

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

ESCUELA DE POSGRADO



T E S I S

**Efecto del plástico doble negro en la producción de compost bajo
condiciones del distrito de Paucartambo - Pasco 2018**

**Para optar al grado académico de Maestro en:
Gestión del Sistema Ambiental**

Autor: Bach. Dante Amador MERCADO HUÁNUCO

Asesor: Mg. Rubén Edgar PALOMINO ISIDRO

Cerro de Pasco – Perú – 2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

ESCUELA DE POSGRADO



T E S I S

**Efecto del plástico doble negro en la producción de compost bajo
condiciones del distrito de Paucartambo - Pasco 2018**

Sustentada y aprobada antes los miembros del jurado:

**Dr. Ramón Celso SOLIS HOSPINAL
PRESIDENTE**

**Dr. Eduardo Jesús MAYORCA BALDOCEDA
MIEMBRO**

**Mg. Eusebio ROQUE HUAMAN
MIEMBRO**

DEDICATORIA

A mi familia

AGRADECIMIENTO

A mis profesores de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión de Cerro de Pasco.

A mi asesor Dr. Rubén Edgar PALOMINO ISIDRO por sus acertadas orientaciones en el proceso de la investigación.

RESUMEN

La presente investigación titulada: “Efecto del plástico doble negro en la producción de compost bajo condiciones del distrito de Paucartambo-Pasco 2018”, nace a partir del cuestionamiento ¿Cómo influye la impermeabilización con plástico doble negro en la producción de compost bajo condiciones del distrito de Paucartambo– Pasco-2018?, del cual se planteó como objetivo general: Determinar la influencia de la impermeabilización del plástico doble negro en la producción de compost bajo condiciones del distrito de Paucartambo – Pasco-2018. El tipo de investigación es aplicada y de nivel experimental, con diseño experimental, con dos tratamientos y seis repeticiones. La pila experimental y de control estuvo compuesta por 1110 Kg de residuos vegetales, los resultados obtenidos son: para la temperatura el grupo experimental alcanzó en promedio 41,43 ° C y el grupo control 27,82 ° C, Respecto al pH 7.02 para el experimental y 6.81 para el grupo control, respecto a la conductividad eléctrica tenemos 13.30 y 4.60 respectivamente, En función a la cantidad de materia orgánica tenemos 31.20 y 50.35 (indica que el grupo experimental tiene menor cantidad de restos orgánico al final), N (1.37 GE, 0.74 GC), P (0.86 GE, 0.49 GC), K (2.07 GE, 0.663 GC), finalmente respecto al costo beneficio tenemos que el grupo experimental tiene un C/B = 1.55 para el grupo experimental, C/B = 1.42 para el grupo control. Finalmente se concluyó que el uso de la impermeabilización con plástico doble negro mejora significativamente la producción de compost bajo condiciones del distrito de Paucartambo– Pasco.

Palabras clave: *Producción de compost, materia orgánica, residuos sólidos, impermeabilidad.*

ABSTRACT

The present investigation entitled: "Effect of double black plastic on the production of compost under conditions of the district of Paucartambo-Pasco 2018", is born from the question: How does the waterproofing with double black plastic influence the production of compost under conditions of the district? of Paucartambo- Pasco-2018?, of which the general objective was raised: Determine the influence of the waterproofing of double black plastic in the production of compost under conditions of the district of Paucartambo - Pasco-2018. The type of research is applied and experimental level, with experimental design, with two treatments and six repetitions. The experimental and control pile was composed of 1110 Kg of plant residues, the results obtained are for the temperature the experimental group reached an average of 41,43 °C and the control group 27,82 °C, Regarding the pH 7.02 for the experimental and 6.81 for the control group , regarding electrical conductivity we have 13.30 and 4.60 respectively, Depending on the amount of organic matter we have 31.20 and 50.35 (indicates that the experimental group has less organic remains at the end), N (1.37 GE, 0.74 GC), P (0.86 GE, 0.49 GC), K (2.07 GE, 0.663 GC), finally regarding the cost benefit we have that the experimental group has a C/B = 1.55 for the experimental group, C/B = 1.42 for the control group. Finally, it was concluded that the use of double black plastic waterproofing significantly improves compost production under conditions in the Paucartambo-Pasco district.

Keywords: Compost production, organic matter, solid waste, impermeability.

INTRODUCCIÓN

Actualmente se busca sensibilizar respecto al cuidado medio ambiental no solo a los estudiantes, sino a toda la comunidad, en ese sentido la “Educación Ambiental Comunitaria” contribuye a nivel internacional a identificar problemas ambientales y trabajar con la sensibilización de las personas de su entorno para superarla.

La conciencia ambiental que se puede definir como la formación de conocimientos, interiorización de valores y la participación en la prevención y solución de problemas ambientales (CONAM, 2005), se constituye en la condición imprescindible para solucionar los problemas que se vienen manifestando, entre otras razones, por efecto del cambio climático, que agobia al planeta y que se manifiesta en forma agresiva en pueblos como el nuestro que depende tecnológicamente de los denominados países desarrollados.

Hacer referencia al modelo de desarrollo característico para nuestro hemisferio, que se encuentran sumergidos en situaciones de crisis, falta de gobernabilidad o de decisiones gubernamentales que privilegian modelos inapropiados para el bienestar común fortaleciendo la exportación de materias primas sin la aplicación de procesos de tecnificación y por tanto sin valor agregado, predominando la economía basada en la importación de alimentos, con el consiguiente resultado de pobreza y falta de seguridad en todos los estratos socioeconómicos.

En tal sentido, se recurre al proceso de enseñanza aprendizaje a fin de alcanzar los propósitos ambientales que se requieren para tener una sociedad saludable. Behrman (1974) manifiesta que: “el hombre puede acostumbrarse a tolerar un ambiente feo, un cielo sucio y unos ríos contaminados; pudiendo incluso sobrevivir haciendo caso omiso de la ordenación cósmica de los ritmos biológicos” (p. 86).

En ese sentido, los modelos educativos vigentes deben transmitir la urgencia que tenemos para superar los problemas ambientales y la que conlleva a una economía consumista dominada por el imperio de EEUU y China principalmente.

En zonas urbanas se presentan problemas de almacenamiento de residuos sólidos, los cuales son acopiados por las municipalidades generando un gasto, tanto en el recojo como en su disposición. Sin embargo, lejos de ser un gasto se debe ver esta situación como una oportunidad ya que los residuos sólidos pueden seleccionarse y reaprovecharse de este modo se genera ingresos económicos y se cuida el medio ambiente.

El Perú cuenta desde el año 2000 con la Ley general de Residuos Sólidos, según la cual el reaprovechamiento de los residuos sólidos se refiere a volver a obtener un beneficio del bien, artículo, elemento o parte del mismo que constituye residuo sólido; se reconoce como técnica de reaprovechamiento al reciclaje, recuperación o reutilización (Ley N° 27314, 2000). El reciclaje es toda actividad que permite reaprovechar un residuo sólido mediante un proceso de transformación para cumplir su fin inicial u otros fines; la recuperación es toda actividad que permita reaprovechar partes de sustancias o componentes que constituyen residuo sólido; y la reutilización es toda actividad que permita reaprovechar directamente el bien, artículo o elemento que constituye el residuo sólido, con el objeto de que cumpla el mismo fin para el que fue diseñado.

El objetivo de este estudio fue evaluar la influencia del plástico doble negro en la materia orgánica, para la producción de compost en la ciudad de Paucartambo, Pasco.

En cumplimiento con las normativas de la escuela de Post grado de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, la investigación está estructurada de la en cuatro capítulos, fuera de los preámbulos como son resumen en dos idiomas e introducción, luego en el primer capítulo se tiene el planteamiento del problema, segundo capítulo el marco teórico, el tercer capítulo la metodología de la investigación y el cuarto capítulo

registra los resultados y la discusión de los mismos, finalmente se redacta las conclusiones, recomendaciones y se plasma toda la bibliografía utilizada en la investigación.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Identificación y determinación del problema	1
2.1 Delimitación de la investigación	3
1.3. Formulación del problema	4
1.3.1 Problema general.....	4
1.3.2. Problemas específicos.....	4
1.4. Formulación de objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo general	4
1.4.2. Objetivos específicos	5
1.5. Justificación de la investigación	5
1.6. Limitaciones de la investigación	7

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio.....	8
2.1.1. Antecedentes internacionales	8
2.1.2. Antecedentes nacionales	29
2.2. Bases teóricas – científicas	46
2.2.1. El plástico negro.....	46
2.2.2. El compost	56
2.3. Definición de términos básicos.....	69
2.4. Formulación de hipótesis	72
2.4.1. Hipótesis General	72
2.4.2. Hipótesis Específicas	72
2.5. Identificación de variables	73
2.5.1. Variable independiente	73
2.5.2. Variable dependiente	73
2.6. Definición operacional de variables e indicadores	73
2.6.1. Variable independiente	73
2.6.2. Variable dependiente	74

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de Investigación	75
3.2. Nivel de Investigación.....	75
3.3. Métodos de investigación	75
3.4. Diseño de investigación	76
3.5. Población y muestra	76
3.5.1. Población	76
3.5.2. Muestra	76
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	77
3.6.1. Técnicas	77
3.6.2. Instrumentos	77
3.7. Selección y validación de los instrumentos de investigación	82
3.8. Técnica de procesamiento y análisis de datos	82
3.9. Tratamiento estadístico	83
3.10. Orientación Ética, Filosófica y Epistémica.....	85

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo	86
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados	88

4.2.1. Evolución de variable pH.	88
4.3. Prueba de hipótesis	102
4.4. Discusión de resultados.....	103

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Diagrama de la pila de compost</i>	87
Figura 2 - <i>Evolución del pH, en material precompost</i>	89
Figura 3 <i>Evolución de la temperatura, en material precompost</i>	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Método de análisis de compost</i>	60
Tabla 2 <i>Parámetros de control de estabilidad de compost</i>	61
Tabla 3 <i>Composición Física Química del compost cosechado</i>	61
Tabla 4 <i>Valores, índice de madurez Solvita, de CO₂ y NH₃ registrados en el test</i>	67
Tabla 5 <i>Interpretación de resultados del test Solvita</i>	68
Tabla 6 <i>Grados de estabilidad del Compost</i>	69
Tabla 7 <i>Esquema de la investigación</i>	76
Tabla 8 <i>Normas de calidad, compost estabilizado, tratamiento experimental</i>	81
Tabla 9 <i>Resumen Normas de calidad, compost estabilizado, tratamiento control</i>	82
Tabla 10 <i>Peso de compost en la pila</i>	87
Tabla 11 <i>Insumos para producir la pila de compost</i>	88
Tabla 12 <i>Prueba estadística, evolución de la variable pH en proceso de compostaje</i> ..	90
Tabla 13 <i>Prueba de t Student, evolución de la temperatura en el compostaje</i>	92
Tabla 14 <i>Prueba de t Student, para variable pH, del compost cosechado</i>	93
Tabla 15 <i>Prueba de t Student, variable Conductividad eléctrica, compost cosechado</i> .	93
Tabla 16 <i>Prueba t Student, variable Materia orgánica, compost cosechado</i>	94
Tabla 17 <i>Prueba de t Student, variable Nitrógeno total, del compost cosechado</i>	95
Tabla 18 <i>Prueba de t Student variable fosforo del compost cosechado</i>	96
Tabla 19 <i>Prueba de t, variable potasio del compost cosechado</i>	96
Tabla 20 <i>a.1.1 Tiempo de evolución del pH, tratamiento experimental</i>	97
Tabla 21 <i>Tiempo de evolución del pH en evolución, tratamiento control</i>	98
Tabla 22 <i>Tiempo de evolución de la temperatura, tratamiento experimental</i>	98
Tabla 23 <i>Tiempo de Evolución de la temperatura, tratamiento Control</i>	98
Tabla 24 <i>Costo de Producción, Tratamiento Experimental</i>	99

Tabla 25 <i>Ingreso por Venta, Tratamiento Experimental.</i>	99
Tabla 26 <i>Beneficio Obtenido, Tratamiento Experimental.</i>	100
Tabla 27 <i>Relación Beneficio Costo, Tratamiento Experimental.</i>	100
Tabla 28 <i>Costo Producción, Tratamiento Control.</i>	100
Tabla 29 <i>Ingreso por Venta, Tratamiento Control.</i>	101
Tabla 30 <i>Beneficio, Tratamiento Control.</i>	101
Tabla 31 <i>Relación Beneficio Costo, Tratamiento Control.</i>	101
Tabla 32 <i>Calidad del Compost, Según Normas Técnicas: FAO y Mexicana.</i>	105

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Identificación y determinación del problema

La nueva ola ecológica busca armonizar el trabajo del hombre con la naturaleza. En ese sentido la Producción agrícola busca alternativas orgánicas para la producción de abono y de este modo cumplir con los estándares de “calidad exportable. A nivel de trabajos ambientales y el agro en el distrito de Paucartambo que como la mayoría de las municipalidades no tienen aún un manejo responsable de los residuos generados por la población, de esta manera realizando un buen manejo elevarían la calidad de vida salud, ambiental y económica.

En base a la generación de residuos orgánico se consideró usarlo como sustrato para la producción de compost y ser utilizado en la fertilización de los suelos. El compost representa una alternativa viable, económica y ambientalmente amigable, con elevada calidad para ser usado en la agricultura.

De acuerdo a los reportes anuales emitidos por las municipalidades a nivel nacional, los residuos orgánicos acopiados por los camiones recolectores están

siendo destinados a la producción de compost, aunque estemos a un nivel incipiente es un gran avance a nivel organizacional.

El proceso de retorno de los materiales orgánicos al suelo, optimiza su fertilización. Según la teoría de Liebig “la nutrición mineral, reduce la alimentación de las plantas a nitrógeno, fósforo y potasio, ignorando la importancia de los oligoelementos y los microorganismos del suelo, esto permitió el desarrollo de la industria de fertilizantes químicos y el abandono progresivo de los abonos orgánicos” o naturales.

De acuerdo a los estudios edafológicos se ha descubierto que los requerimientos del suelo en función al crecimiento de la planta no se reducen al Nitrógeno, fósforo y potasio, sino que también se requieren otros minerales, vitaminas y hormonas.

En ese sentido “los suelos fértiles constan de cuatro componentes: materia mineral, materia orgánica (con abundancia de seres vivos), aire y agua, todos íntimamente ligados entre sí que originan un medio ideal para el crecimiento de las plantas. De estos componentes, tanto en peso como volumen el compost mejora las propiedades físicas y químicas del suelo favoreciendo” el crecimiento sostenido de la planta.

Finalmente, la generación de los residuos orgánicos en el centro poblado de Paucartambo; al no ser manejados correctamente, da lugar a factores de contaminación y creación de impactos negativos al medio ambiente. Entonces; existiendo la necesidad de llevar a cabo un control de la generación de los residuos orgánicos urbanos y rurales se vio por conveniente dar un valor agregado a estos residuos que a través de un manejo posterior proceder a su utilización adecuadamente, de igual forma este compost obtenido con impermeabilización debe

ser evaluada y analizadas en sus constituyentes N-P-K que podría ser utilizados en las labores agrícolas y forestales en la zona.

En el distrito de Paucartambo ubicada en la Región Pasco a una altitud de 3 900 msnm y aproximadamente genera un total de 150 a 200 Kg por día, por cada comunidad, el cual incluye restos orgánicos, papeles, plásticos entre otros.

1.2 Delimitación de la investigación

La presente investigación pretende investigar la aplicación de la tecnología apropiada para acelerar la descomposición del material orgánico (compost) impermeabilizando con plástico doble negro a partir de los residuos domésticos degradables generados en el sector urbano y de otros sectores rurales del distrito de Paucartambo.

Por cuanto, todos los residuos deben preferentemente ser tratados con el fin de descomponerse y ser restituidos al campo para que nuevamente sean aprovechados los nutrientes y los suelos sean mejorados física y químicamente a fin de mantener un equilibrio en el medio ambiente. Sin embargo, debemos entender que botando residuos a un botadero o relleno sanitario no estamos devolviendo a la naturaleza lo que se extrajo creando un desequilibrio ambiental, por lo que específicamente a través de esta investigación se busca determinar una técnica apropiada para acelerar la descomposición del material orgánico que nos permita en un menor tiempo obtener compost a partir de los residuos orgánicos bajo condiciones del distrito de Paucartambo región Pasco.

1.3. Formulación del problema

1.3.1 Problema general

- ¿Cómo influye la impermeabilización con plástico doble negro en la producción de compost bajo condiciones del distrito de Paucartambo– Pasco-2018?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿Cómo influye la impermeabilización con plástico doble negro en la evolución del pH en la producción de compost bajo condiciones del distrito de Paucartambo– Pasco-2018?
- ¿Cómo influye la impermeabilización con plástico doble negro en la evolución de la temperatura en la producción de compost bajo condiciones del distrito de Paucartambo– Pasco-2018?
- ¿Cómo influye la impermeabilización con plástico doble negro en la calidad del compost producido bajo condiciones del distrito de Paucartambo– Pasco-2018?
- ¿Cómo influye la impermeabilización con plástico doble negro en el tiempo de producción de compost bajo condiciones del distrito de Paucartambo– Pasco-2018?
- ¿Cómo influye la impermeabilización con plástico doble negro en el costo de producción de compost bajo condiciones del distrito de Paucartambo– Pasco-2018?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Determinar la influencia de la impermeabilización del plástico doble negro en la producción de compost bajo condiciones del distrito de Paucartambo – Pasco-2018.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar la influencia de la impermeabilización del plástico doble negro en la evolución del pH en la producción de compost bajo condiciones del distrito de Paucartambo – Pasco-2018.
- Determinar la influencia de la impermeabilización del plástico doble negro en la evolución de la temperatura en la producción de compost bajo condiciones del distrito de Paucartambo – Pasco-2018.
- Determinar la influencia de la impermeabilización del plástico doble negro en la calidad del compost producido bajo condiciones del distrito de Paucartambo – Pasco-2018.
- Determinar la influencia de la impermeabilización del plástico doble negro en el tiempo de producción del compost bajo condiciones del distrito de Paucartambo – Pasco-2018.
- Determinar la influencia de la impermeabilización del plástico doble negro en el costo de producción de compost bajo condiciones del distrito de Paucartambo – Pasco-2018.

1.5. Justificación de la investigación

La investigación se justifica porque las materias generadas en las actividades de producción y consumo que no han alcanzado, en el contexto en que se producen, ningún valor, ya sea por la falta de tecnología adecuada para su aprovechamiento o por la inexistencia de un mercado que absorba los productos orgánicos” reciclados.

Así mismo, en los últimos tiempos muchas economías se han basado en el modelo de vida consumista, siendo su tema “producir más y consumir más”.

Como consecuencia de este estilo de vida, se ha tomado creciente el consumo de recursos que generan grandes cantidades de desechos, siendo su eliminación un problema ambiental de gravedad que se toma cada vez más complejo y creciente. Así, la disposición final se ha convertido en un problema de importancia en la gestión de los residuos sólidos urbanos (RSU) debido a la disminución de la disponibilidad de sitios para vertido y al aumento de Normas ambientales.

La gestión de los residuos comprende las etapas de generación, recolección, transporte, tratamiento, transferencia y disposición final y tiene como objetivos: lograr un adecuado y racional manejo de los residuos domiciliarios mediante su gestión integral; promover la valorización de los mismos a través de la implementación de métodos y procesos adecuados; minimizar los impactos negativos que puedan producir sobre el ambiente y lograr la minimización de los residuos con destino” a su última disposición.

En este contexto existiendo residuos en la población de Paucartambo, así como residuos en los sectores o campos de cultivo que no deben ser solo desechados sino por el contrario acelerar el proceso de descomposición a fin de obtener el compost impermeabilizando con plástico doble negro a partir de los residuos domésticos urbanos degradables y de otros sectores rurales. Lo mencionado permite aportar al suelo ya sea agrícola o forestal, así como para parques y ornamentación y que se constituya en sostenible y ecológicamente aceptable.

Por todo lo mencionado la investigación se justifica “desde el punto de vista práctico porque ayudará a resolver los problemas que tienen los proyectos mineros en etapa de Estudio de Impacto Ambiental) y para los pobladores urbanos, como

agricultores en cuatro aspectos fundamentales: ambiental, económico, social y técnico.”

De manera práctica podemos decir que la presente investigación contribuye a mitigar la contaminación ambiental por parte de los residuos sólidos y darle un valor agregado para ser utilizado en la agricultura.

1.6. Limitaciones de la investigación

La presente investigación se circunscribe al distrito de Paucartambo Provincia y Departamento de Pasco por lo que sus resultados serán válidos para las condiciones de la zona de estudio, sin embargo, se puede considerar homologar los resultados para zonas geográficas con similar altitud, precipitación y temperatura.

