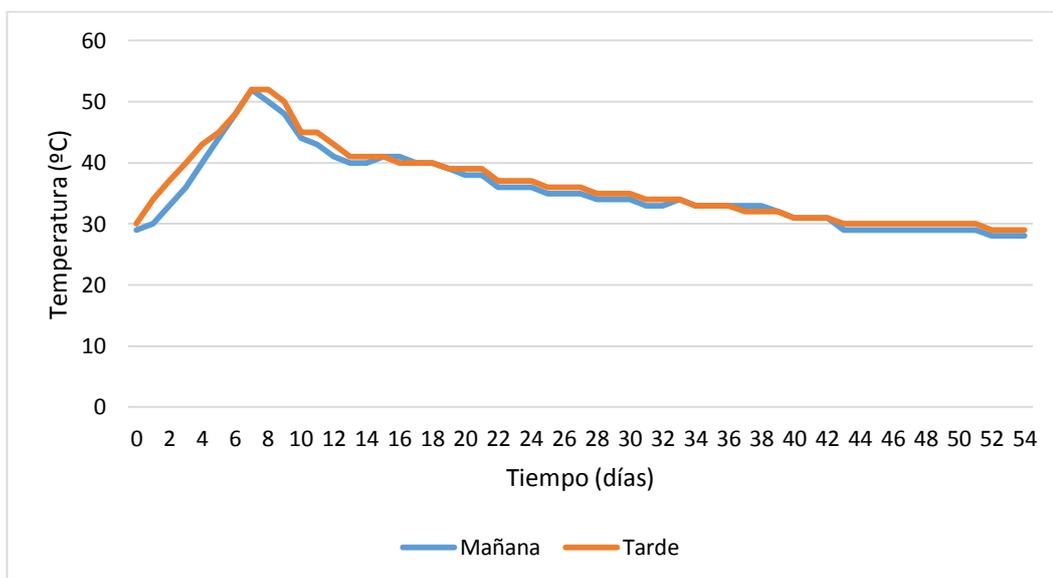


Gráfico N° 5: Medición de la temperatura en el tratamiento (Pila 4).

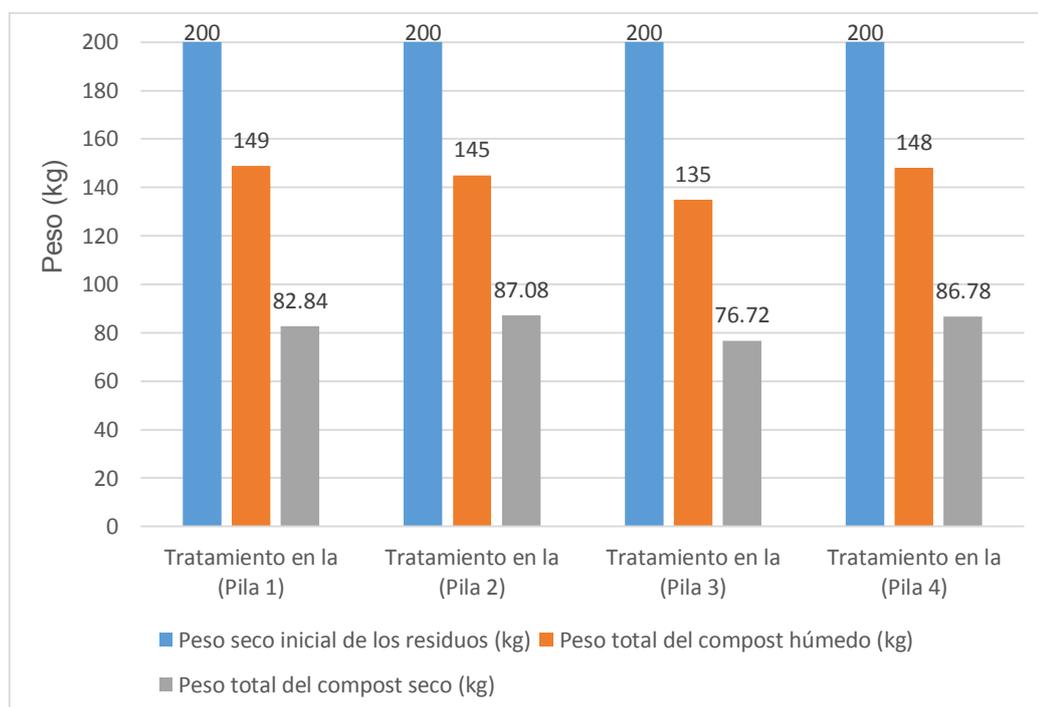


4.3. RESULTADOS GENERALES.

El trabajo demuestra que se puede elaborar abonos orgánicos (compost) a partir de los residuos sólidos orgánicos por cultivo de zapallo generados en el sector agrario del Distrito de Mejía – Provincia de Islay – Departamento de Arequipa.

En el gráfico N°6, se muestra que si es aplicable la elaboración de abonos orgánicos (compost), mostrando la cantidad de residuos sólidos orgánicos biodegradaros durante el proceso, respecto a la cantidad inicial de material utilizado para el compostaje; estos resultados son considerables.

Gráfico N° 6: Cantidad de residuos sólidos orgánicos degradaros durante el proceso.



El compost obtenido en las cuatro pilas muestra un color marrón oscuro, un olor agradable a tierra húmeda, no se logra distinguir los materiales inicialmente usados y contienen una humedad sin saturación.

4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Como se puede observar en la tabla N° 4, la eficiencia de los cuatro tratamientos que se obtuvieron finalizado el proceso de compostaje.