Adicionalmente cabe indicar que el resultado final del compost dependerá de los insumos que se utilicen por lo que los resultados pueden variar de una zona en función de los insumos que se apliquen.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

2.1.1. Antecedentes internacionales

Hernández (2000) en la tesis doctoral titulada “*Métodos para mejorar la calidad del compost de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos*”, obtenida del repositorio de la Universidad Politécnica de Madrid, España. La investigación realizó una investigación sobre el compostaje llevada a cabo en la planta de investigación de la firma Rondeco en la comuna de Nynáshamn al sur de Estocolmo, Suecia, donde ha resultado en un método único para diseñar plantas comerciales. Una combinación de separación in situ, pre-separación y un control de los residuos en la planta, limpieza del material que deja el reactor después de tres días y un afinamiento del compostaje final. Las conclusiones de la investigación se describen a continuación:

- La relación de contenido de metales pesados varía según el tipo de recogida como se puede apreciar en los resultados de los análisis obtenidos en el laboratorio de la planta piloto, como en los ensayos choques (laboratorios externos). En la recogida de residuos sin seleccionar, se observa claramente un mayor contenido de metales pesados que en las recogidas de residuos medianamente seleccionados y seleccionados in situ. Por lo tanto, “a mayor selectividad menor contaminación”.
- Los metales pesados contenidos en el cartón, papel fino y grueso, utilizados en todos los ensayos de compostaje no difieren en mayor grado con el que contienen los residuos, la pequeña diferencia se debe principalmente a que los residuos ensucian o contaminan el papel y cartón en la recogida sin seleccionar. Por lo tanto, los papeles y cartones son aptos para ser utilizados en el compostaje. Existe una relación directa entre” el acopio general sin seleccionar a la segregación en la fuente.
- Los “residuos tóxicos /peligrosos. Sobre estos residuos se observa la misma conducta que los metales pesados, disminuyen de acuerdo a una mayor selectividad de los residuos, los resultados obtenidos están por debajo de las exigencias para los lodos de depuradoras. Por lo tanto, considero que no son un grave problema para el proceso de compostaje, al” momento de preparar las muestras de investigación.
- Los “contaminantes orgánicos están en relación al tipo de acopio, lo que se pudo observar en los análisis efectuados en esta investigación. En caso de compostar solo materia orgánica seleccionada el riesgo será menor que con residuos sin seleccionar por lo que se debe realizar un test en la planta de

tratamiento antes del proceso de compostaje, las cuales afectan al momento de preparar las muestras de la investigación.

- Los nutrientes en los residuos domiciliarios de la parte orgánica y lodos de depuradoras independientemente del tipo de selección, integran el compost en forma balanceada lo que considero aceptable en esta investigación. Por lo tanto, se demuestra una vez más el valor de los nutrientes contenidos en el compost” son adecuados para el uso en la agricultura.
- La investigación consideró dos premisas: “1.- la saturación de la criba que efectuó la primera limpieza del material que deja el tambor ocasionadas principalmente con los residuos seleccionados in situ campaña III. 2.- La otra razón fundamental se debe a que en un comienzo la planta piloto no contaba con todo el equipamiento de una planta completa, lo que sin lugar a dudas” reduce la cantidad de material inservible.
- El uso del “Stoner logró disminuir la cantidad de metales pesados contenido en el compost, como cadmio, cobre, zinc, etc. La disminución ocurrió con compost en las tres campañas, por lo que representa una ventaja puesto que mejora la calidad del compost producido.
- Realizar una limpieza mecánica “fue fundamental en la limpieza y afinado del compost. Por lo que se debe usar en el proceso de compostaje, en esta investigación antes y después del tambor.
- Cifra de aceptación para el Pb. El plomo es uno de los metales pesados que se demostró ser un limitante para el amplio uso del compost. Por esta razón se creó una cifra de aceptación del plomo expresada P/Pb. Esta cifra fue creada por un investigador sueco y aceptado en los países nórdicos como Dinamarca, Noruega, Suecia, etc. Mientras mayor sea el valor que adquiera,

mayor serán las posibilidades de utilización del compost. Si se comparan los valores obtenidos del plomo en esta investigación debo mencionar que son valores que están bajo los niveles exigidos en la U.E al igual que en España. La cifra de aceptación dependerá directamente de la combinación de selección y medidas de limpieza efectuadas para los residuos así como en la planta.

- El compost obtenido tiene ventajas significativas frente a otros abonos comerciales, puesto que el contenido de nutrientes está en forma balanceada, aunque en pocas cantidades, la sustancia húmica, micronutrientes, tiene mejor capacidad de retener la humedad, enmendador y acondicionador del suelo, capacidad de aireación” y sobre todo la capacidad de ser absorbido por el suelo.
- Otra conclusión es que se demostró que el uso de los cilindros de compost o pellets ha favorecido en la maduración del compostaje y su calidad quedó demostrada al ser usados exitosamente en los bosques de pinos de Suecia.

Zermeño (2003) en la investigación titulada *Uso de plásticos en la agricultura*, publicada en *Abonos orgánicos y plasticultura*, editada por la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED y la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, donde se pretende que a un futuro los productores hortícolas de la Comarca Lagunera utilicen el sistema de producción de alta tecnología (acolchado plástico al suelo y riego localizado) además de tener fertilizaciones más apropiadas para cada uno de los cultivos en esta región. De acuerdo a las condiciones proporcionadas por el investigador (plástico en el suelo, humidificación constante, entre otros) se concluye que:

- La cantidad de Nitrógeno, fósforo y potasio a medida que se elevaron las dosis de los tratamientos, obteniéndose el óptimo para nitrógeno con las dosis altas de 180 y 240 kg ha⁻¹, para el fósforo se tuvo el óptimo nutrimental con las dosis aplicadas,” sin embargo no se alcanzó los mismos estándares para el potasio.
- Las “concentraciones más altas de sólidos solubles se tuvieron con la aplicación de 60 y 120 kg ha⁻¹ de nitrógeno (N) y en la parte factorial 50 y 100 kg ha⁻¹ para el caso del potasio” (K).
- Por otro lado “el rendimiento total no mostró diferencia significativa para los factores de estudio y sus interacciones, la mejor respuesta se tuvo en la parte baja de la factorial para el nitrógeno y fósforo 120 y 60 kg ha⁻¹, respectivamente y para el caso del potasio con la parte alta de la factorial 100 kg ha⁻¹”
- En la primera corrida la calidad “mostró diferencia significativa para el factor nitrógeno en la parte baja de la factorial 120 kg ha⁻¹ y para el fósforo y potasio la mejor respuesta, aunque no significativamente fue con la prolongación alta 120 kg ha⁻¹ y parte alta de la factorial 100 kg ha⁻¹.”
- Sin embargo, en la segunda corrida la calidad no obtuvo una “diferencia significativa para los factores en estudio y sus interacciones, la mejor respuesta se tuvo con 180, 60 y 150 kg ha⁻¹ de nitrógeno, fósforo y potasio,” correspondientemente.
- Finalmente, en la tercera prueba la calidad tuvo significancia con el factor nitrógeno 120 kg ha⁻¹ en la parte factorial baja.

De toda la investigación se puede concluir que el impacto socioeconómico y ambiental es que, mediante el sistema de producción de

acolchado plástico al suelo y riego localizado, se tiene un considerable ahorro del agua que es factor limitante en la Comarca Lagunera, además de reducir en su totalidad la aplicación de herbicidas ya que por medio del plástico se tiene un control en el incremento de las malezas en las camas de producción de compost.

Mollinedo (2009) en la Tesis Profesional titulada *Determinación de la calidad de compost, elaborado a partir de residuos sólidos orgánicos en el municipio de puerto mayor Carabuco, provincia Camacho*, publicada por la Universidad Mayor de San Andrés, que se llevó a cabo en el Municipio de Puerto Mayor, Carabuco de la provincia Camacho del departamento de La Paz, Bolivia, se utilizaron residuos sólidos orgánicos como ser: Residuos del lago (chanco), estiércoles (vacuno y ovino), residuos de forraje (avena y cebada) y residuos de cosecha (broza de tarwi y haba) como materia prima para el proceso de compostaje. De los resultados obtenidos se concluye que:

- Existen diferencias significativas en las mezclas de los cuatro tratamientos en el proceso de compostaje, la adecuada mezcla de esta investigación fue el” tercer tratamiento (T3).
- Los resultados óptimos tienen las siguientes características: “Residuos de forraje 40%, Mezcla de estiércol de bovino y ovino 30%, Residuos del lago 30% fue la mezcla de compost que mejores resultados mostró logrando obtener en un menor tiempo de 147 días y motivo por el cual mostro también un mejor rendimiento de 479 kg. De compost por cada 1000 kg. De materia orgánica sometida a proceso de” maduración del compost.

- Como el tratamiento con menor calidad tenemos al Tratamiento 4 (T4) que estaba compuesto por “58% residuos del lago, 24% de residuos de cosecha y 18% de estiércol de bovino, puesto que el contenido de nutrientes es mínimo y no tiene muy buena calidad en comparación con los otros tratamientos.
- Con la investigación se notó que las “diferentes mezclas en la elaboración de compost dependen de los insumos utilizados, los mismos que para este estudio fueron recolectados de las orillas del lago Titicaca en mayor proporción, además de estiércoles de animales, residuos de cosecha, residuos de forraje y residuos de cocina este último utilizado en menor proporción, los cuales fueron recolectados de los alrededores a la planta de compostaje” de la comunidad.
- Con la investigación se “logró obtener compost en un menor tiempo por la combinación de los residuos orgánicos en proporciones casi iguales, los residuos del lago que, por sus mismas características y orígenes, contienen ciertos microorganismos benéficos que ayudaron en la descomposición de la materia orgánica, además de utilizar cobertores” para todos los procedimientos.
- Por otro lado “el tratamiento T2 de 48% residuos del lago, 12% residuos de forraje y 40% de estiércol de bovino presento un rendimiento de 465 kg, segundo después del tratamiento T3, los residuos del lago influyeron a que el rendimiento sea menor en comparación al tratamiento” 3 (T3).
- Así mismo “existen diferencias significativas de los cuatro tratamientos en cuanto se refiere a la calidad del compost, principalmente por las diferentes

combinaciones en porcentajes de las mezclas de materia orgánica utilizada en” el estudio.

- En función al costo se han detectado que existen diferencias significativas entre cada tratamiento.
- Según la TRM “por cada boliviano invertido, el agricultor puede esperar recobrar y obtener 0,60 bolivianos adicionales,” lo que garantiza su rentabilidad.
- El costo / beneficio para los tratamientos más eficaces son: T3 = 2.10, T1 = 1.94, por un tiempo de 147 días.

Finalmente, de todo lo realizado, el tratamiento T3 mostró mejores resultados en lo que se refiere a calidad del producto final, buen rendimiento, una relación de B/C interesante y obteniendo el producto final en un tiempo total de 147 días.

López (2010) en la Tesis de Maestría titulada *Estudio del uso de residuos industriales no peligrosos a través del proceso de compostaje y su aplicación para el cultivo de maíz y frijol*, publicada por el Instituto Politécnico Nacional de Tlaxcala, en México. En este trabajo se estudió el uso de residuos industriales no peligrosos a través del proceso de compostaje y su aplicación para el cultivo de maíz y frijol en una de las zonas más erosionadas del estado de Tlaxcala, en el municipio de Altzayanca. Las variables de respuesta fueron el porcentaje de germinación, crecimiento foliar y rendimiento por parcela para cada tratamiento; para el registro de estas variables, el muestreo se hizo con un diseño de bloques al azar, se realizó un análisis de varianza para encontrar diferencias entre tratamientos, compostas y testigos. Arribó a las siguientes conclusiones:

- Las plantas de tratamiento lograron producir compostaje limpio, “libre de olor y con aspecto similar a suelo, que además cumplió con la norma para la producción de los mejoradores de suelos a partir de residuos orgánicos.”
- Al utilizar “los lodos de plantas de tratamiento de agua para la elaboración de compostas” se está dando un valor agregado a estos residuos.
- Toda la “materia orgánica, independientemente de su naturaleza, fue favorablemente mineralizada a través del proceso de compostaje, obteniéndose un material no fitotóxico, donde además sus componentes se transformaron en compuestos asimilables” en el cultivo de maíz y frijol.
- Utilizar una batería de compostaje “incrementa el crecimiento y producción de cultivos respecto al suelo sin adición de fertilizantes, pero además la aplicación continua de la misma puede mejorar la calidad de los suelos y disminuir” los efectos de la desmineralización y empobrecimiento.
- Se comprobó que “la adición de composta, incluso con una sola aplicación al suelo, tuvo un efecto positivo en este, mejorando el % de M.O., contenido de N, P y sales solubles. Se prevé que futuras aplicaciones mejoren las propiedades físicas, químicas y biológicas” fertilizando el suelo.
- De la experimentación se determinó que los “parámetros fisicoquímicos y su efecto de aplicación en los cultivos de maíz y frijol se puede decir que la composta C-5 fue la que tuvo mejores características agronómicas y que fueron muy favorables para los dos cultivos, maíz y frijol, independientemente de los requerimientos de cada uno, supliendo las necesidades nutrimentales de ambos. Demostrando que los lodos son aprovechables a través del compostaje, transformándose eficazmente” en compost maduro.

Buhmann (2010) en la Tesis Profesional titulada *Producción de abono orgánico a partir del material biodegradable presente en los residuos sólidos domésticos de la OCV José Félix Ribas*, publicada por la Universidad Central de Venezuela, en Caracas, tuvo como objeto del estudio, proponer parámetros de diseño y operación del proceso de elaboración de abono orgánico para aplicación en un futuro complejo habitacional, denominado Organización Comunitaria para la Vivienda (OCV) José Félix Ribas, ubicado en Los Teques. Las conclusiones fueron:

- La planta de tratamiento, tienen una capacidad de 334 Kg/día.
- La composición de los desechos orgánicos utilizados en la producción de compostaje es: desechos vegetales, aserrín, grama y diferentes tipos de hojas.
- Las pilas de tratamiento de compostaje tienen un área de 0.045 metros cuadrados, de dimensionadas en 30 cm (alto) x 30 cm (ancho) y 50 cm (alto).
- Se comprobó que la ventilación “diaria del compost, mejora los parámetros finales del compost ya que proporciona una mayor cantidad de oxígeno lo que genera una mayor tasa de” bio-degradación.
- De la selección de sustratos se observó que la mezcla de “grama - hojas resultó ser el agente estructurante que reportó los mejores resultados ya que le otorga a la materia orgánica una mayor porosidad promoviendo la actividad” del tratamiento aerobio.
- Así mismo “la relación agente estructurante materia orgánica que reportó los mejores resultados fue la de igual proporción volumétrica. Además, se

determinó como tiempo de biodegradación más favorable 15 días, ya que, a los 30 días, no se observaron cambios” significativos.

- Las paredes cerradas del compostero “presentó los mejores resultados ya que disminuye la pérdida de calor al ambiente, favoreciendo una temperatura de la fase termófila más alta y más estable.”
- El porcentaje de “potasio y fósforo del producto dependen principalmente de las proporciones de estos macronutrientes” del sustrato inicial.
- Con la “prueba de fitotoxicidad para todos los casos determinó que la mezcla de compost elaborados no contenía compuestos tóxicos,” por lo tanto su uso no afecta el crecimiento de las plantas, por el contrario, la favorece.
- En ese sentido, “el esquema de proceso propuesto para la elaboración de compost en la comunidad José Félix Rivas, es un proceso que contempla tres bloques acondicionamiento de la materia prima, reacción y acondicionamiento del producto, y tendrá una producción de 200 kg de compostaje por día.

Tortosa (2011) en la Tesis Doctoral titulada *Elaboración a escala pre-industrial de enmiendas y abonos orgánicos sólidos y líquidos mediante co-compostaje de orujo de oliva de dos fases o “alperujo”*, publicada por la Universidad de Murcia, en España, se ha estudiado a escala pre-industrial la viabilidad del compostaje de alperujo (AL) con dos agentes estructurantes, un estiércol avícola (gallinaza, G) y, alternativamente, con otro de origen ovino (sirle, S), añadiendo a ambos tipos de mezclas un aditivo mineral ácido rico en hierro u otro rico en fósforo, a fin de rebajar

la alcalinidad de los sustratos y enriquecerlos en uno u otro de estos nutrientes. Luego del desarrollo de la investigación se concluyó que:

- El excremento de gallina (G) y oveja (S) mostraron una gran efectividad como agentes estructurantes para el co-compostaje del AL, de forma que su mezcla con el mismo y el manejo de los sustratos mediante volteos mecánicos periódicos, propiciaron condiciones aeróbicas adecuadas para el efectivo control y buena marcha del proceso de compostaje a escala pre-industrial. El perfil de temperatura de las pilas reflejó la evolución del proceso, indicando un diferente comportamiento para los dos grupos de mezclas ensayadas (AL+G y AL+S), de tal modo que el periodo termófilo fue claramente más prolongado en el primer grupo, debido a la mayor resistencia a los procesos biodegradativos del agente estructurante (G) que fue empleado en esta investigación.
- El progreso en la producción del compostaje incrementa el pH de los sustratos hasta valores finales claramente alcalinos a la vez que disminuyó el contenido graso y el de carbono orgánico, carbohidratos y polifenoles en la fracción hidrosoluble, todos ellos componentes de gran biodisponibilidad especialmente durante la fase más activa del proceso (termófila). También el contenido total de M.O., inicialmente mayor en el grupo AL+G que en el AL+S, disminuyó con el avance del proceso en todas las pilas, si bien sus pérdidas se ajustaron a una cinética lineal en el primer grupo, pero exponencial en el segundo, ya que las pilas en este último caso sufrieron una mayor biodegradación al inicio del proceso de compostaje. Consecuentemente con lo anterior, los procesos de biodegradación ocasionaron pérdidas importantes de los principales biopolímeros

constituyentes de la M.O. (lignina, celulosa y hemicelulosa), más moderadas en el caso de la lignina y particularmente intensas en los periodos termófilos.

- Durante la producción del compost el contenido de N total aumentó durante el compostaje debido al efecto de concentración provocado por la fuerte biodegradación de la M.O., apreciándose un claro predominio de su forma orgánica en todas las pilas, pero un mayor contenido de forma amónica en las pilas AL+G, si bien esta última disminuyó progresivamente sin que apenas se detectaran nitratos al final del proceso. Tomando como referencia el contenido inicial de N en los sustratos, sin embargo, se apreciaron pérdidas de este nutriente que oscilaron entre 20 y 45%, coincidiendo la mayor intensidad de las mismas con los incrementos de pH y las temperaturas altas, condiciones que es sabido favorecen la generación y posterior volatilización del amoníaco.”
- Por otro lado “la relación COT/NT y COH/NORG mostraron un descenso generalizado durante el proceso de compostaje, indicando una importante degradación de las fracciones más ricas en C orgánico, si bien la relación COT/NT experimentó un ligero aumento durante la etapa termófila en las pilas AL+G debido al intenso descenso registrado en el contenido de amonio, claramente atribuible a su volatilización como amoníaco. Por otra parte, la evolución de los índices de humificación (aumento de DH y PAH, pero disminución de IH) fue claro indicativo de los procesos de reorganización y condensación molecular propios de la humificación, que conllevaron al progresivo predominio de los AH como fracción más polimerizada de la” materia orgánica.

- También se realizó un análisis fitotóxico, donde se demostró que la toxicidad del compost maduro se redujo en un 70% con respecto a los valores iniciales.
- Por otro lado, “los aditivos minerales ácidos redujeron en aproximadamente 0,5 unidades el pH de los sustratos AL+G y AL+S de forma persistente y hasta el final del compostaje, a la vez que propiciaron una mayor reducción del contenido de hemicelulosa y del de carbono orgánico y polifenoles hidrosolubles, mientras que por el contrario limitaron la degradación de lignina y celulosa y las pérdidas de N, lo que contribuyó a incrementar el valor fertilizante de” compostaje maduro.
- El compost obtenido se encuentra “exento de citotoxicidad, mostraron un importante contenido de M.O. predominantemente de naturaleza ligno celulósica y con marcadas características húmicas. El valor de COT/NT fue claramente superior en los del grupo AL+G, lo que debe relacionarse con su mayor contenido de M.O. y, especialmente de lignina, respecto al grupo de composts elaborados con S. En cuanto al contenido de nutrientes, el N (en torno al 2%) fue predominantemente de naturaleza orgánica, destacando el mayor contenido de Fe y P en las composts elaborados con los aditivos minerales ácidos y el de Ca en los del grupo AL+S. Por su contenido en metales pesados, todos se clasificaron en la clase B, con la sola excepción de AL+G que cabe incluirlo en la clase” A.
- En función a la “legislación vigente sobre productos fertilizantes (Real Decreto 824/2005, y la correspondiente Orden PRE/630/2011, de 23 de marzo, por la que se modifican los anexos I, II, III, IV, V y VI de dicho Real Decreto), todos los composts entraron dentro de la categoría Compost

de AL. Sólo los dos composts obtenidos sin los aditivos minerales pudieron ser catalogados como Enmienda orgánica húmica y Enmienda orgánica compost y para el caso de AL+S, también como Abono orgánico NPK de origen animal y vegetal. Los cuatro restantes, que hubieran debido considerarse como abonos órgano-minerales sólidos por contener los citados aditivos, no alcanzaron sin embargo el mínimo contenido de N, P y K requerido por la norma legal para ser incluidos” en la categorización.

- La hidrosolubilidad “de los composts mostró baja concentración de M.O. y de elementos nutrientes. Sin embargo, tal concentración creció de modo importante cuando la extracción se repitió en frío, pero utilizando KOH 1M y alcanzó valores máximos cuando el tratamiento alcalino de los composts se repitió de nuevo, pero a 70° C. En el último caso, se encontraron concentraciones de C y N superiores a 60 y 6 g L⁻¹, respectivamente, diez veces mayores que en la fracción hidrosoluble, y fue también notable la concentración de Fe álcali-soluble movilizado en estas condiciones, especialmente en los extractos de los dos compostajes enriquecidos en este elemento” (en función a 1 g/L).
- La separación “en AH y FF de la MOAS obtenida, tanto en frío como en caliente, reveló la afinidad de K, Ca, Mg y Na por la FF, ya que pueden considerarse como típicos elementos minerales que o bien permanecen como iones en la solución ácida o como formas más o menos asociadas a esta fracción molecularmente menos compleja. Por el contrario, una gran proporción de C, N y P se encontraron en la fracción AH como típicos constituyentes estructurales de esta fracción orgánica molecularmente más compleja, mientras que los microelementos encontrados pudieron asociarse

mediante fenómenos de quelación bien con AH (Fe y Cu) o con FF, como en el caso del” Manganese.

- De los tres protocolos de extracción anteriores permitió la obtención directa de *Abonos órgano-minerales líquidos*, pues si bien la extracción alcalina en caliente mostró concentraciones de Carbono superiores al mínimo legal requerido (4%) en los extractos de los seis compost, las de N y P fueron pequeñas.
- Finalmente tanto los composts de AL como sus extractos alcalinos constituyen una excelente materia prima para la preparación industrial de *Abonos órgano-minerals sólidos y líquidos*, si bien será necesaria su mezcla o combinación con otros abonos orgánicos y/o minerales para este caso.
- Clavijo (2014) en la Tesis de Magister titulada “*Estudio Comparativo para la Elaboración de Compost por Técnica Manual en el Bioparque Amaru Cuenca*”, obtenida del repositorio de la Universidad de Cuenca, Ecuador. Planteó como objetivo fundamental establecer la mejor mezcla y condiciones de compostaje de los diferentes desechos orgánicos generados en el Bioparque Amaru Cuenca. Para el efecto se realizó un análisis comparativo de los factores: temperatura, humedad, pH, materia orgánica, macro y micro elementos, la diversidad de hongos y bacterias que intervienen en el proceso del compostaje, así como también la calidad del compost, evaluados en la fase de germinación de las hortalizas como el brócoli y la lechuga. Se acepta la Hipótesis planteada: que los materiales utilizados en la elaboración del compost si contribuyeron en la obtención de abono orgánico compost con gran contenido de nutrientes para las

plantas, esterilizado, estable y con gran actividad biológica. La investigación llegó a las siguientes conclusiones:

- La producción de compost a base de excremento de los animales del zoológico y sustratos procedentes del bioterio, según los resultados obtenidos en este estudio, demuestran que son viables utilizar en la agricultura y por ende favoreciendo a la Agroecología; ya que al realizar el proceso de compostaje contribuye en la disminución y aprovechamiento de los desechos orgánicos, se reduce la contaminación y fomenta a una producción de abono orgánico amigable con el medio ambiente.
- Las variables intervinientes como la temperatura, humedad, pH y materia orgánica durante el proceso del compostaje con las diferentes mezclas. La temperatura máxima que se registra en este estudio es de 29,60°C en T1 (estiércol de herbívoro + restos de comida) y 20,33°C en T2 (estiércol de carnívoro + restos de bioterio). En este estudio las condiciones de temperatura favorecieron al grupo de organismos Mesófilos, los que descompusieron la materia orgánica para obtener materia y energía (compost). La variable temperatura según el MANOVA indica que hay diferencia significativa entre las diferentes mezclas y entre las diferentes fechas que se realizaron las tomas de datos, esto demuestra que los diferentes materiales de origen vegetal y animal influyen en la temperatura de la abonera y que la temperatura será diferente según la edad de establecida de la abonera. No así para la semana quinta, sexta, séptima y novena que no es significativo. El mayor porcentaje de humedad fue obtenido por el T1 (estiércol de herbívoro + restos de comida) con 106.55% y del tratamiento T2 (estiércol de carnívoro + restos de bioterio) con

35.89%. El pH en el T1 (estiércol de herbívoro + restos de comida) es 8,4 y en el T2 (estiércol de carnívoro + restos de bioterio) es 7,7. La materia orgánica obtenida en T1 (estiércol de herbívoro + restos de comida) fue de 17,80% y de T2 (estiércol de carnívoro + restos de bioterio) fue de 18,59%

- Los macro y micro elementos procedentes del compostaje: Al realizar análisis de ANOVA a los macro nutrientes se encontraron diferencias significativas en los elementos químicos (P y Ca) y en el elemento C, N, K y Mg, no se encontró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. La mezcla que contenía estiércol de herbívoro + restos de comida, tiene un valor de la relación C/N con 11,63:1, seguida por la mezcla conteniendo estiércol de herbívoro + restos de bioterio con 11,62:1. Al realizar análisis de ANOVA al micro nutrientes se encontraron diferencias significativas en los elementos químicos (Fe, Mg y Cu) y en el elemento Zn no se encontró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. De los micronutrientes estudiados todos cumplen con los rangos establecido para compost comercial. Según la bibliografía, el compost obtenido en este estudio, es de buena calidad, ya los con parámetros de carbono y magnesio si se ajustan a los compost que se expenden en el mercado.
- La diversidad de hongos y bacterias en el proceso del compostaje: La presencia de bacterias y hongos se dio durante todo el proceso de descomposición, siendo menor la diversidad de especies de las bacterias y hongos encontrados por tratamientos a los 60 días que a los 120 días. Entre las bacterias más encontradas están las del género *Bacillus* y *Pseudomonas*, y entre los hongos fueron los géneros *Aspergillus*, *Penicillium* y *Fusarium*.

- La evaluación biológica: El compost utilizado para la elaboración de sustrato presentó estabilidad del material empleado para su elaboración; ya que el porcentaje de germinación de las semillas fue superior a 90%, lo que indica que no hay sustancias fitotóxicas. Las hortalizas sembradas en el sustrato con estiércol de herbívoro al 40 y al 60% superaron valores superiores a 90% de índice de germinación, que son comercialmente satisfactorio. Al realizar análisis de ANOVA índice de germinación se encontraron diferencias significativas en los sustratoT1 (60%), sustrato T1 (40%), sustrato T2(40%), y en el sustrato T2(60%) no se encontró diferencias estadísticas significativas entre los sustratos.

Quintero (2015) en la Tesis de Magister titulada *Efecto del acolchado plástico y orgánico sobre la temperatura del suelo y el rendimiento de tomate en invernadero*, publicada por la Universidad Autónoma de Nuevo León, en Escobedo, México, considerando los resultados obtenidos se concluye que, bajo las condiciones climáticas en las que se desarrolló el presente estudio, el uso de acolchado plástico no influyó en el rendimiento de tomate, pero la temperatura del suelo se incrementó con los acolchados plásticos, principalmente con el plástico negro comparado con el plateado/negro. El acolchado con paja de sorgo tampoco mostró ventajas en cuanto a los rendimientos, sin embargo, las temperaturas del suelo fueron menores con este tipo de acolchado.

Arrigoni (2016) en la Tesis Doctoral titulada *Optimización del proceso de compostaje de pequeña escala*, publicada por la Universidad Nacional de Córdoba, en Argentina, tuvo como objetivo identificar aspectos de diseño en compostadores y de la gestión del proceso, que faciliten la

optimización e implementación de esta tecnología agropecuaria y ambiental, en las alternativas municipales de gestión de residuos. En este trabajo se confirmó:

- El procedimiento de producción de compostaje, como tecnología desarrollada en el marco de las ciencias agropecuarias y con reconocido valor en el tratamiento de residuos sólidos urbanos, sigue evolucionando, al punto que muchos estados nacionales tengan la expectativa y objetivo en el corto, mediano y largo plazo, de que todo aquel ciudadano que disponga de un espacio mínimo en su residencia, actúe como responsable del proceso de compostaje y tratamiento de la fracción de residuos orgánico que genera. La diversidad de escenarios posibles de intervención requiere la revisión y adecuación de los factores que regulan el proceso y permitan” optimizar el rendimiento de producción.
- Para la investigación se realizó un convenio con todos los agentes interesados, se realizaron campañas de sensibilización,
- La presente investigación permitió plantear la modificación de algunas políticas públicas respecto a las estrategias de gestión ambiental integral, empezando del acopio de los residuos sólidos urbanos y periurbanos, así mismo se realizó una campaña masiva para la producción de compost, enseñando a los usuarios el proceso de obtención de lixiviados ricos en proteínas para la recuperación de suelos.
- Se logró establecer procedimientos sencillos para la obtención de compost maduro de buena calidad y con alto rendimiento.

Storino (2017) en la tesis doctoral titulada *Compostaje descentralizado de residuos orgánicos domiciliarios a pequeña escala:*

Estudio del Proceso y del Producto Obtenido, presentada a la Universidad Pública de Navarra, en Pamplona, arribó a las siguientes conclusiones:

- Mediante un análisis SWOT (DAFO) se identificaron las oportunidades, fortalezas, debilidades y amenazas respecto al desarrollo del estudio, los cuales determinaron que existen diferencias entre el compostaje doméstico con el industrializado.
- Respecto al tratamiento de compost a nivel domiciliario e industrial existen marcadas diferencias, para la variable temperatura en la producción industrial siempre se mantiene elevado mientras que en el nivel doméstico es variante e inestable, sin embargo, las características de calidad son similares.
- Respecto a la generación de lixiviados, en el proceso de producción doméstico no se han observado, mientras que en el proceso de producción industrial si se ha visualizado una gran cantidad.
- Los sustratos de una compostera domiciliaria difieren de una compostera comunitaria, puesto que existe mayor variedad en las pilas de compost domiciliario, puesto que muchas veces estos incrementan restos cárnicos lo que facilita y acelera la maduración del compost.
- Por otro lado, desde el punto de vista higiénico-sanitario, la presencia de restos cárnicos puede incrementar ligeramente los niveles de *Escherichia coli* en el compost final, sin alcanzar niveles que supongan riesgo para los usuarios. Las temperaturas alcanzadas y la mayor actividad biológica durante el proceso en composteras domésticas son suficientes para reducir la carga patógena en el compost. A la luz de los resultados obtenidos, resulta indispensable un correcto manejo de las composteras, con volteos

suficientes, que aseguren que todo el material compostado sea sometido a condiciones óptimas de proceso de producción de compost orgánico.

- Otra variable que pudo ser estudiada en la presente investigación fue la homogenización, concluyendo que las composteras domésticas presentan irregularidades en la temperatura el sustrato debe ser removido vigorosamente periódicamente para obtener una buena calidad de compostaje.
- Si bien es cierto el compostaje producido aplicado en bajas cantidades no se compara con la eficiencia de los abonos sintéticos, pero una dosis elevada de compost doméstico puede superar a estos.
- Con los resultados obtenidos “en el ensayo de evaluación del compost doméstico como sustrato de cultivo, es posible afirmar que el compost HCC, debido a su menor salinidad, puede ser utilizado en mayor proporción respecto a otros compost industriales como ingrediente para la formulación de sustrato, sin presentar efectos negativos en los cultivos. En ambos ensayos, los restos cárnicos utilizados como ingredientes en algunos compost domésticos no afectaron el desarrollo de las plantas.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Cabrera (2012) en la Tesis Profesional titulada “*Comparativo de tres biodegradantes en la elaboración de compost en Santa Ana La Convención*”, publicada en el repositorio de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, la investigación planteó como objetivo evaluar el comportamiento de tres biodegradantes en la elaboración de compost en Santa Ana – La Convención. En el estudio se probó el efecto de tres biodegradantes (Azotolam, Biospeed, y EM-compost) con diferentes dosis (baja, media y alta),

en la elaboración de compost. Se utilizó el diseño experimental de Bloques Completos al Azar con 10 tratamientos y 4 repeticiones. El factor en estudio estuvo constituido por 9 dosis de biodegradantes (inóculo comercial) y un testigo, en un modelo de pilas en montón libre. Del análisis de los resultados menciona los siguientes resultados:

- La variable temperatura osciló entre 36°C a 65 °C. A los 10 días se obtuvieron las temperaturas más elevadas correspondiendo a la etapa termófila, a los 20 a 40 días no se observaron diferencias entre tratamientos, finalmente a los 50 días se observó temperaturas desde 36 a 40°C que es propio de la etapa de enfriamiento y maduración del compost” (Grado IV).
- Respecto al tiempo para “la obtención del compost, el tratamiento con Biospeed a dosis de 20 ml favoreció con 52 días, a diferencia del Testigo que requirió mayor tiempo,” en ese sentido se utilizó 80 días.
- Por otro lado, “el peso de compost, los tratamientos Biospeed a 20 ml, Biospeed a 30ml, EM Compost a 10 ml y E-M Compost a 15 ml presentaron un peso intermedio de 46 Kg. favorable en un compost de” alta calidad.
- También se realizó un análisis de granulometría se realizó con la finalidad de determinar el tratamiento más degradado utilizando tamiz para granulometría de 10 mm, presentando el mayor nivel de degradación el tratamiento Biospeed 20 ml registró menor porcentaje (10.19 %) de partículas mayores a 10 milímetros.
- El análisis químico de compost se observa que, el tratamiento Biospeed 20 ml favoreció mejores resultados, humedad 40.5%, Materia orgánica 17.10, pH:7.2, nitrato NO₃ 0.27%, fósforo 7.42 x 10⁻² %, potasio 4.4 x 10⁻³ % y relación C/N: 2.70. Habiendo superado al Testigo con humedad 48.9%,

materia orgánica 26.80, pH 7.8, nitrato 0.1%, fósforo 3.35 x 10² %, potasio 6.7 x 10⁻³ % y C/N: 8.2; considerándose como” el tratamiento óptimo.

- Del “análisis económico, con el tratamiento 82 (Biospeed 20 ml) presenta mayor índice de beneficio costo con el índice más alto de 1.8 en relación B/C.

Mendoza (2012) en la Tesis titulada “*Propuesta de compostaje de los residuos vegetales generados en la Universidad de Piura*”, publicada por la Universidad de Piura, tiene como objetivo principal, la elaboración de una propuesta de compostaje de los residuos vegetales generados en el campus de la Universidad de Piura. Se instalaron cuatro pilas de compostaje de estos materiales denominados “tratamientos”; además se evaluó el efecto de la aplicación de microorganismos eficaces sobre la calidad físico-química y microbiológica del compost, junto con el grado de degradación alcanzado en cada uno de los tratamientos. La metodología de compostaje utilizada, se basó en un proceso aeróbico de dos meses. Se realizaron volteos semanales de forma manual, riegos diarios para mantener la humedad óptima, medición de temperatura tres veces por semana, aplicación semanal de microorganismos eficaces en dosis pre establecidas, y toma de muestras cada dos semanas, para el análisis físico-químico, y cada semana, para el análisis microbiológico, llegando a las siguientes conclusiones:

- En el tratamiento se pudo llegar a controlar el pH, principalmente en la etapa final con un valor cercano a 7, ya que este pH favorece la degradación de la materia orgánica, también se observó que las ramas de algarrobo alcanzaron una pH de 6.36 pero con la adición de otros materiales logró estabilizarse y alcanzar los límites permisibles.

- De las cuatro pilas, el tratamiento 2 (pila 3) fue el que registró mayor porcentaje de ramillas degradadas (36,7%) durante los dos meses que duró el proceso de compostaje. Comparando este porcentaje de degradación con el obtenido en el tratamiento 0 (pila 1), el cual fue de 22,19% de ramillas degradadas, se observa la efectividad de la dosis de microorganismos eficaces aplicada en el tratamiento 2, asimismo, el tratamiento 2 registró el valor de pH más cercano al neutro (7,39) y una concentración de $2,2E+04$ NMP/100 g de microorganismos termo tolerantes inferior al límite permisible ($1,0 E+05$ NMP/100 g).
- La proporción “carbono/nitrógeno es un indicador importante en el seguimiento del proceso de compostaje, éste tiende a disminuir hasta alcanzar valores entre 25 y 30 en el producto final. Este valor también depende de los materiales iniciales. Los tratamientos 2 y 3 fueron los más cercanos a este rango, siendo de 24,9 y 27,8 respectivamente, ayudando a establecer la culminación del proceso. Hay que tener en cuenta que, si la relación es muy baja, nos indica que la composta se ha mineralizado excesivamente, y si es muy alta, puede indicar que no se ha descompuesto suficientemente. La estabilidad de este valor es un indicador de que la degradación” disminuye en proporción al tiempo.
- La caracterización de los residuos a utilizar proporcionó la información necesaria para sostener la cantidad de maleza necesaria mensualmente en la producción de compost en la UDEP.
- En vista que los materiales a utilizar son de grandes dimensiones, se requirió el uso de una trituradora reducir el tamaño a menores de 3 cm.

- La distribución de los materiales debe ser en forma de U, de manera tal que se diferencien las entradas y salidas.
- La capacidad del “almacén de producto terminado ha sido diseñado para almacenar hasta cuatro meses de compost. El tiempo de almacenamiento de este producto es importante, ya que se considera como compost fresco si tiene un tiempo de almacenaje corto (2 a 4 meses), compost maduro si tiene un tiempo de almacenaje mediano (5 a 12 meses) y compost viejo si tiene un tiempo de almacenaje largo” por más de un año.
- A nivel social, esta propuesta proporciona una oportunidad laboral, para lo cual se deben organizar y formalizar a fin de gestionar adecuadamente la planta procesadora. Un claro ejemplo de oportunidad es que la Universidad adquiere abono orgánico para las áreas verdes, además el producto obtenido tiene una proporción de C/N igual a 24.9.
- Suaña (2013) en la Tesis de Magíster titulada *Compostaje de residuos orgánicos y de lenteja de agua (Lemna sp.) con aplicación microorganismos eficaces*, publicada por la Universidad Nacional del Altiplano, de Puno, llegó a las siguientes conclusiones:
- El tiempo de descomposición para la lenteja de agua es mayor en el tratamiento testigo con 90 días, con 82 y 75 días para dosis de 100 y 200 ml de EM. Para residuos orgánicos el tiempo de descomposición es menor, pero con similar efecto de los EM, de 65 días para el control, 55 y 50 días para las dosis de 100 y 200 ml respectivamente. La granulometría indica un 75 a 90% de gránulos con diámetros <1.5 mm en ambos sustratos de compost” utilizado.

- También “la temperatura según el sustrato fue 26.56 °C para lenteja de agua y 27.48 para residuos orgánicos, similares entre sí ($P>0.05$); para dosis de EM la mayor temperatura presentó la dosis de 100 ml con 29.38 °C, estadísticamente similar a la dosis con 200 ml con 28.56 °C, ambas estadísticamente superior al testigo con 23.20 °C. El pH según el sustrato fue para lenteja de agua 6.5, para residuos orgánicos 6.4 similares entre sí ($P>0.05$). Para las dosis de EM fueron el testigo con 6.19, para la dosis 100 ml de 6.59 y para la dosis de 200 ml de 6.55, siendo considerados pH neutros y similares entre sí ($P>0.05$).
- De acuerdo al sustrato utilizado, nitrógeno, fósforo y potasio no se encontró diferencia estadística ($P>0.05$), para sodio total el sustrato de lenteja de agua presenta un valor superior al de residuos orgánicos. Para nitrógeno según la dosis de EM: con 200 ml presentó 0.33% estadísticamente superior al resto de dosis ($P<0.05$), la dosis con 100 ml con 0.235% y el control con 0.145%. Para fósforo según la dosis de EM: con 100 ml presentó 41.075%, para 200 ml con 43.72%, siendo mayores al testigo y similares entre sí ($P<0.05$), el testigo con 22.30%. Para potasio según las dosis de EM: con 200 ml presentó 0.685%, para 100 ml con 0.595% y el testigo con 0.5%, sin diferencia estadísticas entre sí ($P>0.05$).”
- El “sodio total según dosis de EM: con 100 y 200 ml de EM presentan promedios de sodio total similares con 662.5 y 725.0% respectivamente, superiores al testigo que presentó 550% ($P<0.05$).”
- Gallardo (2013) en la Tesis de Magíster titulada “*Obtención de compost a partir de residuos orgánicos impermeabilizados con geomembrana*”, Obtenido del repositorio de la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima

con el propósito de utilizar residuos orgánicos domésticos y al mes 4500 kg producto de los restos de comida de los diferentes comedores del Proyecto, para procesarlos y reutilizarlos se optó por desarrollar un proceso de compostaje que ha llevado a establecer una metodología para obtener compost en el menor tiempo en un ambiente de clima frígido entre 4380 a 4600 msnm; Para lo cual se introduce en la etapa inicial una mezcla de 80% de residuos orgánicos con 5 % de estiércol de alpaca de la zona y 15% de agua para mantener la humedad colocados en cavidades de madera impermeabilizado con geomembrana para activar y acelerar la actividad bacterial; estas cavidades a manera de módulos de 2x2x1.5 m³ llevan acoplados en la parte superior un techo de modo variable a fin de que durante el día la mezcla quede expuesta a la energía solar y de noche cubierta con el mismo techo; siendo removido la mezcla 18 veces durante todo el proceso (3, 5 y 7 días por cada etapa), llegó a los siguientes resultados:

- El procedimiento para la producción de compost se realiza de manera práctica y sencilla, y de este modo se contribuye a dar solución a los problemas de acumulación de basura, dándole un valor agregado y obteniendo un producto de alta calidad para ser utilizado en la agricultura.
- El compost obtenido mediante un proceso de producción con cobertura de geo membrana dio excelentes resultados. A diferencia de los métodos convencionales se pudo observar que el tratamiento con geomembranas se pudo obtener en solo 75 días.
- Así mismo, “la calidad de compost obtenido en el resultado de las tres comunidades es óptima, jugando un papel importante en el proceso la

geomembrana por sus características de impermeable, el cual ayudó a que no se percole al suelo los líquidos productos de los residuos sólido doméstico obtenido de los comedores, esto ayudando a los microorganismos a procesarse mejor y dar las condiciones para la descomposición de los residuos sólidos.