Los pesos se presentan en base seca.

Tabla N° 4: Eficiencia de los tratamientos.

Tratamientos	Peso seco inicial de los residuos (kg)	Peso total del compost húmedo (kg)	Peso total del compost seco (kg)
Tratamiento en la (Pila 1)	200	149	82,84
Tratamiento en la (Pila 2)	200	145	87,08
Tratamiento en la (Pila 3)	200	135	76,72
Tratamiento en la (Pila 4)	200	148	86,78

Como se podrá observar en el tratamiento de la Pila N° 2 se obtuvo mayor peso con respecto a los demás tratamiento.

CONCLUSIONES

- En los cuatro tratamientos realizados se utilizó la misma metodología para el control de la temperatura y la humedad. Demostrando que se mantuvieron en condiciones óptimas, garantizando que todos los tratamientos tuvieron las mismas condiciones ambientales.
- Los resultados obtenidos demuestran que el tratamiento en la Pila 3 fue el que registró mayor porcentaje de residuos orgánicos degradados durante los dos meses que duró el proceso de compostaje.
- Esta propuesta de compostaje generaría una mejora en los cultivos y ahorro en la utilización de fertilizantes químicos, por lo que el agricultor estaría reutilizando el material que en la mayoría de veces es incinerado, para la elaboración de abonos orgánicos (compost) y obtendría una mejor calidad de los cultivos.
- En la actualidad, el sector agrario del distrito de Mejía utiliza estiércol vacuno para abonar periódicamente los cultivos, aplicándolo en forma directa, es por ello que se justifica la adición de este material al compostaje propuesto para que de esta manera se obtenga un abono más natural y estable.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda no almacenar por períodos de tiempo largos los residuos de pastos, ya que este tiende a secarse al perder humedad, por lo que debe ser utilizado inmediatamente después de ser recogido o dejarlo al menos unos días acopiado para poder agregarlo posteriormente al compostaje y así aprovechar la humedad que estos contienen.
- Es apropiado que cuando se realice un compostaje haya una mezcla equilibrada de materiales frescos y secos.
- Se sugiere realizar un control diario de la temperatura para garantizar que el proceso de compostaje sea óptimo.
- Las pilas de compostaje deben ser protegidas de las lluvias y de la radiación solar, techando de manera artesanal el área de trabajo, tal como se procedió en las pilas a pequeña escala, es decir, utilizando material rudimentario para la disminución de costos de instalación.
- La utilización de abonos orgánicos es muy importante porque previene la erosión del suelo y las enfermedades estomacales en los seres humanos.
- Es necesario capacitar a los agricultores con técnicas para elaborar abonos orgánicos disminuyendo de esta manera el volumen de residuos sólidos orgánicos en el sector agrario del Distrito de Mejía y produciendo abono de calidad a bajo costo.
- Debemos de tener campañas de concientización sobre la importancia del uso de abonos orgánicos y su elaboración.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- RUIZ, A. (2002). Tesis: “Compostación de los residuos sólidos orgánicos generados en la Universidad de Piura”. Universidad de Piura - Facultad de ingeniería. Piura - Perú. Pp. 3, 57 y 65. Disponible en: http://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/123456789/1177/ING_397.pdf?sequence=1
- SILVA, J; LÓPEZ, P; VALENCIA, P. (2008). Tesis: “Recuperación de nutrientes en fase sólida a través del compostaje”. Escuela de ingeniería de los recursos naturales y del ambiente (EIDENAR). Universidad del Valle - Facultad de ingeniería. Cali – Colombia. Pp. 2, 7-8 y 15-16. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsars/fulltext/compostaje.pdf>
- ÁLVAREZ, J. (2009). Tesis: “La calidad del suelo y del compost del parque de Itchimbia en su proceso de recuperación”. Escuela politécnica del ejercito – Departamento de ciencias de la vida ingeniería en biotecnología. Quito – Ecuador. Pp. 23-28. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/21064/1/tesis.%20doc%20pdf.pdf>
- DIOS, M. (2008). Tesis doctoral: “Estudio y desarrollo de técnicas respirométricas para el control de la estabilidad del compost”. Universidad de Córdoba - Facultad de ciencias – Departamento de química inorgánica e ingeniería química. Córdoba – Argentina. Pp. 49-53.
- Programa de apoyo profesional para la inserción laboral en el Perú. (2007). “Manual para la producción de compost con microorganismos eficaces”. Pp. 2, 10-11, 13-14 y 18-19. Disponible en: http://www.em-la.com/archivos-de-usuario/base_datos/manual_para_elaboracion_de_compost.pdf

- SIR ALBERT HOWARD (1943). Oxford University Press. "An Testament Agricultural - Método Indore". Disponible en:
http://www.journeytoforever.org/farm_library/howardAT/ATtoc.html
- GLADIS MONJE TALAVERA (1994), Tesis: Evaluación de la contaminación ambiental para la disposición final de los residuos sólidos - El relleno sanitario y la producción de compost.
- FAGRO - Facultad de Agronomía (2000). "Aplicación de Materiales Orgánicos y Abonos Verdes". Disponible en:
[http://www.fagro.edu.uy/~fertilidad/publica/MORGANICOS %20AB VERDES.pdf](http://www.fagro.edu.uy/~fertilidad/publica/MORGANICOS_%20AB_VERDES.pdf)
- MARIANO BUENO BOSCH (2004). "Como Hacer un Buen Compost". Editorial: Fertilidad de la Tierra. Disponible en:
<http://reciclario.com.ar/wp-content/uploads/Como-Hacer-un-Buen-Compost.pdf>