- Otro aporte importante en la presente investigación fue la adición de cal en el compostaje eleva el pH, y los microorganismos que trabajan en la descomposición de los residuos orgánicos tardan debido a la alcalinidad de la cal, produciéndose la muerte de algunas bacterias esto retardando el proceso, y teniendo como resultado final un compostaje en mayor tiempo (más de 200 días) y este producto final no sirviendo para la forestación (sembrar árboles donde nunca hubo antecedentes de plantaciones antiguas), debido a la alcalinidad y composición final” obtenida.
- Las empresas mineras que “realizan el compostaje con la adición de cal, ya que este minimiza y controla el olor, y el producto final de compostaje que obtienen es básicamente direccionado para las desmonteras, relaves, botaderos y/u otro uso que realizan, mas no para forestar debido a su composición final del compost” es de baja calidad.
- Otro aporte importante es que, el diseño de los módulos de la tesis experimental para la obtención del compostaje ayudó a controlar el olor debido que el residuo doméstico utilizado para el proceso era solo una tercera parte del tamaño del módulo impermeabilizado, esto ayudó al proceso de descomposición a tener la oxigenación adecuada y a facilitar en los volteos que se realizaba de acuerdo al cronograma del experimento. Ya

que se aseguró la mantención de condiciones aeróbicas lo que favorece entre otras cosas el proceso de producción de nitratos.

- Una nota importante es que cuando un módulo de residuos orgánicos en proceso compostaje no tiene suficiente oxígeno, el proceso se transforma en anaerobio y se producen olores ofensivos. La muerte por asfixia de los microorganismos detiene el proceso e inicia la putrefacción de los residuos” sólidos.
- De acuerdo a la forestación piloto “de 1000 plantas nativas “Queñua” que se insertaron en cada comunidad y cuyo tamaño de plantación inicial fue de 12 a 15 cm de altura aproximadamente de cada uno de las plantitas, se demostró la calidad del compost obtenido en el experimento ya que en dos años crecieron de 70 a 80 cm más, llegando a medir hasta un metro, solo con arborización de compostaje obtenido en las comunidades, sin adición de ningún abono superficial, y teniendo en cuenta que en esas comunidades nunca hubo antecedentes de árboles debido a la altura y clima del lugar.
- El proceso de producción de compost mejoró la imagen institucional de la empresa hacia las comunidades de su entorno, como un ejemplo de responsabilidad ambiental
- Las plantas de Queñua crearon un micro clima debido a la recuperación de suelos áridos.
- Así mismo el abono fue utilizado exitosamente para la siembra de hortalizas en espacios adecuados.
- A diferencia de otras empresas mineras que utilizan el compostaje obtenido para la neutralización de relaves, esta empresa lo utilizó para recuperación de suelos, en la agricultura y siembra de árboles.

Iliquín (2014) en la Tesis Profesional titulada *Producción de compost utilizando residuos orgánicos producidos en el camal municipal y viviendas urbanas aplicando los métodos takakura y em(microorganismos eficaces) - compost en el distrito de Chachapoyas, región Amazonas*, publicada por la Universidad Nacional “Toribio Rodríguez De Mendoza” de Amazonas, en Chachapoyas, se recolectaron residuos sólidos urbanos de los hogares de la provincia de Chachapoyas, Región Amazonas, y residuos provenientes del centro de beneficio municipal (camal municipal), por lo que se tuvo que instalar camas composteras de 1.3 x 0.8 m, en las cuales se agregaron dichos residuos y se aplicaron estos métodos juntamente con una muestra testigo, para un experimento factorial del tipo 3Ax3B bajo un DCA con 3 repeticiones, que permita determinar el tiempo de maduración y el rendimiento y así conocer cuál es el método más efectivo al momento de realizar un compostaje. Las conclusiones fueron:

- El método Takakura fue el proceso más rápido en lo que respecta a la madurez del compost, con un promedio de 57.67 días; seguido por el método Em-compost con un promedio de 62 días. El testigo presentó un proceso más lento, con un tiempo promedio de madurez de 212.67 días.”
- El “porcentaje del rendimiento del compostaje fue mayor en el método Em-compost, con un promedio de 19.90%, seguido por el método Takakura con un promedio de 19.11%. El testigo obtuvo un rendimiento más bajo, con un porcentaje de 13.39%”.
- Tanto “el método Takakura como el método Em-compost obtuvieron una constante de temperatura y pH más rápido que el testigo, demostrando así

la eficacia de los métodos para obtener con mayor rapidez un compost maduro y de calidad”.

- Las “características fisicoquímicas del compost maduro con el método Em-compost son: materia orgánica 23.93%, carbono 13.29%, nitrógeno 1.31 %, fosforo 0.54%, relación C/N 10.12, pH 7.5, conductividad eléctrica 5.02 dS m⁻¹, humedad 53,77%, densidad aparente 468.37 kg m³, porosidad 87.98%, espacio de aire libre (FAS) 62.59%, olor a tierra húmeda y color negrizco.”
- Las “características fisicoquímicas del compost maduro con el método Takakura son: materia orgánica 21.32%, carbono 11.84%, nitrógeno 1.07%, fosforo 0.62%, relación C/N 11.03, pH 7.5, conductividad eléctrica 4.85 dS m⁻¹, humedad 46.65%, densidad aparente 479.74 kg m³, porosidad 87.68% y espacio de aire libre (FAS) 61.70%, olor a tierra húmeda y color café oscuro.
- Las características fisicoquímicas del compost maduro en el testigo son: materia orgánica 19.02%, carbono 10.57%, nitrógeno 1.02%, fosforo 0.44%, relación C/N10.40, pH 7.5, conductividad eléctrica 4.23 dS m⁻¹, humedad 42.11%, densidad aparente 494.85 kg m³, porosidad 87.29% y espacio de aire libre (FAS) 60.51%, olor a tierra húmeda y color negrizco.

Cabrera y Rossi (2016) en la Tesis Profesional titulada “*Propuesta para la elaboración de compost a partir de los residuos vegetales provenientes del mantenimiento de las áreas verdes públicas del distrito de Miraflores*”, publicada por la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, con la propuesta se buscó dar una solución sustentable a la gestión actual de los residuos orgánicos de las actividades de poda, evitando su disposición final en

los insuficientes rellenos sanitarios de la ciudad de Lima, logrando su reintegración a las áreas verdes del distrito. Llegando a la conclusión:

- La propuesta es económicamente viable, la producción de compost a partir de residuos vegetales provenientes del mantenimiento de áreas verdes públicas en el distrito de Miraflores, usando como inóculo compost maduro.”
- El “compost maduro utilizado como inóculo al inicio del proceso de compostaje, tiene la capacidad de contribuir con microorganismos y representa un inóculo alternativo sin poner en riesgo la salud pública y la armonía del medioambiente. Asimismo, se demostró que el uso de melaza” acelera la reproducción microbiana.
- Esta “propuesta tiene el potencial de evitar enviar 230 Mg mensuales de residuos vegetales a un relleno sanitario gracias a la elaboración de compost como nueva propuesta de gestión ambiental de residuos y de ser sostenida en su ciclo productivo, el” agente inoculante se obtiene en la misma producción.
- El “compost obtenido como resultado de los diferentes tratamientos podría ser tipificado en la Clase B según la norma chilena (Nch2880.Of2004).
- Por otro lado la propuesta de elaboración de compost a partir de residuos vegetales provenientes del mantenimiento de áreas verdes públicas en el distrito de Miraflores es rentable y ahorrará en valor presente la cantidad de S/. 5,106.22 nuevos soles al implementar la presente propuesta de gestión.

Rivera (2016) en la Tesis Profesional titulada *“Humus de lombriz en el rendimiento de brócoli (Brassica oleracea L.) cv. Legacy bajo cobertura de plástico y mulch orgánico en sistema de riego por goteo en Cayma–*

Arequipa”, publicada por la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, formuló como objetivos: Determinar el tratamiento con el mejor rendimiento de pellas de brócoli (*Brassica oleracea* L.) cv. Legacy, así como establecer la mejor rentabilidad cultivo de debido al efecto de los tratamientos estudiados. Los tratamientos fueron tres tipos de cobertura del suelo: sin cobertura (S); con cobertura de mulch orgánico (M) y cobertura de plástico (P); asimismo incorporaciones de 8 t ha⁻¹ (H8) y 4 t ha⁻¹ (H4) de humus de lombriz aplicado como abono de fondo en dosis completa. Los tratamientos fueron dispuestos en parcelas divididas efectuando su análisis mediante un arreglo factorial de 3 x 2. Se evaluaron seis tratamientos. El sistema de riego fue por goteo, llegando a las siguientes conclusiones:

- El mejor rendimiento se logró con el tratamiento PH8 alcanzando una producción de 16666,66 kg ha⁻¹ y mostrando una diferencia estadística significativa respecto a los demás tratamientos.”
- “La mayor rentabilidad del cultivo de brócoli cv. Legacy la obtuvo el tratamiento PH4 alcanzando un 65,9%.

Soriano (2016) en la Tesis Profesional titulada *Tiempo y calidad del compost con aplicación de tres dosis de “microorganismos eficaces”- Concepción*, publicada por la Universidad Nacional del Centro del Perú de Huancayo, se realizó con el objetivo de determinar el tiempo y calidad del compost posterior a la aplicación de tres dosis de microorganismos eficaces en la Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos “Centro Ecoturístico de Protección Ambiental Santa Cruz- CEPASC”, en la Provincia de Concepción.

Para la investigación se empleó el método experimental con un Diseño Completamente al Azar con 04 tratamientos y 03 repeticiones, para lo cual se

instaló pilas composteras de 100 x 100 x 30 cm, donde se monitoreo el proceso de compostaje mediante el análisis físico, se analizó las muestras en el laboratorio de análisis de suelos y en el laboratorio de ecología microbiana y biotecnología “Mariano Tabusso” de la Universidad Agraria la Molina. Se empleó el modelo de Análisis de varianza ANOVA; para evaluar las diferencias entre las medias de los tratamientos se efectuó la prueba de Tukey al 95% de confianza, cuyos datos se procesaron en el software SPSS 20.

Llegando a las siguientes conclusiones:

Para el proceso de compostaje, se estableció como factores determinantes una relación C/N de 33/1, humedad de 30-40%, 1 volteo semanal, tamaño de partícula de los materiales de 3 a 6 cm, obteniendo en 43 días un compost maduro; la temperatura, alcanzó niveles de 26 a 52 °C, se encontró que todos los tratamientos presentaron una fase termófila normal (mayor a 40 °C), donde el nivel de temperatura se incrementó al aumentar la dosificación de “EM”, asegurando una eficiente higienización del compost, siendo el tratamiento 1 el que presentó una mayor temperatura durante el proceso de compostaje.

- De acuerdo a la calidad de compost los tres tratamientos más el testigo absoluto; en cuanto al contenido de materia orgánica, contenido de nitrógeno y relación carbono/nitrógeno cumplen con la normativa Chilena excepto en el contenido de metales pesados; sin embargo para la norma técnica Colombiana 5167, la Norma 503-40 CFR de la EPA y la Organización Mundial de la Salud, estos cumplen con los requisitos de calidad de compost; de acuerdo a las características microbiológicas tanto el tratamiento 1 y tratamiento 2 cumplen con los parámetros establecidos

por la norma Chilena 2880 en cuanto al contenido de coliformes fecales y coliformes totales a diferencia de los demás tratamientos.

- El proceso de producción y aplicación del producto “Microorganismos Eficaces” influye directamente sobre la calidad del compost, después de la evaluación con las normativas, los compost podrán ser utilizados en parques, jardines y recuperación de áreas degradadas.

Acosta (2016) en la Tesis Profesional titulada *Diseño de una máquina doméstica automática para generar compost a partir de residuos orgánicos*, publicada por la Pontificia Universidad Católica del Perú de Lima, se plantea el diseño de una máquina doméstica capaz de generar compost a partir de residuos orgánicos. Para ello, el sistema posee las siguientes características. Una cámara multipropósito, la cual permite almacenar, separar, contener y trasladar los residuos orgánicos ingresados a lo largo de diferentes días. También, un módulo de medición y manipulación del proceso de compostaje, el cual es móvil pudiendo así ubicarse de manera independiente en los cinco compartimientos de la cámara multipropósito que alberga los residuos orgánicos. El módulo de medición y manipulación permite monitorear y controlar el proceso en cada compartimiento de la cámara por medio de la medición de la temperatura y el nivel de oxígeno, seguido de la manipulación de las variables mencionados por medio del accionamiento de la bomba, el calentador o el mezclador/triturador si el proceso lo requiere. Se llegó a las siguientes conclusiones:

- La máquina automática diseñada permite que permite la generación de cuatro litros de compost por día con una capacidad de almacenamiento de seis litros de residuos orgánicos cada día.

- La máquina que no solo permite controlar el proceso de compostaje de los residuos orgánicos sino su diseño particular permite que el usuario pueda ingresar desperdicios orgánicos diariamente sin afectar la eficiencia del proceso de compostaje; además de evitar los problemas de contaminación que se puedan ocasionar al agrupar desperdicios orgánicos durante el día dentro” de la casa.
- Respecto al “costo de fabricación del sistema la inversión es de S/. 10264.06 soles superando el requerimiento de costo de S/. 10000; sin embargo, la diferencia es poca y las mejoras son importantes en cuanto a los productos existentes en el mercado sobre todo en cuanto a su capacidad de generación de compost y su diseño que permite una alimentación continua de residuos orgánicos en cualquier momento.

Quevedo (2017) en la Tesis de Magister titulada *Uso de materiales de soporte en la eficiencia del proceso de compostaje de residuos vegetales de mercado*, publicada por la Universidad Nacional Agraria La Molina de Lima, se evaluó la eficiencia del uso de residuos de corona de piña como material de soporte en el compostaje de residuos vegetales de mercado. Se establecieron 3 tratamientos TA, TB y TC. El tratamiento de TA consistió en pilas de 200 kg de residuos vegetales de mercado (33,33% de papa, 33,33% de camote y 33,33% de zanahoria) sin piña, el tratamiento TB consistió en pilas de 200 kg de residuos vegetales de mercado (33,33% de papa, 33,33% de camote y 33,33% de zanahoria) con 20 kg de piña (10% en peso) y el tratamiento TC que consistió en pilas de 200 kg de residuos vegetales de mercado (33,33% de papa, 33,33% de camote y 33,33% de zanahoria) con 60 kg de piña (30% en peso), Se llegó a las siguientes conclusiones:

- “El uso de residuos de corona de piña picada puede ser utilizado como un insumo para incrementar los espacios libres de aire (FAS) y reducir la humedad de los residuos a compostar por su capacidad de absorción de agua y por mejorar las condiciones que propician una mejor degradación biológica de residuos vegetales de mercado, generando una estabilización aceptable y menos fitotoxicidad con respecto a un compostaje sin su uso.”
- “El uso de coronas de piña al 30 % (tratamiento TC) en peso promueve un mejor tiempo de estabilización (3,44 mg de CO₂/g de C. Orgánico. Día en promedio) con respecto al tratamiento control TA (7,74 mg de CO₂/g de C. Orgánico. Día en promedio), sin embargo, con respecto a la relación C/N no existen diferencias estadísticamente significativas de los tratamientos TC y TB con respecto al tratamiento control (TA).”
- El uso de residuos de corona de piña al 30 % en peso (TC) durante un proceso de compostaje de 105 días genera un compost estable pero insuficientemente maduro, de moderada fitotoxicidad, pero con mejor índice de germinación (66,69%) con respecto al tratamiento control TA (43,22%).”
- “El uso de residuos de corona de piña al 30% (TC) o 10% (TB) en peso durante el proceso de compostaje de residuos vegetales de mercado no presentó diferencias estadísticamente significativas de pérdida de nitrógeno con respecto tratamiento control (TA).”
- “El uso de residuos de corona de piña al 30% (TC) o 10% (TB) en peso durante el proceso de compostaje de residuos vegetales de mercado no presentó diferencias estadísticamente significativas de pérdida de materia orgánica con respecto tratamiento control (TA).

2.2. Bases teóricas – científicas

2.2.1. El plástico negro

a. La Plasticultura en el Mundo. Quintero (2015, pp. 12-13) anotó que los plásticos son materiales sintéticos generalmente compuestos por moléculas orgánicas con un elevado peso molecular los cuales se conocen como monómeros. Los monómeros reaccionan entre ellos en un proceso llamado polimerización como resultado del cual se obtienen los polímeros, también llamados plásticos.

De acuerdo con la FAO (2002: 89) el año 1,955, marca el comienzo de las tres técnicas que usan plásticos en la horticultura que son el acolchado, los túneles bajos y el invernadero en Europa entre los grados 47 y 52 de latitud. Pronto se vio que las regiones más al Sur podían aprovecharse todavía más de estas nuevas técnicas.

La aparición de los plásticos procedentes de la industria química ha tenido múltiples aplicaciones en la vida moderna; una de ellas es la agricultura llamada “Plasticultura” (CENAMAR, 1985). El aumento de los rendimientos está relacionado básicamente con algunos factores tecnológicos y estos se inician en Holanda e Israel, a principios de los años 60, para producir hortalizas bajo condiciones de invernadero. Al mismo tiempo, los agricultores chinos comenzaron a utilizar la técnica de acolchados para proteger los cultivos que se plantaban a finales de invierno y principios de primavera.”

Por sus beneficios, “éstas técnicas se difundieron rápidamente y alcanzaron un gran desarrollo en otros países como España, Italia, Turquía, Japón, Estados Unidos, México, Chile y Argentina. Aun con el costo de los plásticos representa una inversión válida para la producción de alimentos, por

el ahorro de insumos, aumentando los rendimientos de los cultivos sobre todo donde se carece de recursos naturales (clima, agua, suelo) desarrollando así una agricultura rentable (CENAMAR, 1985). En México el uso de acolchados de suelos se inició en el año de 1976 con 1 ha de acolchado en el cultivo de piña en Loma Bonita Oaxaca, 0.5 ha de acolchado en el cultivo de fresa en Irapuato y 0.2 ha de acolchado en papa en el Valle de Lerma (García, 1979). Alrededor del 60% del territorio mejicano presenta un clima semiárido y árido, con una precipitación escasa, y suelos salinos. Se observa necesario mejorar las técnicas de utilización del agua y fertilizantes con la finalidad de incrementar la superficie cultivable aumentando los rendimientos. Esto es posible adoptando nuevas metodologías; de ahí el interés para México en desarrollar la práctica y utilización de cultivos acolchados al suelo, manejados con sistemas de riego conducido y fertirrigación (Burgueño, 1994).

Otra de las aplicaciones la menciona la FAO (2002: 81) en referencia con la adopción de los túneles bajos antes de utilizar los invernaderos o los túneles de mayor volumen, cuyo desarrollo tuvo lugar una vez que los agricultores aprendieron a utilizar la primera técnica y buscaron otro sistema de producción de mayor inversión, pero de menores desventajas. Algunos países como Marruecos, Argelia y en menor grado España no han experimentado esta fase de” transición.

Asimismo, la FAO (2002: 102) indica que “las camas calientes se utilizan desde hace siglos en la industria de la horticultura mediterránea. Todavía es posible identificar en algunos sitios el sistema tradicional de construcción de las camas sobre pilas de estiércol. El principal objetivo es el de mantener una temperatura adecuada en el suelo para la germinación de

semillas y el crecimiento de plantas jóvenes. Esto es muy importante en primavera cuando la temperatura del suelo es demasiado baja para la germinación de cultivos que requieren como mínimo 12°C, por ejemplo, el tomate y el pimiento dulce. Además de favorecer la germinación se aumenta la uniformidad de las plantas.

El uso de plásticos en la agricultura podría ayudar a resolver y evitar en buena medida los daños y baja producción causada por el clima extremo específicamente en zonas donde el agua es el factor limitante en la producción. Así como la técnica de acolchado es factible lograr un ahorro de agua mediante cubiertas de plástico sobre el suelo que evita la pérdida de la humedad por evaporación, además es posible incrementar la producción y reducir las labores de cultivo (Martínez y Villa, 1982).

b. Cobertura de Suelos Agrícolas. La aplicación de mayor uso en plasticultura se refiere a la cobertura o acolchado de suelos agrícolas, que consiste en cubrir el suelo con una película plástica transparente, negra, opaca o de color y por lo regular se utiliza una máquina; con esta técnica la humedad del suelo se distribuye de una manera más homogénea, siendo el consumo optimizado por la planta. También incrementa la temperatura del suelo mejorando la asimilación de nutrimentos y reduciendo el ataque de insectos en la raíz, lo cual, trae como consecuencia un mejor conocimiento de la planta y precocidad de cosecha (Maldonado, 1991).

La cobertura de suelos agrícolas es una técnica practicada desde hace muchos años por los agricultores con la finalidad de defender los cultivos y el suelo de la acción de los agentes atmosféricos. Para disminuir los efectos negativos, los agricultores colocaban sobre la superficie del suelo una capa

protectora formada con materiales de origen vegetal, como paja, cañas, hojas secas, rastrojo, etc. U otros de origen mineral como grava y arena. Esta capa actuaba como barrera de separación entre el suelo y el ambiente atmosférico, lo cual amortiguaba sensiblemente los efectos negativos; asimismo, mediante la técnica de acolchado del suelo con películas plásticas se logra aumentar el rendimiento del cultivo y precocidad del mismo de 8 a 21 días, así como también se obtienen frutos limpios y sanos, ahorrando tiempo en labores culturales y reduciendo la mano de obra utilizada (Robledo y Martín, 1988).

Las características del material, estas varían en función al propósito, el clima y los tipos de cultivos. El ancho del plástico utilizado en los acolchados varía generalmente de 0.9 a 1.5 m; en cuanto al espesor, al principio se utilizaba láminas de mayor espesor (entre 30 y 50 micras), pero en la actualidad es común el uso de láminas más finas de unas 15 micras (Gutierrez-Lopez *et al.*, 2003).

Por otra parte, Daza (1997) menciona que, como consecuencia de los efectos producidos por el acolchado plástico al suelo, principalmente en relación a la temperatura, humedad, estructura, disponibilidad de nutrientes para la planta, control de enfermedades y plagas y control de malas hierbas, es de esperar que las plantas muestren mejor respuesta a la germinación, al crecimiento y desarrollo, precocidad de las cosechas, rendimiento y mejor calidad de los productos. Mientras que Ibarra y Rodríguez (1991) mencionan que la disponibilidad de nutrientes bajo la técnica de acolchado es mayor que en un suelo no acolchado, esto se basa en que al incrementarse la temperatura del suelo el intercambio iónico es mayor, además de incrementar la nitrificación, para que esta se realice se requiere una temperatura entre 25 y 45

° C y una saturación hídrica entre 60 y 80 por ciento, alcanzando estos valores mediante la técnica de acolchado. También mediante el acolchado del suelo con plásticos se logra elevar la temperatura y humedad del suelo, así como también, la concentración de CO₂ y la disponibilidad de nutrientes, logrando reducir la evaporación, control de malezas y pudrición del fruto (Kromer, 1992).

Como menciona la FAO (2002: 91-92) “las películas de plástico se aplican mecánicamente con facilidad, no son caras, conservan la humedad y en muchos casos controlan el desarrollo de malas hierbas. El inconveniente de las películas plásticas es que no se descomponen y deben retirarse al final de la estación de cultivo, pues de otra manera la película permanece en el suelo. Los polietilenos blancos y transparentes son los que se usan con mayor frecuencia. Ofrecen los mejores resultados al mínimo coste. Para aplicar los acolchados sintéticos, se practican en cada lado de la era, una pequeña zanja a una distancia de unos 25 cm del centro de la fila, después se extiende el plástico y sus bordes se cubren con la tierra suelta, para que no se levanten. El acolchado del suelo con película de polietileno negro, se utiliza mucho en invernaderos para evitar el problema del exceso de humedad en el aire y de crecimiento de malas yerbas.

c. Agricultura protegida. La SAGARPA (2012) define la agricultura protegida como aquella que se realiza bajo métodos de producción que ayudan a ejercer determinado grado de control sobre los diversos factores del medio ambiente. Permitiendo con ello minimizar las restricciones que las malas condiciones climáticas ocasionan en los cultivos.

El invernadero modifica el clima para proteger los cultivos contra sus efectos adversos con el fin de mejorar su productividad. Algunos invernaderos mejoran las condiciones ambientales utilizando aportes energéticos externos, que permiten cultivar plantas en lugares y épocas del año donde las condiciones climáticas imposibilitan o limitan su desarrollo. Otros invernaderos son pasivos y su función consiste en modificar determinadas variables climáticas adversas como: radiación solar, lluvia, viento, granizo y otros. Estos invernaderos pueden actuar como colectores solares, cortavientos, paraguas, sombreros, etc. Dependiendo del factor o factores de los que quiere proteger al cultivo. Tanto en unos como en otros, las prácticas de cultivo y las variedades utilizadas difieren de las que se utilizan en los cultivos al aire libre. Los ciclos de cultivo, por lo general, se realizan en función de las expectativas de mercado, pasando a un segundo plano las exigencias climáticas de la región (Díaz *et al.*, 2001).

En México desde mediados de los años 90, la horticultura en invernadero tuvo un ritmo acelerado de crecimiento. En el año 2009 se estimó una superficie de alrededor de 10,000 ha, de las cuales 60 % eran invernaderos de plástico, 34 % de casa sombra y 4 % invernaderos de vidrio (Macías–Duarte *et al.*, 2010). En el año 2012 se tuvo registro de 19,985 unidades de cultivo protegido; según un informe del SIAP en el año 2014 se registraron 13,190 invernaderos, 2,198 macro túneles, 1998 casas sombra, 1000 microtúneles, 1000 techo sombra y 600 pabellones.

La horticultura protegida ha tenido un crecimiento sostenido cercano a las 1, 200 hectáreas por año, y del total de la superficie protegida, el 50 por

ciento se concentra en solo tres estados: Sinaloa, Jalisco y Baja California con porcentajes de 22, 15 y 12 % respectivamente (AMHPAC, 2014).

La FAO (2002: 81) considera que los túneles constituyen uno de los desarrollos más revolucionarios de los últimos 30 años en la horticultura comercial. Los países que han adoptado las técnicas del túnel bajo son Japón, EEUU, Francia, Italia, España, Grecia, etc. El cultivo en túneles recibe generalmente el nombre de semiforzado, término que refleja la posición intermedia entre el cultivo al aire libre y el cultivo protegido en invernaderos. Los túneles permiten intensificar la producción a un costo razonable. Se utilizan para acelerar el crecimiento del cultivo, para aumentar la producción y para mejorar la calidad del producto. Las primeras cubiertas bajas aparecieron en Francia en el siglo XVII y fueron campanas de vidrio. Los túneles bajos con cubierta plástica se construyeron por primera vez en 1.950 en Japón. En 1959 Fatua patentó una especie de campana hortícola de material plástico impermeable que consistía, en una serie de arcos cubiertos por una película de plástico. Los túneles de bajo costo se extendieron con rapidez a partir de 1.960. En comparación con los invernaderos, las ventajas principales de los túneles bajos son: bajo coste, facilidad de construcción y mecanización de la instalación. Las desventajas más importantes son aquellas derivadas de la falta de calefacción, ventilación y cuidado de las plantas.

Por otra parte, la FAO (2002: 82) indica que los túneles de bajo volumen pueden ser descritos como invernaderos en miniatura. Difieren de aquellos, en que generalmente no cuentan con calefacción y son portátiles. A pesar de la gran importancia de los túneles en muchas regiones solamente se ha afectado una atención limitada a la investigación, para resolver los

problemas asociados con la construcción y el control de su medio ambiente. Existen muchos tipos de túneles con o sin estructura de soporte. El marco tradicional consiste generalmente en un elemento de soporte de madera o metal en forma semicircular, cubierto en su parte superior con un filme de plástico. Los arcos de soporte, aparte de la madera o el acero, pueden estar formados por alambre, alambre plastificado, tubos de PVC, etc., colocados a intervalos de 2 o 3 m. En Japón se construyen túneles con cañas de bambú curvadas. Los túneles con arcos metálicos empezaron a usarse en 1956.

d. Características del Plástico doble negro. Con relación a los plásticos, la FAO (2002: 96) menciona que puesto que el plástico se compra por su peso y el espesor no tiene ninguna ventaja técnica, a excepción de su duración, se aconseja comprar la película más fina, siempre y cuando su duración y su resistencia mecánica sean suficientes, Como media las películas de 30 a 50 micras de espesor son suficientemente gruesas, reservándose las películas de 80 micras, para aquellas aplicaciones en las que se busque una duración superior a un año. El espesor viene determinado por el nivel de esfuerzo tensil, que impone la labor de una instalación mecánica. Para que la fijación sea correcta, las películas de polietileno lineal deben ser como mínimo de 15 micras y las de PE radicular de 25. En China que el plástico se pone a mano, (más de 1.400.000 ha) el espesor no tiene por qué ser superior a las 10u.

Las láminas de plásticos dobles negros “son materiales impermeables y flexibles, aunque no son totalmente impermeables, en relación a un suelo o un textil que sí lo son: Como sabemos el elemento crítico del relleno doméstico es su recubrimiento. El uso de los plásticos dobles negros en los lados de la

parte inferior y superior previene la interacción de las filtraciones e infiltraciones del relleno para con el terreno.

Los plásticos dobles negros son ideales para el control de las filtraciones e infiltraciones por su bajísima permeabilidad que le permite actuar como barrera al paso de los fluidos y gases peligrosos utilizados en la ingeniería ambiental. El plástico doble negro de polietileno de alta densidad, la cual es un polímero termoplástico obtenido por polimerización de etileno.

- **Baja Permeabilidad:** Los sistemas de recubrimiento del plástico doble negro son seguros ya que no los penetra la lixiviación; el gas metano no se puede fugar del sistema de sellado; y la lluvia no puede infiltrarse.
- **Factor Reflectivo** Existe plástico doble negro que ayuda a mitigar las extremas temperaturas sobre el forro y ayuda en la inspección visual; las propiedades físicas del plástico doble negro son:
- **Espesor:** Se mide en milímetros (mm), el material usado en el presente estudio es de 0.45 mm de espesor.

e. Cobertura de plástico negro para compostaje. De acuerdo con la FAO (2002: 92) la cobertura de plástico para aplicar los acolchados sintéticos, se practican en cada lado de la era, una pequeña zanja a una distancia de unos 25 cm del centro de la fila, después se extiende el plástico y sus bordes se cubren con la tierra suelta, para que no se levanten, esto mismo se debe recordar para aplicar el plástico en el compostaje.

La FAO (2002: 93) indica que durante el día la temperatura del suelo bajo polietileno negro, es la misma que en un suelo sin ningún tipo de protección, pero por la noche, el suelo cubierto es de 2 a 3 °C más caliente, a causa de la absorción de la radiación térmica del suelo. En algunas regiones la

temperatura de la superficie del suelo y del aire bajo plástico, puede alcanzar los 60 °c, causando efectos adversos en el crecimiento de las plantas. Se dan casos en los que las plantas con acolchado plástico, pueden sufrir más los daños causados por baja temperatura y heladas, puesto que, el suelo retiene el calor y no lo cede al ambiente que, además, se mantiene más seco. Si el plástico es transparente, la energía radiante queda convertida en calor, una vez que ha sido absorbida por la superficie de suelo y el sistema de captación energética es eficaz. Si el plástico es negro, la mayoría del calor se reemite a la atmósfera, en vez de ser cedido al suelo. El tipo de cubierta plástica tiene un efecto significativo en la temperatura del suelo y así si el material es de PVC y EVA, la temperatura es generalmente 2 a 3 pc mayor, que en el caso de que se utilice polietileno transparente, pero en la práctica ni el PVC ni el EVA se utiliza en acolchado debido a su elevado precio.

Asimismo, la FAO (2002: 93) menciona que se ha comprobado que en ocasiones (cuando las noches son muy claras) la helada puede afectar a cultivos acolchados de polietileno negro y no hacerlo a los de polietileno transparente. Este fenómeno puede explicarse por el hecho de que el suelo con polietileno transparente, está más caliente y porque la cubierta negra absorbe la radiación emitida por el suelo. La fluctuación de temperaturas bajo polietileno transparente, es mayor que bajo el polietileno negro debido a que la lámina transparente permite un intercambio mayor tanto de pérdidas como de ganancias de calor en el ciclo de 24 horas. El color de la cubierta plástica tiene una clara influencia en el desarrollo de malas hierbas. Las películas opacas impiden la penetración de la luz, que es necesaria para el desarrollo de las malezas, mientras que las películas claras no lo hacen y, por tanto, es

imprescindible el uso de herbicidas. Sin embargo, si las temperaturas ambientes son suficientemente altas (28 a 30° C) y las películas transparentes no tienen escapes de aire, las malas hierbas no tienen un ambiente favorable para su progreso.

2.2.2. El compost

a. Proceso de Formación del Compost. La velocidad de formación del compost depende de factores físicos y químicos. La temperatura es uno de los parámetros claves, así como algunas características físicas de los ingredientes del compost como el tamaño de las partículas y el contenido de humedad. Otras consideraciones físicas incluyen el tamaño y la forma del sistema que afectan la aireación y la tendencia a retener o disipar el calor .

Para llevar a cabo el proceso de compostaje existen variadas técnicas las que se ajustan a diferentes necesidades; la elección de una técnica u otra depende, entre otras cosas, de la cantidad y tipo de material a procesar, inversión, disponibilidad de terreno, complejidad operacional y del producto final que se quiere obtener (Carnes y Lossin, 1970).

b. Análisis Químico. Estos valores son típicos, y pueden variar mucho en función del material empleado para hacer el compost. Por otra parte, al tratarse de un producto natural no tiene una composición química constante. Los valores típicos pueden variar en función del material empleado para hacer el compost; la distribución de sus componentes se da a continuación:

- Materia orgánica 15 – 70 %
- Nitrógeno, como N₂ 1.5 – 2 %
- Humedad 40 – 45 %
- Fósforo como P₂O₅ 2 – 2.5 %

- Potasio como K₂O 1 – 1.5 %
- Relación C/N 10 – 11
- Ácidos húmicos 2.5 – 3 %
- pH 6.8 – 7.2
- Carbono orgánico 14 – 30 %
- El compostaje y sus fundamentos deben conocerse, entenderse y respetarse para aprovechar al máximo sus posibilidades (Nogales et al., 1982).

c. Transformaciones del compost

- **Transformación química inicial:** Es una alteración que sufren los restos vegetales antes de caer al suelo. Las hojas son atacadas por los microorganismos, en la misma planta, y se producen importantes transformaciones en su composición y estructura. Consiste en pérdida de sustancias orgánicas y elementos minerales como P, N, K, Na.
- **Acumulación y destrucción mecánica:** La hojarasca, ramas, tallos, etc., se acumulan sobre el suelo y se van destruyendo mecánicamente, fundamentalmente por la acción de los animales que reducen su tamaño, lo mezclan con la fracción mineral y lo preparan para la posterior etapa.
- **Alteración química:** En esta etapa se produce una intensa transformación de los materiales orgánicos y su mezcla e infiltración en el suelo. Los restos orgánicos en el suelo pierden rápidamente su estructura celular y se alteran a un material amorfo que va adquiriendo un color cada vez más negro, con una constitución y composición absolutamente distintas de los originales. Poco a poco los restos transformados se van desintegrando, difuminándose en el suelo y finalmente se integran totalmente con la fracción mineral.

La acción de los microorganismos edáficos es decisiva para el desarrollo de estos procesos de transformación, éstos transforman los residuos orgánicos por polimerización a sustancias amorfas, de color oscuro y de alto peso molecular, el humus propiamente dicho, materia orgánica transformada y alterada, con carga negativa y de carácter ácido, Constituye un conjunto muy complejo de compuestos orgánicos coloidales de color oscuro, y de elevado peso molecular (10000 – 50000), sometidos a un constante proceso de transformación.”

“Los microorganismos necesitan del carbono como fuente de energía (oxidan el C y lo devuelven a la atmósfera como (CO₂) y el nitrógeno para incorporarlo a su protoplasma y a ambos la toma de los restos vegetales. En estas transformaciones se desprenden moléculas inorgánicas (NH₄, NH₃, CO₂, H₂O, etc.), restituyendo así minerales al suelo. El proceso de formación de humus se denomina humificación, mientras que la mineralización se refiere a la liberación de sustancias inorgánicas. Todos los nutrientes son absorbidos por las plantas en forma inorgánica, de aquí la importancia del proceso de mineralización.

Dependiendo de las características del suelo y de la naturaleza de los restos vegetales aportados (relación C/N de éstos) dominará la humificación o la mineralización, aunque siempre se dan los dos procesos con mayor o menor intensidad. La humificación (proceso enormemente complejo) es responsable de la acumulación del M.O. en el suelo mientras que la mineralización conduce a su destrucción. El fin inexorable de todos los compuestos orgánicos del suelo es su mineralización, por tanto, su destrucción. Pero muchos compuestos son lo suficientemente estables como para

permanecer en cantidades suficientes en los suelos (su descomposición se compensa con los aportes). Los compuestos húmicos pueden tener una vida media de cientos a miles de años (dataciones con C).

“Los restos orgánicos se transforman muy rápidamente comparados con la fracción mineral, por ello la velocidad de formación del horizonte A es mayor que la de los horizontes superficiales. La velocidad de descomposición depende del tipo de resto vegetal aportado y de las condiciones del medio edáfico (pH, H, T, disponibilidad de nitrógeno, oxigenación, etc.). Esta tendencia conduce, en muchos casos, a un uso poco eficiente de los recursos naturales, entre ellos del agua y de los nutrientes, y al aumento del valor energético de las actividades productivas. La elaboración del compost se ha convertido en un nexo entre los sistemas espaciales urbanos y rurales, pues el compostaje es una alternativa de tratamiento de desechos orgánicos y al mismo tiempo al mejoramiento de la calidad de los suelos. Dentro de la problemática del manejo de los desechos sólidos la importancia se encuentra en que el compostaje permite:

- Disminuir los niveles de contaminación que producen los residuos orgánicos por el proceso natural de descomposición, utilizados de una manera ambientalmente segura los residuos orgánicos.
- Aumentar las posibilidades de producción de viveros y jardines en zonas urbanas o poblaciones en procesos de crecimiento que no cuentan con terrenos fértiles para ello.
- Aumentar el nivel de la oferta de abonos orgánicos existentes para poblaciones rurales.
- Crear una conciencia ambiental en la población en cuanto a los hábitos de separación de desechos en origen y la utilización que estos pueden tener.

- Aumenta la disponibilidad favorable de nitrógeno para las plantas.
- Disminuir la rapidez del flujo suplementario de sustancias nutritivas del suelo y por lo tanto mejorar la capacidad de crecimiento de las plantas.
- Contribuir mediante la utilización de abono orgánico, a la formación de humus permanente.
- Reducir los niveles de utilización de fertilizantes químicos
- El mejoramiento de suelos agrícolas o erosionados.

Las técnicas de compostaje varían de acuerdo a las condiciones de aireación, periodo de volteo y a calidad requerida en el producto final, todo sistema de compostaje necesita una serie de medidas de monitoreo para verificar constantemente las condiciones de temperatura y humedad. La elección de cualquiera de las etapas va a depender de los objetivos planteados por el producto que se desea elaborar para las necesidades del mercado, va a depender de cantidad de material en el proceso y del tipo de sustrato con que se pretende trabajar .

d. Caracterización física del compost y de los residuos

Contenido hídrico (humedad) y sólidos totales. Para la determinación del contenido hídrico de los compost obtenidos se utiliza el método TMECC propuesto por el US Compost Council (TMECC, 2002). Según este método se toma una muestra de compost de aproximadamente 50 cm³, se determina su peso fresco (PF) y se seca en estufa a 70 ± 5 °C hasta alcanzar peso constante.

Tabla 1

Método de análisis de compost

Parámetro	Unidad	Método
Humedad	%	Gravimétrico
Materia orgánica %	%	Walkley-Black
Nitrógeno total	%	% Micro-Kjeldahl
Fosforo (P ₂ O ₅)	%	Olsen modificado

Potasio (K ₂ O) %	%	Acetato NH ₄
Calcio (CaO)	%	Absorción Atómica
Magnesio (MgO)	%	Absorción Atómica
Conductividad eléctrica (CE)	dS/m	Conductímetro
pH	Unidad	pHmetro

Nota: La presente tabla muestra los métodos existentes en el análisis de compost. Referencia: Bazán (2017). pp. 28-29, OPS (1990). P 20.

Tabla 2

Parámetros de control de estabilidad de compost

Temperatura	Estable
Color	Marrón oscuro-negro ceniza
Olor	sin olor desagradable
Ph	alcalino (anaeróbico. ,55°C,24 hs)
C/N	> =20
Nº de termófilos	decreciente a estable
Respiración	0 < 10 mg/g compost
Media	0 < 7.5 mg/compost
COD	< 700 mg/g (peso seco)
ATP	decreciendo a estable
CEC	> 60 meq./100 libre de cenizas
Actividad de enzimas hidrosolubles	Incrementándose-estable
Polisacáridos	< 30-50 mg glúcidos/g. peso seco
Reducción de azucares	35%
Germinación	< 8
Nematodos	Ausentes

Nota: la presente tabla muestra los parámetros de control de estabilidad del compost cosechado Fuente: OPS (1985). p.20.

Tabla 3

Composición Física Química del compost cosechado

C: N	10:1-15:1
Humedad	30% - 40%
Concentración de oxígeno	~10%
Tamaño de partícula	< 1,6 cm
Temperatura	Temperatura ambiente
Densidad	< 700 Kg/m ³
Materia orgánica (Base seca)	> 20%
Nitrógeno total (Base seca)	~ 1.%

Nota: la presente tabla muestra los parámetros del compostaje maduro, FAO (2013). p31. Elaboración Propia del investigador

Posteriormente se deja enfriar y se determina el peso seco (PS) de las muestras. El contenido hídrico (H) se determina según la ecuación:

$$H [\%] = \frac{PF - PS}{PF} \quad \text{Fórmula 1, determinación contenido hídrico}$$

Los valores obtenidos, expresados en g. de agua por 100 g. de sustancia seca, son equivalentemente expresados como porcentaje de humedad de la muestra. La medición se realiza por triplicado.

Una vez determinados PF y PS de la muestra de compost es posible calcular también el contenido de sólidos totales (Stot) de la muestra, según la ecuación:

$$\text{Stot} [\%] = \frac{PS \times 100}{PF} \quad \text{Fórmula 2, determinación sólidos totales}$$

Las principales diferencias entre las distintas metodologías para la determinación del contenido hídrico de compost son debidas a la elección de la temperatura de secado. Hay que mencionar que la mayoría de los métodos de análisis europeos, recopilados por ANPA (2001), utilizan una temperatura de secado superior a 100°C mientras que para los análisis de las muestras obtenidas en los ensayos realizados, se prefirió optar por temperaturas secado es de 70±5°C, según el método TMECC, con el fin de evitar posibles pérdidas de sólidos volátiles, ya que éstas pueden llegar a ser significativas cuando se trabaja con muestras de pequeño tamaño, como en el caso del compost doméstico.

Densidad aparente. El método para la determinación de la densidad aparente fue el propuesto por Tello y Vega (2015), adaptando el método oficial estadounidense TMECC (2002). Conforme a este método, se utilizó un

recipiente de plástico de capacidad de 1 L, el cual fue relleno con el material a examinar, sin compactar, dejando caer el recipiente 10 veces desde una altura de 10 cm. Sucesivamente se determinó el peso neto del material contenido. Para la medición del peso neto se utilizó una balanza de laboratorio (3100C PRECISA TM) La determinación se realizó por triplicado.

$$DA_p = \frac{M \text{ (gpf)}}{V \text{ (ml)}} \quad \text{Fórmula 3, determinación densidad aparente}$$

Peso específico. El peso específico (PE) se calculó como relación entre el peso neto del material (P) y el volumen del recipiente (V), según la ecuación:

$$PE \text{ [gpf/L]} = \frac{10^3 \times P \text{ (gpf)}}{V \text{ (ml)}} \quad \text{Fórmula 4, determinación peso específico}$$

pH. Los métodos utilizados para la determinación del pH de un compost son principalmente de dos tipos. En los métodos volumétricos, se añade una cantidad de agua proporcional al volumen de la muestra. En métodos de la “pasta saturada”, siguiendo el procedimiento propuesto por Wernicke (1986), se añade una cantidad de agua a la muestra hasta que su contenido en humedad exceda exactamente su capacidad de retención. El valor de pH medidos por el método volumétrico con proporción muestra/agua (1:5) son habitualmente 0,1 – 0,3 unidades más elevados que los medidos por el método de la “pasta saturada” (Stoffella y Kahn, 2001).

La mayoría de los métodos “volumétricos” establece una relación peso de muestras/volumen de agua, prefiriendo determinar la cantidad de muestra a analizar según su peso y no su volumen. El método estadounidense TMECC (2002) fija los gramos de muestra necesarios para la obtención del extracto acuoso de manera que sea equivalente a una cantidad determinada de materia

seca. El hecho de determinar con anterioridad el contenido de sólidos totales de las muestras hace preferible, sin embargo, fijar la cantidad de muestra en base a su peso fresco con independencia de su contenido en sólidos totales, tal como descrito por el método italiano (ANPA, 2001) y propuesto por López et al. (2010).

En esta investigación, para la obtención del extracto acuoso, se adoptarán métodos exclusivamente volumétricos, realizando un extracto con proporción muestra/agua = 1:5 volumétrico, siguiendo el ejemplo de Ansorena para sustratos (Ansorena, 1994). Los tiempos y las condiciones para la obtención del extracto son las propuestas por López et al. (2010). Se procede colocando muestras de 100 ml de compost fresco (sin compactar, procediendo como en lo descrito por la determinación de la densidad aparente) en tubos de ensayo al cual se añaden 500 ml de agua y se agitan durante 30 minutos. Sucesivamente se centrifuga a 3500 rpm durante 15 minutos en tubos tipo “Falcón” de 45 ml y se filtra a través de papel de filtro con la ayuda de una bomba de vacío. Para la lectura del valor de pH se utiliza un peachimetro BASIC 20+ (CRISON TM) previamente calibrado. La medición se realiza a una temperatura ambiente de 20-23°C.

Conductividad eléctrica. La determinación de la conductividad eléctrica se realiza sobre extracto acuoso con proporción volumétrica muestra/agua = 1:5, tal como se ha descrito para la determinación del pH. Para la lectura del valor de conductividad eléctrica se utiliza un medidor DIST-HI98312 (HANNA INSTRUMENTS TM) que ofrece el resultado en mScm^{-1} , equivalente a dSm^{-1} . La medición se realiza a una temperatura ambiente de 20-

23°C. Las mediciones por este método dan resultados ligeramente inferiores a los medidos por el método de la pasta saturada .

Fracciones granulométricas. La determinación del porcentaje en peso de las distintas fracciones granulométrica del compost obtenido se realiza según el método oficial británico (PAS-100, 2011), sobre muestras de compost no cribadas anteriormente. Para esta determinación se toma una muestra, de aproximadamente 500 g de compost secado al aire, de cada compostera, se pesa (M_{tot}) y se coloca en un tamizador eléctrico Analízate 3 Spartan (Frisch TM) durante 7 minutos a amplitud 8/10. Para la caracterización de muestras de compost, el tamizador se arma con 4 tamices, respectivamente con 16, 8, 4 y 2 mm de luz de malla cuadrada. Para el análisis de estructurante se utilizan tamices con luz de 19, 16, 14, 12 y 8 mm. Después de medir el peso (M) del material retenido en cada uno de los tamices se calcula el porcentaje en peso (P_p) de cada fracción granulométrica, según la ecuación :

$$P_p. [\%] = \frac{M \times 100}{M_{tot}} \quad \text{Fórmula 5, determinación del porcentaje en peso}$$

Los resultados obtenidos se representan en un gráfico, donde en el eje de las ordenadas se indican los porcentajes en peso de las fracciones obtenidas y en el de las abscisas las luces de los tamices, obteniendo la curva de distribución granulométrica. Finalmente, se calcula el coeficiente de uniformidad granulométrica, según la ecuación descrita por Terzaghi y colaboradores (1996) para áridos:

$$CU = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad \text{Fórmula 6, determinación del coeficiente granulométrico}$$

Donde D60 es la luz de malla (en mm) a través de la cual pasa el 60% del material y D10 la luz a través de la cual pasa el 10%.

e. Parámetros de madurez y estabilidad. Estando la madurez relacionada con la duración del proceso de compostaje y de la fase de maduración del compost, y con el fin de facilitar un seguimiento más detallado del ensayo, se considera oportuno evaluar el tiempo efectivo del proceso de compostaje para los distintos tratamientos de los ensayos calculando el tiempo medio de residencia por kilogramo (TMR) de material fresco, según la ecuación:

$$\text{TMR} [\text{días}] = \frac{\Sigma (\text{peso aporte} \times \text{días de residencia})}{\text{Peso total}}$$

Fórmula 7, determinación del tiempo medio de residencia por kilogramo de material fresco

Test Solvita. El test Solvita TM (Woods End Research Laboratorio) nos proporciona un índice del grado de madurez del compost obtenido, dependiendo de los niveles de CO₂ y NH₃ de la muestra analizada. Aunque es un test de tipo no cuantitativo, su fiabilidad y validez han sido demostradas científicamente por Changa y colaboradores (Changa et al., 2003). Por su sencillez y facilidad de utilización está largamente empleado en muchos países (Dinamarca, Suecia, Noruega, Reino Unido, Irlanda y 18 estados de EEUU) como método de referencia para la determinación de los requisitos legales de compostaje.

La descripción del método es la proporcionada por el fabricante (Woods End Research Laboratorio). El test integra dos pruebas colorimétricas para determinar los niveles de CO₂ y NH₃ de la muestra analizada, efectuadas ambas en el mismo lapso de 4 horas. Para estimar las emisiones gaseosas se tiene en cuenta que el inverso de CO₂ es la cantidad de oxígeno consumido por la muestra en 4 horas, este dato puede emplearse para

calcular la cantidad de aire que se necesita para mantener la respiración aerobia.

Cada muestra se tamiza hasta un tamaño menor a 10 mm y acondicionada para ajustar el nivel de humedad a las condiciones requeridas por el test. La estimación del nivel óptimo de humedad fue efectuada mediante la “prueba del puño”. En caso de que hubiese sido necesario modificar su nivel de humedad mediante aplicación de agua o secado (al aire, sobre papel), se espera entre 24 y 72 horas antes de efectuar el test. Una vez alcanzada la humedad necesaria, se rellenan los recipientes de plástico de 125 ml, incluidos en el kit. Se deja reposar cada muestra dentro del vaso con la tapa quitada durante una hora antes de comenzar el test. Transcurrido este tiempo, se introducen las dos paletas con geles reactivos a CO_2 y NH_3 , y se cierra el recipiente. Trascorridas 4 horas fuera del contacto directo con la luz solar, se extraen las dos paletas y se procede a la comparación del color de los geles con las respectivas escalas de colores incluidas en el kit. Para cada gel (CO_2 y NH_3) la correspondiente escala colorimétrica asigna un valor numérico; para averiguar el índice de madurez del compost se consulta la tabla correspondiente, usando los resultados de CO_2 (columnas) y NH_3 (filas). El índice de madurez Solvita proporciona un valor de 1 a 8.

Tabla 4 *Valores, índice de madurez Solvita, de CO_2 y NH_3 registrados en el test*

		resultados CO ₂							
		Alto ←-----→				-----→Bajo			
		1	2	3	4	5	6	7	8
resultados NH ₃	Muy bajo o nulo NH ₃ (5)	1	2	3	4	5	6	7	8
	Bajo NH ₃ (4)	1	2	3	4	5	6	7	8
	Medio NH ₃ (3)	1	1	2	3	4	5	6	7
	Alto NH ₃ (2)	1	1	1	2	3	4	5	6
	Muy alto NH ₃ (1)	1	1	1	1	1	2	3	4

Nota: Esta tabla muestra los valores del índice de madurez solvita, según los niveles de CO₂ y NH₃, registrados en el test.
Fuente: Sadawka et al (2005). p139

Tabla 5

Interpretación de resultados del test Solvita

Índice Solvita	Descripción del compost
8	Compost muy maduro. Inactivo. Bien envejecido. Parecido a suelo. Apto para todos los usos.
7	Bien maduro, curado. Pocas limitaciones para su uso
6	En proceso de maduración, con requerimientos de aireación y manejo reducidos.
5	El compost ha pasado la fase de descomposición activa y está listo para entrar en el proceso de madurez. La necesidad de manejo intensivo se reduce.
4	Compost en la fase de descomposición activa de modo medio a moderado. Aún necesita manejo continuo.
3	Compost activo, materiales frescos. Aún necesita supervisión y manejo.
2	Compost muy activo, fresco, con altas tasas respiratorias, necesita aireación intensa.
1	Compost fresco “crudo”, típico de nuevas mezclas, tasa de descomposición muy elevada, material putrefacto muy oloroso.

Nota: La presente tabla muestra la interpretación de resultados del test Solvita. Fuente: Sadawka et al (2005). P.139

Test de auto calentamiento (Rottegrade). Para determinar el grado de estabilidad de los compost obtenidos por auto calentamiento, se aplica el método descrito por Brinton y colaboradores (Brinton et al., 1995) y reportado en la norma UNE-EN 168087-2 (2012). Este método permite determinar el grado de estabilidad en base a la evolución de la temperatura del compost aislado térmicamente. Para este fin, se llenaron vasos Dewar de 1,5 L y diámetro de 100 mm con material tamizado a 20 milímetros.

La prueba se realiza en condiciones estándar de humedad, estimada a través del “test del puño” y oportunamente corregida, como descrito para el test Solvita. Seguidamente, se introduce en el vaso una sonda de temperatura conectada a un registrador de datos (datalogger) para su medición en continuo. La interpretación asigna 5 grados de estabilidad según el valor máximo de temperatura alcanzada por el compost respecto al ambiente exterior (tabla 6). La prueba se realiza por triplicado cogiendo como resultado final el valor de la repetición menor.

Tabla 6

Grados de estabilidad del Compost

Compost – Exterior (°C)	Índice Rottegrade	Descripción del compost	
0 – 10	V	Muy estable. Bien envejecido.	
10 – 20	IV	Bastante estable. En proceso de maduración	Compost maduro
20 – 30	III	Material en fase de descomposición	Compost activo
30 – 40	II	Compost joven e inmaduro.	
> 40	I	Material fresco, recién incorporado.	Compost “Crudo”

Nota: Esta tabla muestra los grados de estabilidad (Índice Rottegrade) según los resultados del test de autocalentamiento. Fuente: Brinton et al., 1995.p 4

2.3. Definición de términos básicos

- **Abono:** Sustancia que contiene cantidades apreciables de uno o más de los elementos químicos indispensable para a vida vegetal.
- **Actinomicetos:** Microorganismos que habitan en el suelo.
- **Aerobio:** Que necesita aire para vivir.

- **Azufre (S):** Importante en la metabolización del Nitrógeno y el Fósforo, interviene en la formación de clorofila, necesario para la síntesis de Proteínas y vitaminas, también interviene en la formación de semillas.
- **Bacteria:** Microorganismos unicelulares.
- **Biodegradabilidad:** Es la capacidad de un compuesto por proceso metabólico.
- **Calcio (Ca):** Requerido por todas las plantas, actúa como regulador del crecimiento, responsable en la constitución de tejidos, trabaja muy bien junto al Boro.
- **Cobre (Cu):** Activador de varias enzimas, ayuda a un buen forzamiento de tejidos, necesario para la formación de clorofila. Vía foliar es la mejor forma de suministrarlo.
- **Boro (B):** Micronutriente importante en la actividad de crecimiento y producción, indispensable en el pegue de fruto, útil en la división celular y la translocación de azúcar y almidón, importante en la absorción del fósforo y cloruros y actúa como regulador en la relación Potasio – Calcio.
- **Compost:** Humus obtenido artificialmente por descomposición bioquímica en caliente de residuos orgánicos (RAE, 2014).
- **Criofilos:** Organismos que viven en medios fríos.
- **Descomposición:** Proceso por el que una sustancia compleja se transforma en otras más simples.
- **Esporas:** Elemento de reproducción de los hongos. Formas de resistencia de ciertos microorganismos.
- **Estabilidad:** Grado en que el compost puede ser almacenado sin causar molestias.

- **Estercolero:** Lugar donde se depositan los excrementos de los animales para su conversión en abono y posterior utilización en el campo.
- **Hierro (Fe):** Actúa en zonas de crecimiento, relacionado con la formación de clorofila y actúa como aportador de oxígeno, es el encargado del proceso de extracción de energía a partir de los azúcares.
- **Fosforo (P):** Desempeña un papel importante en el desarrollo del sistema radicular, interviene en la formación del tejido leñoso y además en la fructificación, formación y maduración del fruto, esencial en la formación de semillas.
- **Hongos:** División del reino vegetal constituida por individuos sin clorofila y de vida saprofita parasitaria o simbiótica.
- **Humus:** Fracción de la materia orgánica del suelo que ha sufrido transformaciones.
- **Inorgánico:** La materia mineral Nitrógeno (N): Esencial para el crecimiento y el desarrollo vigoroso de la planta (tallos, hojas, brotes y frutos) proporciona el color verde intenso a la hoja; e incrementa los niveles de proteínas, importante durante todo el ciclo del cultivo.
- **Mesófilos:** Que viven en condiciones medias de temperatura.
- **Magnesio (Mg):** Es el principal componente de la molécula de clorofila de allí el color verde de la hoja y su importancia en el proceso fotosintético, indispensable en la absorción y metabolismo del fósforo, interviene en el aprovechamiento del potasio y la acumulación de azúcares.
- **Manganeso (Mn):** Interviene en el metabolismo del fósforo y el nitrógeno, aumenta la disponibilidad del fósforo y calcio, desarrolla un papel directo en la

fotosíntesis y ayuda a la síntesis de la clorofila, acelera la germinación y la madurez, importantísimo en la calidad de frutos.

- **Potasio (K):** Importante para el metabolismo del nitrógeno, el transporte, formación de azúcares y almidones, regula la apertura de las estomas haciéndolo importante en las relaciones hídricas, interviene en la constitución de tejidos dando así resistencia a la planta contra enfermedades.
- **pH:** Medida de la acidez o alcalinidad.
- **Termófilo:** Organismo que viven en condiciones de altas temperaturas.
- **Zinc (Zn):** Importante en el crecimiento y producción, ayuda mucho en el tamaño de los entrenudos, fácilmente absorbido vía foliar.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

La impermeabilización con plástico doble negro influye significativamente en la producción de compost bajo condiciones del distrito de Paucartambo – Pasco – 2018.

2.4.2. Hipótesis Específicas

- La impermeabilización con plástico doble negro influye significativamente en la evolución del pH en la producción de compost bajo condiciones del distrito de Paucartambo – Pasco.
- La impermeabilización con plástico doble negro influye significativamente en la evolución de la temperatura en la producción de compost bajo condiciones del distrito de Paucartambo – Pasco.
- La impermeabilización con plástico doble negro influye significativamente en la calidad del compost producido bajo condiciones del distrito de Paucartambo – Pasco.

- La impermeabilización con plástico doble negro influye significativamente en el tiempo de producción de compost bajo condiciones del distrito de Paucartambo – Pasco.
- La impermeabilización con plástico doble negro influye significativamente en el costo de producción de compost bajo condiciones del distrito de Paucartambo – Pasco.

2.5. Identificación de variables

2.5.1. Variable independiente

Uso de plástico doble negro.

2.5.2. Variable dependiente

Producción de compost.

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

2.6.1. Variable independiente

Uso de plástico doble negro

a. Definición conceptual. Uso de materiales impermeables y flexibles, que ayudan a mitigar las extremas temperaturas en áreas andinas frías y permiten la inspección visual del proceso de compostaje.

b. Definición operacional. Uso de materiales impermeables y flexibles que para su colocación se sigue las indicaciones de labor de preparación de compost, donde se especifica el espesor, el ancho, el largo y el tiempo requerido para la obtención del producto a procesar.

c. Indicadores

- Espesor de la lámina
- Largo
- Ancho

- Densidad

2.6.2. Variable dependiente

Producción de compost.

a. Definición conceptual. Producción de humus obtenido artificialmente por descomposición bioquímica en caliente de residuos orgánicos.

b. Definición operacional. El compost requiere de condiciones específicas para su procesamiento, las que se detalla en la labor de preparación de compost, indicándose desde la obtención de los insumos, su mezcla, descomposición, cosecha y selección.

c. Indicadores

- pH
- Aireación
- Temperatura
- Microorganismos aeróbicos
- Humedad

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de Investigación

La investigación es de tipo aplicada “porque la tecnología a generar respecto a las características del compost con el uso o no de plástico doble negro y el diseño actual de módulos para tal proceso es la aplicación de los principios de la ciencia que permitirá solucionar el problema de los residuos sólidos orgánicos de un proyecto Agrícola que este en etapa de superación”

3.2. Nivel de Investigación

Mientras que, el nivel es experimental comparativo porque determinaremos las semejanzas y diferencias de las características del compost, y el menor tiempo y economía en la obtención del compost resultado de materias orgánicas y la función que cumple el plástico doble negro en los residuos generados por la población.

3.3. Métodos de investigación

El Método que se siguió fue el experimental (Sánchez y Reyes, 2006).

3.4. Diseño de investigación

El diseño de la investigación es experimental, con dos tratamientos y seis repeticiones, que se presenta en el esquema de la Tabla 7.

Tabla 7

Esquema de la investigación

Tratamientos		Repeticiones				
T ₁	a ₁	b ₁	c ₁	d ₁	e ₁	f ₁
T ₂	a ₂	b ₂	c ₂	d ₂	e ₂	f ₂

Dónde:

T₁: Tratamiento 1 (Experimental).

T₂: Tratamiento 2 (Control)

a₁, b₁, c₁, d₁, e₁, f₁: Observaciones del grupo experimental

a₂, b₂, c₂, d₂, e₂, f₂: Observaciones del grupo control

Nota: Esta tabla muestra los tratamientos y las unidades experimentales en el esquema de la investigación Fuente: Elaboración propia.

a. Lugar de Ejecución. Región y provincia: Pasco, distrito Paucartambo, Sector:

Barrio Nuevo, geográficamente se ubica: latitud sur 10 ° 45 ` 29``, longitud oeste 75

° 47` 40``, altitud 2900 msnm, clima quechua, la información sobre el clima se

determinó en la estación meteorológica del Ministerio de agricultura agencia

Paucartambo y nos permitió obtener para datos del clima de la zona como: velocidad

de viento, temperatura, humedad y/o evaporización. El clima de la zona respecto a

la precipitación varía de ligeramente lluvioso y húmedo en invierno (diciembre–

abril), frígido y seco en verano, (mayo- septiembre), las temperaturas descienden

teniendo mayor impacto en junio, julio – 2.0 °C (bajo 0).

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población de la presente investigación estuvo conformada por los residuos orgánicos generados por la labor de deshierbo de los predios agrícolas de la zona.

3.5.2. Muestra

La muestra está conformada por doce extracciones en los dos tratamientos en estudio; el tipo de muestreo será probabilístico en vista que cualquier porción del material producido tiene la misma oportunidad de ser integrante de las muestras a examinar. La toma de muestras se realizará en seis puntos de donde se alimentó los módulos de las composteras, por cada tratamiento, con la finalidad de obtener muestras representativas. Las muestras analizadas de los compostajes se enviarán para su análisis al Laboratorio de Suelos de la Universidad nacional Agraria, La Molina, en Lima.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Nos permiten recolectar la información bibliográfica para elaborar el marco teórico, la Guía de observaciones, los formatos de cuestionarios, el formato de recolección, la lista de cotejos e interpretación de los resultados.

3.6.1. Técnicas

Observación. Para realizar las observaciones en campo y recolectar los datos sobre la calidad de compost.

Análisis. Técnicas aplicadas para averiguar las variables físicas y químicas de las muestras de los tratamientos en estudio.

Asimismo, se aplicarán estas técnicas para la estadística inferencial, en la prueba de comparación de los tratamientos mediante la Prueba de t.

3.6.2. Instrumentos

Los instrumentos utilizados en la presente investigación fueron los siguientes:

Guía de elaboración de compost. Para mostrar las actividades que se realizaron en la elaboración de compost, se muestran en el Anexo B.

Fichas. Para registrar la información del análisis de la bibliografía existente. Estas fichas son de registro o localización (fichas bibliográficas), de documentación e investigación (fichas textuales o de transcripción, resumen, comentario).

Libreta de Campo. Se utilizará para apuntar la información en campo sobre la respuesta del compost. Negro et al. (2000, pp.28-29) describe Test de tipo químico y de tipo biológico para la evaluación basados en el estudio de la materia orgánica humificada del compost, relacionando el grado de madurez de un compost con las características de los compuestos húmicos presentes en el mismo, atendiendo a su grado de polimerización, tasa de extracción y su riqueza en el compost.

Las características a evaluar de las muestras de compost serán las siguientes:

Temperatura. Debido a su directa relación con el proceso de fermentación, la temperatura se registró quincenalmente a partir del 15 de agosto hasta el final del proceso de compostaje; se empleó un termómetro digital de 100 °C, introduciendo el termómetro en 4 puntos distintos de la pila y se registró el promedio de las 4 mediciones.

Densidad del compost final. Se define como la relación entre la masa del material sólido y el volumen que ocupa en unas condiciones determinadas, incluyendo el espacio poroso entre partículas. Generalmente se expresa en g.cm^{-3} ó mg.m^{-3} . Se determinó pesando una cantidad determinada de compost final contenido en una caja de madera. Posteriormente, se determinó la relación del peso del contenido y el volumen de la caja.

Humedad del compost final. Para controlar la humedad se utilizó el método empírico de la prueba de puño (Sztern y Pravia 2002). Este método consiste en tomar una muestra de compost en la mano y empuñarlo fuertemente, si se observa un hilo de agua, se puede decir que el compost presenta más del 40 % de humedad, si el hilo que se obtiene se presenta en forma intermitente entonces la humedad está cerca del 30 %, si no gotea y al abrir la mano el material permanece moldeado, la humedad esta entre un 20 a 30 %, finalmente si al abrir la mano la materia se disgrega la humedad es menor al 20 %.

pH del compost final. Se realizó la medición mediante el método de pasta saturada. Se pesó 10 gramos del compost en un vaso de capacidad de 100 ml, se adicionó agua hasta formar una pasta. Posteriormente se procedió a la lectura del pH en el potenciómetro sumergiendo el electrodo (Bazán, 1996).

Conductividad eléctrica del compost final. Para la determinación de la conductividad eléctrica se realizó un extracto acuoso obtenido de una pasta saturada; donde la salinidad de la muestra se determinó a través de la medición indirecta del contenido de sales solubles del extracto acuoso obtenido (Bazán, 1996).

Contenido de materia orgánica total del compost final. El contenido de materia orgánica del compost final se determinó mediante el método de Walkley Black. En éste método, el carbono orgánico suelo es oxidado por una mezcla de $K_2Cr_2O_7$ más H_2SO_4 . El exceso de $K_2Cr_2O_7$ presente es determinado por titulación con $FeSO_4$. El punto de equivalencia en esta relación es dado por el indicador redox: difenil amina sulfúrica. La materia orgánica se estimó asumiendo que ésta contiene 58% de carbono por el factor de van Bemmelen (1724) (Bazán, 1996).

Contenido de Nitrógeno total del compost final. La determinación de nitrógeno total en el compost final se realizó mediante el método Microkjeldahl para lo cual primero se secó la muestra en su totalidad y se molió. En un balón de Microkjeldahl de 100 mililitros se colocó 0,1 gramos de la muestra, se le adicionó H_2SO_4 y catalizador a la muestra por lo que esta se calienta, convirtiendo al nitrógeno orgánico en $(NH_4)_2SO_4$. Luego se destila con la adición de NaOH para dar un carácter salino a la solución, el NH_4 se transforma en NH_3 el cual mediante el sistema de destilación para enfriar el flujo gaseoso da a lugar el NH_4OH el cual es recolectado en una solución de ácido bórico; se titula con H_2SO_4 hasta que el indicador cambie de color. Los mililitros del ácido usados en esta titulación por la normalidad del ácido equivalen a las milis equivalentes de nitrógeno en la muestra (Bazán, 1996).

Contenido de Fósforo (P_2O_5) del compost final. El método usado fue el de Digestión Vía Seca. Se realiza la calcinación de la muestra en mufla a $450\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ y se obtiene un residuo del cual se extrae el fósforo del compost por digestión con ácido nítrico o clorhídrico. Seguidamente, se toma una alícuota de 1,0 mililitros de dicha solución clorhídrica; se le agrega solución sulfomolibdica, solución reductora (amino-naftol-sulfónico) y agua destilada para formar un complejo soluble de color azul. Posteriormente se lee la transmitancia a longitud de onda de 650 nm y se compara con la curva patrón de fósforo a partir del estándar de 80 miligramos de P/L (Bazán, 1996).

“Potasio (K_2O). El método utilizado fue la espectrometría de absorción atómica. Se extrae del compost por digestión con ácido nítrico o perclórico. Seguidamente se toma una alícuota de dicha solución problema, se le adiciona 9 mililitros de agua destilada y 10 mililitros de solución de lantano al 1% y se coloca

en el equipo de espectrometría de absorción atómica. Dentro del equipo, la muestra es conducida al quemador y es atomizada por una llama; al recibir una radiación electromagnética proveniente de una fuente externa, los átomos de potasio absorben dicha radiación; se mide la absorbancia de dicha radiación por los átomos y posteriormente se determina su concentración con el uso de una curva estándar (Bazán, 1996).

Interpretación de resultados. Para la interpretación de resultados, se consideró tomar como referencia la norma técnica FAO (parámetros) y la norma técnica mexicana que considera para la comparación la existencia de compost: clase I, Clase II, Clase III.- se considera para efectos de determinar la calidad del elemento Fosforo, ni Potasio, se recurrió a la legislación mexicana, que dice que la suma de N, P, K menores a 7 son de calidad

Tabla 8

Normas de calidad, compost estabilizado, tratamiento experimental

Parámetro	Norma Técnica Mexicana NMA – AA – 180 – SCF1 – 2018			Norma Técnica FAO	Tratamiento experimental
	Calidad I	Calidad II	Calidad III		
C/N				10:1-15:1	13.2
pH	6.7-8.5	6.7-8.5	6.7-8.5	6.5-8.5	7.02
CE dS/m	0.5-4	4-8	8-12	-	13.3
MO%	≥ 20%	30-50%	20-30%	> 20%	31.2
N%	3	2	1	0.3% 1.5%	- 1.37
P ₂ O ₅ %	-	-	-	0.1% 1.0%	- 0.85
K ₂ O%	-	-	-	0.3% 1.0%	- 2.08

Si la suma de NPK es menor de 7% el compost es de calidad.
 $NPK = 1.37 + 0.85 + 2.08 = 4.3 < 7\%$

Nota: La presente tabla muestra los parámetros de calidad del compost estabilizado y compara con tratamiento experimental. Fuente: COTERMARNALN (2018), México. FAO (2013). Leiva (2018). p31

Tabla 9*Resumen Normas de calidad, compost estabilizado, tratamiento control*

Parámetro	Norma Técnica Mexicana NMX – AA – 180 – SCF1 – 2018			Norma Técnica FAO	Tratamiento control
	Calidad I	Calidad II	Calidad III		
C/N				10:1-15:1	15.36
pH	6.7-8.5	6.7-8.5	6.7-8.5	6.5-8.5	6.83
CE dS/m	0.5-4	4-8	8-12	-	4.59
MO%	≥ 20%	30-50%	20-30%	> 20%	50.36
N%	3%	2%	1%	0.3%	- 0.74
				1.5%	
P ₂ O ₅ %	-	-	-	0.1%	- 0.49
				1.0%	
K ₂ O%	-	-	-	0.3%	- 0.66
				1.0%	
Si la suma de NPK es menor de 7%, es de calidad NPK 0.74 + 0.49 + 0.66 = 1.89% < 7%					

Nota: La presente tabla muestra los parámetros de calidad del compost estabilizado y compara con tratamiento control. Fuente: COTERMARNAT (2018) - México. FAO (2013). Leiva (2018). p31.

3.7. Selección y validación de los instrumentos de investigación

Los instrumentos aplicados en esta investigación corresponden a instrumentos adaptados de instituciones con reconocida experiencia. Se aplicó una Guía de elaboración de compost y, para la evaluación físico química de los productos obtenidos en el experimento se sigue los procedimientos del Laboratorio de Análisis de Suelos y Plantas de la Universidad Nacional Agraria La Molina, de Lima.

3.8. Técnica de procesamiento y análisis de datos

Los datos registrados fueron procesados y analizados mediante técnicas de estadística descriptiva e inferencial

Se determinó el promedio y la varianza de los datos, realizando la contratación de hipótesis para la comparación de medias de los resultados de los tratamientos en estudio, mediante la prueba de t de Student.

3.9. Tratamiento estadístico

El análisis de la investigación radicó en determinar en primer lugar las medidas de tendencia central, media, desviación estándar, también se utilizaron gráficos como histogramas y diagrama de barras.

a. Promedio (\bar{X}). Es una medida de tendencia central que permite encontrar el promedio de los puntajes obtenidos. Es el resultado de la suma de las calificaciones, divididas entre el número de personas que responden:

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i}{n}$$

Dónde:

\bar{X} = promedio

$\sum x_i$ = sumatoria

n = número de observaciones

b. Varianza (S^2). Es la medida que cuantifica el grado de dispersión o separación de los valores de la distribución con respecto a la media aritmética. Este valor es la media aritmética de los cuadrados de las desviaciones.

$$S^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{X})^2}{n}$$

Dónde:

S^2 = varianza.

x_i = valor individual.

\bar{X} = media aritmética.

\sum = sumatoria.

n = número de observaciones.

c. Desviación estándar (S). Mide la concentración de los datos respecto a la media aritmética y se calcula como la raíz cuadrada de la varianza

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{X})^2}{n}}$$

Dónde:

S = desviación estándar.

Xi = valor individual.

\bar{X} = media aritmética.

Σ = sumatoria.

n = número de observaciones.

d. Pruebas de comparación de medias. Los resultados de los experimentos, fueron evaluados a través de la prueba de diferencia de promedios (Calzada, 1970), para lo cual se formuló las siguientes hipótesis:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_a: \mu_1 > \mu_2$$

Siendo μ_1 la media de resultados del tratamiento experimental y μ_2 la media de resultados del tratamiento control. Se ha definido la realización de la prueba mediante t de Student, en vista de que la muestra está conformada por 12 datos. Se determina el valor t_c con la aplicación de la fórmula siguiente:

$$\frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{\sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}} \sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}} \rightarrow t_{n_1 + n_2 - 2}$$

Dónde:

$t_{n_1+n_2-2}$ = t calculado con $n_1 + n_2 - 2$ grados de libertad.

\bar{X}_1 = Promedio del tratamiento 1.

S_1^2 = Varianza del tratamiento 1.

n_1 = Tamaño del tratamiento 1.

\bar{X}_2 = Promedio del tratamiento 2.

S_2^2 = Varianza del tratamiento 2.

n_2 = Tamaño del tratamiento 2.

3.10. Orientación Ética, Filosófica y Epistémica

La ética se puede entender como el estudio de la forma en que nuestras decisiones afectan a los demás; por ello, la ética trata de los derechos y obligaciones de las personas, de las reglas morales que las personas aplican cuando toman decisiones y de la esencia de las relaciones personales. (Aguilar, Guerra, y Cabral, 2006, p. 55). En esta investigación tecnológica se busca realizar un servicio técnico de proveer insumos orgánicos, en donde la ética profesional es la única garantía que tiene el agricultor de que las recomendaciones dadas por el técnico sean lo que realmente se necesita. Así mismo con los insumos orgánicos se trata de evitar la contaminación, disminuir los riesgos de cambio climático y reducir el agotamiento de la capa de ozono.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

Como descripción del trabajo mencionaré el uso de fichas de campo para registrar los datos de las variables pH y temperatura en el proceso de evolución del material precompostado, y fichas de localización, también se utilizó libreta de campo para tomar apuntes de la información de campo, del material precompostado, en el proceso de la evolución del material precompostado.

Los pasos que se dieron fueron los siguientes:

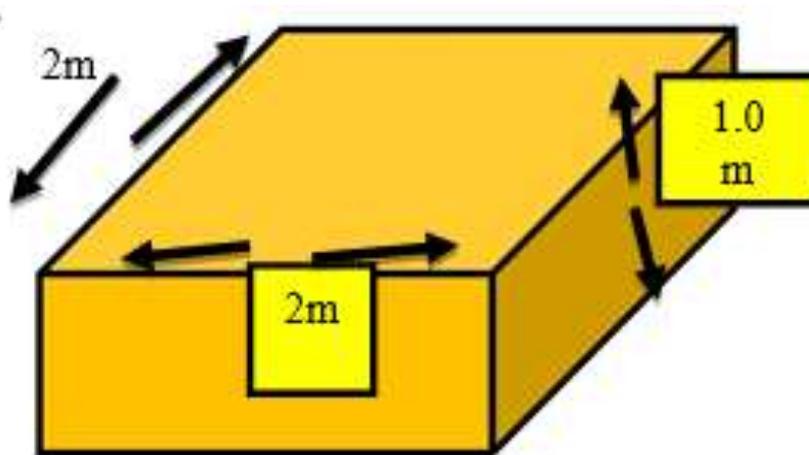
Los residuos sólidos vegetales y el estiércol provienen del material que desechan los agricultores, ganaderos y el camal donde se sacrifican los animales del sector Barrio Nuevo, distrito de Paucartambo

- Paso 1. Se limpia el área del terreno a trabajar.
- Paso 2. Se mide el terreno largo 2 m x ancho de 2m y el material y compost que se acumulara hasta 1.0 metros de altura.
- Paso 3. Se prepara para realizar los tratamientos

- Paso 4. Se cubre la pila con plástico doble, Tratamiento con plástico y otra pila sin plástico es el tratamiento sin plástico
- Paso 5. Se coloca los residuos vegetales y estiércol alternadamente, siendo la relación de residuos sólidos vegetales y estiércol volumen de 3 a 1
- Paso 6. El volumen de cada pila llegara a 1.0 m³
- Largo 2m ancho 2m y altura de 1.0 m= 4.0 m³

Figura 1

Diagrama de la pila de compost



Nota La presente figura muestra cómo se determina las medidas de la pila del material precompostado. Elaboración propia del investigador

Tabla 10

Peso de compost en la pila

Materia prima	Volumen m ³	Densidad kg m ⁻³	Peso kg
Residuos vegetales y estiércol	4.0	370	1,480

Nota: Esta tabla muestra cómo se determina el peso de compost en la pila
Fuente: FAO (FAO) 2013.p49.

a. Composición de los tratamientos. Se instaló una pila para tratamiento experimental con plástico doble donde fueron los tratamientos T1= a1, b1, c1, d1,

e1, f1; y una pila para tratamientos control sin plásticos doble donde fueron tratamientos T2=a2, b2, c2, d2, e2, f2

En la base de cada pila se hizo un piso de piedras para facilitar las labores de percolación con los riegos seguidos, de una capa de material vegetal de forma alterna con estiércol hasta llegar a una altura de 1.0 m.

b. Aireación. La aireación de la pila de compostaje se realiza quincenalmente durante todo el proceso con el objetivo de darle estabilización al proceso de oxidación de la materia orgánica, una adecuada aireación es vital para el proceso de descomposición y evitar la compactación que podría producirse por el riego periódico.

c. Humedecimiento. Se realizaron riegos suplementarios cada 3 días durante los tres primeros meses y en los otros meses cada 20 días. Los humedecimientos se realizaron después de efectuarlo los volteos, la fuente de agua provino del río Atapallpan.

Tabla 11

Insumos para producir la pila de compost

Insumos	Cantidad
Materia prima, residuos vegetales	1110 kg
Estiércol	370 kg
Agua	4 litros, por semana

Nota: La presente tabla, muestra los insumos a usar en la pila para producir compost
Elaboración Propia

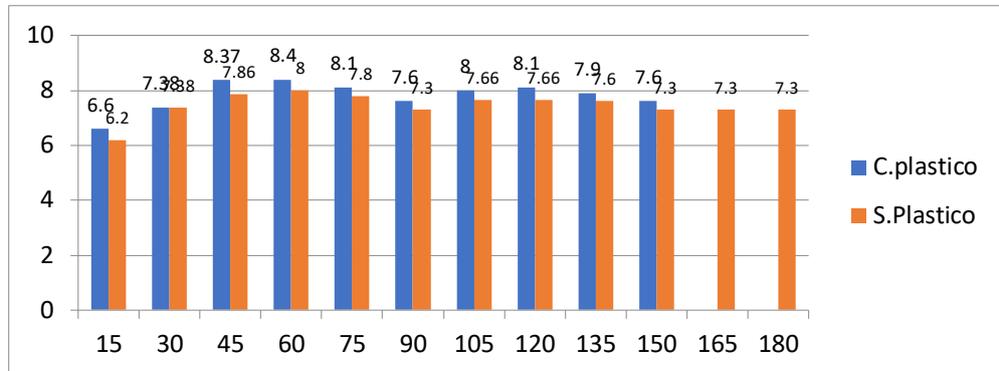
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Evolución de variable pH. –

La frecuencia de medición de la variación del pH en el proceso de compostaje, se realizó cada 15 días durante 5 meses para el tratamiento

experimental T1 con plástico, y cada 15 días durante 6 meses para el tratamiento control T2 sin plástico, cuyo resultado se presenta en la Figura 2.

Figura 2 - Evolución del pH, en material precompost



La presente figura, muestra la evolución del pH en material precompost. Elaboración: material propio del investigador

En la figura 2 se puede observar que la variable pH en la prueba experimental de promedio 7,83 se mantiene entre 6,6 y 8,4; en el tratamiento control el pH de promedio 7,44 se mantiene entre 6.2 y 8.0 a los 15 días el pH en el tratamiento experimental llego a 6.6, y en el tratamiento control 6.2

En ambos casos este pH ácido se debe a la descomposición de la materia orgánica que produce ácidos orgánicos y el medio se acidifica, siendo estos valores característica de la etapa mesófila; a los 60 días en el tratamiento experimental el pH llego a 8.4 y en el tratamiento control a los 105 días, el pH llego a 7.66, coincidiendo con la temperatura alta (sirve de asepsia de los microorganismos dañinos en el compost) y cuando baja la temperatura vuelven a aparecer los microorganismos Mesófilos que degradan los polímeros creando un medio ácido y la variable p H sufren una mínima baja, esta es una característica de etapa Mesófila

Los siguientes días en ambos tratamientos la variable p H desciende levemente que es característica de la Etapa de maduración; en la prueba

experimental a los 150 días la variable pH es de 7.6 y en la prueba control a los 180 días la variable pH es de 7.3 que es un valor aceptable en las normas de control calidad de compost: como la norma mexicana (NMX-AA-SCF1-2018) y la norma técnica FAO

a.2 Interpretación de pH en evolución

Tabla 12

Prueba estadística, evolución de la variable pH en proceso de compostaje

Grupo	N	Media	T-Calculado	T-Tabular
Experimental	10	7,80	1,65	2,10
Control	12	7,44		

Nota: La presente tabla muestra los valores estadísticos comparativos del pH, en los tratamientos experimentales y control. Elaboración propia del investigador

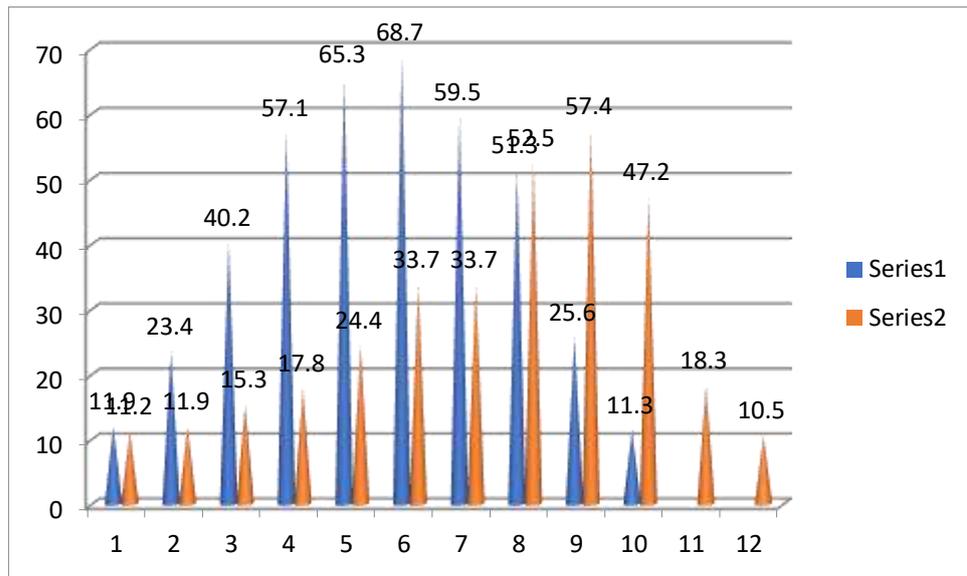
La prueba estadística el T calculado (1.65) es menor que el T tabular (2.08), lo cual nos demuestra que no existe diferencia estadística (al 5 % de probabilidad), entre los promedios del tratamiento experimental con el tratamiento control

4.2.2. Evolución de variable temperatura

a.1 Presentación, análisis de la evolución de la temperatura. La evaluación se realizó cada 15 días, en el tratamiento experimental durante 150 días y en el tratamiento control durante 180 días, a continuación, el proceso en la figura 3:

Figura 3

Evolución de la temperatura, en material precompost



Nota: la figura presenta muestra la evolución de la temperatura, en el material precompost. Fuente propia del investigador

La lectura de la temperatura del proceso de compostaje en el tratamiento experimental se realizó cada 15 días durante 5 meses, y para el tratamiento control se realizó cada 15 días durante seis meses, en el tiempo señalado se pudo observar las fases Mesófila, Termófila, Enfriamiento y maduración. Las primera quincena de iniciado el proceso se reportó temperaturas promedio para el tratamiento experimental de 11.9 ° C ,y para el tratamiento control de 11.2 ° C, representa la fase mesófila inicial ; A los noventa días la temperatura promedio para el tratamiento experimental fue de 68.7 ° C, y para el tratamiento control a los 120 días fue de 52.5 ° C ,representa la etapa termófila, a los 150 días la temperatura promedio para el tratamiento experimental fue de 11.3 ° C, y para el tratamiento control a los 180 días la temperatura fue 10.5 % C, representa la fase mesófila final que se confunde con la maduras, próxima cosecha: FAO (2013),p 23.

a.2 Interpretación de evolución de la temperatura, en evolución. En la prueba de t de Student para la evolución de la temperatura, se determinó los resultados de la tabla 13.

Tabla 13

Prueba de t Student, evolución de la temperatura en el compostaje

Grupo	N	Media	T Calculado	T tabular, 5 %
Experimental	10	41.43	1.60	2.10
Control	12	27.82		

Nota: La presente tabla, muestra el análisis estadístico T de Student de la variable temperatura, en el proceso de evolución del compost Fuente: Elaboración propia del investigador

En la variable de temperatura para el tratamiento experimental, se consignó los resultados como sigue, media del tratamiento experimental 41.43, y la media para el tratamiento control 27,82 ambos tratamientos t calculado (1.60) y es menor que el T tabular (2,10), demuestra que no hay significación estadística del tratamiento experimental respecto al tratamiento control al 5 % de significación estadística.

4.2.3 Compost cosechado, variable pH

a.1 Presentación y análisis del pH del compost cosechado. En el producto cosechado el pH para el tratamiento experimental se consignó los resultados como sigue, para t1=6.97, t2=7.05, t3= 7.04, con una media de 7.02, y para el tratamiento control t4=6.81, t5=6.81, t6= 6.83, con una media de 6.81

a.2 Interpretación del pH, en el compost cosechado

Tabla 14*Prueba de t Student, para variable pH, del compost cosechado*

Grupo	N	Media	T calculado	T tabular, a 0.05%
Experimental	3	7,02	6.46	3.18
Control	3	6,81		

Nota: La presente tabla muestra el análisis estadístico, T Student en la variable pH, en ambos tratamientos. Fuente elaboración propia del investigador

En la prueba estadística T Student, según la tabla 14, se consignó los resultados como sigue: para ambos tratamientos t calculado (6.46) es mayor que el T tabular (3.18), lo que demuestra que hay significación estadística, del tratamiento experimental respecto al tratamiento control al 0.05 % de probabilidad estadística.

4.2.4. Compost cosechado variable conductividad eléctrica (dS/m)

En la variable Conductividad eléctrica para el tratamiento experimental se consigna los resultados: t1=13.32, t2= 13.28 y t3= 13.30 dS/m respectivamente, con una media de 13.30, y para el tratamiento control se consigna: t4=4.61, t5=4.57 y t5=4.62 dS/m respectivamente, con una media de 4.60.

a.2 Interpretación de Conductividad Eléctrica, en compost cosechado.

Tabla 15*Prueba de t Student, variable Conductividad eléctrica, compost cosechado*

Grupo	N	Media	T calculado	T tabular, a 0.05 %
Experimental	3	13.30	454.34	2.77
Control	3	4.60		

Nota: La presente tabla muestra para la variable conductividad eléctrica, la prueba estadística T Student. Elaboración propia del investigador

Realizando el análisis estadístico T Student, en el tratamiento experimental se consigna un valor de 13.3, y la media para el tratamiento control 4.60, para ambos el valor de T calculado es 454.34 y el T tabular un valor de 2.77, lo que demuestra que hay significado estadístico del tratamiento experimental con respecto al tratamiento control, al 0.05 % de probabilidad estadística

4.2.5. Compost cosechado variable Materia orgánica (%)

En el compost cosechado la variable materia orgánica para el tratamiento experimental se consigna los siguientes resultados: t1= 31.20, t2=31.16, y t3=31.24% respectivamente, con una media de 31.20, y para el tratamiento control se consignó el siguiente resultado: t4= 50.36, t5= 50.34, y t6 =50.36 % respectivamente, con una media de 50.35.

a.2 Interpretación de variable materia orgánica

Tabla 16

Prueba t Student, variable Materia orgánica, compost cosechado.

Grupo	N	Media	T calculado	T tabular al 0.05
Experimental	3	31.20	796.82	2.77
Control	3	50.35		

Nota: La presente tabla muestra la prueba estadística T Student, de variable materia orgánica. Elaboración propia del investigador

Realizando el análisis estadístico T Student, Para el tratamiento experimental una media de 31.20 y para el tratamiento control 50.36, entre ambos tratamientos el T tabular un valor de 796.82 y T tabular 2.77, lo que demuestra que hay una significación estadística del tratamiento control con respecto al tratamiento experimental, al 0.05 % de probabilidad estadística.

4.2.6. Compost cosechado variable Nitrógeno total (%)

a.1 Presentación. En el compost cosechado la variable Nitrógeno total para el tratamiento experimental se consignó el siguiente resultado: $t_1=1.38$, $t_2=1.36$, y $t_3= 1.37$ % respectivamente y una media de 1.37, y para el tratamiento control se consignó el siguiente resultado: $t_4= 0.72$, $t_5= 0.76$, y $t_6=0.74$ % respectivamente y una media de 0.74.

a.2 Interpretación

Tabla 17

Prueba de t Student, variable Nitrógeno total, del compost cosechado.

Grupo	N	Media	T calculado	T tabular
Experimental	3	1,37	48.79	2.77
Control	3	0.74		

Nota: La presenta tabla muestra el resultado del análisis estadístico T Student para la variable Nitrógeno. Elaboración propia del investigador

Realizando El análisis estadístico T Student, para tratamiento el tratamiento experimental se consigna un valor de la media de 1.37 y para para el tratamiento control un valor de 0.74, para ambos el valor de T calculado 48.79, y el T tabular 2.77, lo que nos demuestra que hay significación estadística del tratamiento experimental respecto al tratamiento control, al 0.05 % de probabilidad estadística

4.2.7. Compost cosechado variable Fosforo (P₂O₅%)

a.1 Presentación En el compost cosechado la variable fosforo (P₂O₅), para el tratamiento experimental es $T_1 = 0.88$, $T_2 = 0.86$ y $T_3 = 0.85$ % respectivamente y una media estadística de 0.86, y para el tratamiento control es $T_4 = 0.52$, $T_5 = 0.46$, y $T_6 = 0.50$ % respectivamente y una media estadística 0,49.

a.2 Interpretación

Tabla 18*Prueba de t Student variable fosforo del compost cosechado*

Grupo	N	Media	T calculado	T tabular, 5%
Experimental	3	0.86	18.76	2.77
Control	3	0.49		

Nota: la tabla muestra la prueba estadística T Student, Variable Fosforo. Elaboración propia del investigador

En la prueba estadística estadístico T Student, para el tratamiento experimental se consigna el resultado medio de 0.86, y la media para el tratamiento control 0.49; para ambos tratamientos, para el valor de T calculado (18,76) mayor que T tabular (2.77), lo cual significa que el tratamiento experimental es significativo respecto al tratamiento control, al 0.05 % de probabilidad estadística

4.2.8. Compost cosechado variable Potasio (K20 %)

a.1 Presentación. -En el compost cosechado la variable Potasio, para el tratamiento experimental se tuvo: $t_1 = 2.09$, $t_2 = 2.06$, y $t_3 = 2.07$, y una media de 2.07 respectivamente, y para el tratamiento control: $t_4 = 0.67$, $t_5 = 0.65$, y $t_6 = 0.67\%$, y una media para el tratamiento control 0.663.

Tabla 19*Prueba de t, variable potasio del compost cosechado*

Grupo	N	Media	T calculado	T tabular
Experimental	3	2,07	127,53	2,77
Control	3	0,663		

Nota: la tabla muestra la prueba estadística T Student, Variable Potasio. Elaboración propia del investigador

a.2 Interpretación. Realizando el análisis estadístico T Student entre ambos tratamientos, Para el tratamiento experimental se consigna una media de 2,07 y la media para el tratamiento control de 0,663 para ambos se obtuvo un valor

de T calculado 127,53, y un valor para t tabular de 2,07, lo cual significa que el tratamiento experimental es significativo respecto al tratamiento control, con una probabilidad estadística de 0.05%.

4.2.9. Tiempo de evolución del compost

a.1 Presentación. Citando a FAO (2013) “De acuerdo con las evaluaciones de temperatura y pH, se fue determinando el tiempo de procesamiento del compost, durante las cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados para la formación de ácidos húmicos y fúlvicos”. p 24, que es cuando el compost toma el color marrón oscuro, tanto para el tratamiento experimental con plástico doble negro, como para el tratamiento control sin plástico.

a.2 Interpretación

Tabla 20

a.1.1 Tiempo de evolución del pH, tratamiento experimental

N°	2018									
	15/08	30/08	15/09	30/09	15/10	30/10	15/11	30/11	15/12	30/12
1	6,5	7,4	8,42	8,3	8,1	7,2	8,2	8,2	8,1	7,8
2	6,7	7,37	8,30	8,4	8,0	7,7	7,9	8,1	7,9	7,5
3	6,6	7,37	8,39	8,5	8,2	7,9	7,9	8,0	7,7	7,5
Prom	6,6	7,38	8,37	8,4	8,1	7,6	8,0	8,1	7,9	7,6

Nota: La presente tabla muestra el resultado de tiempo: pH procesamiento de compost, tratamiento experimental. Elaboración propia del investigador.

Interpretación del pH en evolución, tratamiento experimental

En el tratamiento experimental (tabla n° 20) a los 15 días presento un valor de 6.6. Ligeramente ácido; a los 60 días presentó un valor de 8.4, ligeramente alcalino; a los 150 días presento un valor de 7.6, cerca de la neutralidad, y más estable el compost, para una próxima cosecha

a.3 tiempo de evolución del pH, tratamiento control

Tabla 21

Tiempo de evolución del pH en evolución, tratamiento control

N°	2018-2019											
	15/08	30/08	15/09	30/09	15/10	30/10	15/11	30/11	15/12	30/12	15/01	30/01
1	6,0	7,40	7,85	8,2	8,1	7,5	7,80	7,88	7,8	7,4	7,3	7,2
2	6,5	7,37	7,88	8,0	7,8	7,4	7,50	7,50	7,7	7,3	7,2	7,3,
3	6,1	7,37	7,85	7,8	7,5	7,0	7,68	7,70	7,3	7,2	7,4	7,4
Prom	6,2	7,38	7,86	8,0	7,8	7,3	7,66	7,66	7,6	7,3	7,3	7,3

Nota: La presente tabla muestra, tiempo del pH en la evolución del compost, tratamiento control. Elaboración propia de investigador.

Presentación. - En el tratamiento control (tabla N° 21), a los 15 días presento un valor de 6.2, ligeramente ácido; a los 60 días presento un valor de 8.0, ligeramente alcalino; a los 180 días presento un valor de 7.3, cerca de la neutralidad y el compost va alcanzando su estabilidad, próximo a la cosecha

a 4.- tiempo de evolución de la temperatura, tratamiento experimental

Tabla 22

Tiempo de evolución de la temperatura, tratamiento experimental

N°	Año 2018									
	15/08	30/08	15/09	30/09	15/10	30/10	15/11	30/11	15/12	30/12
1	12,2	23,6	40,4	57,5	66,1	69,1	60,2	52,2	24,2	11,1
2	12	23,2	40,1	57,4	65,7	68,8	59	51	26,2	11,6
3	11.8	23	41,3	57	65,6	68,5	60,1	52	26,1	11,5
4	11.6	23,8	39	59,5	63,8	68,4	58,7	50	25,9	11
Prom	11,9	23,4	40,2	57,1	65,3	68,7	59,5	51,3	25,6	11,3

Nota: La presente tabla muestra la evolución de la temperatura en los 5 meses de *Evolución, tratamiento experimental.*

a.5.- Tiempo de evolución de la temperatura, tratamiento control. -

Interpretación la evolución fue a los 150 días que fue cuando la temperatura se estabilizó a 11.3 ° C

Tabla 23

Tiempo de Evolución de la temperatura, tratamiento Control.

N°	Año 2018-2019											
	15/08	30/08	15/09	30/09	15/10	30/10	15/11	30/11	15/12	30/12	15/01	30/01

1	11,2	11,3	16,2	17,8	24,6	33,8	33,4	53	57,3	47,1	17,6	11,3
2	11,5	12,0	15,0	17,9	24,7	33,6	33,3	52,6	57,5	47,8	20	11,4
3	11,2	11,0	16	17,6	24,5	33,7	33,6	52,5	57,5	46,8	17,2	9,1
4	10,9	13,3	14,	17,9	23,8	33,7	34,5	51,9	57,3-	47,1	18,4	10,2
Prom	11,2	11,9	15,3	17,8	24,4	33,7	33,7	52,5	57,4	47,2	18,3	10,5

Nota: La presente tabla muestra tiempo: resultado de variable temperatura procesamiento del compost, tratamiento control. Elaboración propia del investigador

Interpretación. - Con el tratamiento control, se tuvo que esperar hasta los 180 días, que fue cuando la temperatura se estabilizó a 10.5 ° C, que nos permite realizar las labores de cosecha del compost producido

4.2.10. Beneficio económico del compost.

a.1. Costo de Producción, tratamiento experimental

Tabla 24

Costo de Producción, Tratamiento Experimental.

Actividad	Unidad de medida	Costo unitario S/:	Total S/.
Volteado, 10	1/2 Jornal	17.50	175.00
Cal agrícola,1	Kg	1.00	1.00
Estiércol, 3	Flete	2.00	6.00
Plástico,8m2			24.00
Total			206.00

Nota: Esta tabla muestra el costo de producción en el tratamiento experimental, costo jornal 35.00 soles. Fuente: Elaboración propia del investigador.

a.2.- Ingreso venta del compost, tratamiento experimental

Tabla 25

Ingreso por Venta, Tratamiento Experimental.

Producto	Precio unitario, S/	Total, S/
877 kg Compost maduro	S/. 0.60	526.20

Nota: Esta tabla muestra los ingresos que se obtienen en el tratamiento experimental. Elaboración: Propia del investigador.

a.3.- Beneficio, tratamiento experimental.

Tabla 26

Beneficio Obtenido, Tratamiento Experimental.

Ingreso, S/	Egreso, S/	Utilidad, S/
S/. 526.20	206.00	320.20

Nota: La presente tabla muestra la utilidad, en el tratamiento experimental. Elaboración: Propia del investigador.

a.4.- Relación Beneficio/ costo, tratamiento control

Tabla 27

Relación Beneficio Costo, Tratamiento Experimental.

Beneficio	S/costo	Relación beneficio / costo
320.20	206.00	1.55

Nota: Esta tabla muestra la relación beneficio costo, del tratamiento experimental. Elaboración: Propia del investigador.

a.5 Interpretación. En el tratamiento experimental, según la tabla 27 se obtiene una relación beneficio costo de S/1.55, es decir por cada sol invertido se obtiene una ganancia de S/ 1.55

a.6. Costo de producción, tratamiento control.

Tabla 28

Costo Producción, Tratamiento Control.

Actividad	Unidad de medida	Costo unitario S/:	Total, S/.
Volteado, 12	1/2 Jornal	17.50	210.00
Cal agrícola,1	Kg	1.00	1.00
Estiércol, 3	Flete	2.00	6.00
Total			217.00

Nota: Esta tabla muestra el costo de producción en el tratamiento control, costo jornal 35.00 soles. Fuente: Elaboración propia del investigador.

a.7.- Ingreso por venta del compost producido, tratamiento control.

Tabla 29

Ingreso por Venta, Tratamiento Control.

Producto	Precio unitario, S/	Total, S/
877 kg Compost maduro	S/. 0.60	526.20

Nota: Esta tabla muestra los ingresos que se obtienen en el tratamiento control.
Fuente: elaboración propia del investigador.

a.8.- Beneficio obtenido, tratamiento control

Tabla 30

Beneficio, Tratamiento Control.

Ingreso, S/	Egreso, S/	beneficio S/
526.20	S/. 217.00	309.20

Nota: La presente tabla muestra las utilidades en el tratamiento control.
Elaboración: Propia del investigador

a.9.- Relación Beneficio Costo. Tratamiento control

Tabla 31

Relación Beneficio Costo, Tratamiento Control.

Beneficio	Costo	Relación beneficio costo
309.20	217.00	1.42

Nota: Esta tabla muestra la relación beneficio costo, tratamiento control
Elaboración: Propia del investigador

Interpretación

En el tratamiento control, según la tabla 31, se obtiene una relación beneficio costo de 1.42, es decir por cada sol invertido se obtiene una ganancia de 1.42

La tabla 20 y 21, evolución del pH y la tabla 28 y 29, evolución de la temperatura, ambos en el material precompostado, muestran que para el tratamiento experimental el tiempo de descomponer la materia orgánica fue de

150 días; para el tratamiento control el tiempo de descomponer la materia orgánica fue de 180 días

De los resultados entre ambos tratamientos ha sido notorio el efecto positivo de la impermeabilización con plástico doble ,reduciendo el tiempo de humificación y mineralización de la materia orgánica a compost debido a la temperatura y otros factores que trae consigo este tratamiento experimental y citando a Hondakinen (2021) ,los microorganismos implicados en el compostaje domestico la degradación de la materia orgánica se produce a temperaturas , lo cual se logra con mayor énfasis en el tratamiento experimental con rango de 11,9 ° a 68.7 ° C respectivamente ,a diferencia del tratamiento control, con rango de 11.2 ° a 57.64 ° C respectivamente.

4.3. Prueba de hipótesis

Para todas y cada una de las evaluaciones efectuadas durante el desarrollo de la investigación, se plantearon una hipótesis nula y una hipótesis alterna; donde la hipótesis nula consistía en que todos los promedios de los tratamientos no presentan diferencias estadísticas significativas entre sí; mientras que la hipótesis alterna, menciona que al menos uno de los promedios de los tratamientos en estudio es significativo

En la presente investigación se acepta la hipótesis nula para para casi todas las evaluaciones realizadas, en el material precompostado, y en las pH y temperatura, y en las variables calidad del compost cosechado como: pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, nitrógeno, fosforo, y potasio, ya que se encontraron diferencias estadísticas entre los promedios de los tratamientos en estudio

4.4. Discusión de resultados

A 1.- Análisis de la evolución del pH. - en el análisis estadístico T calculado es 1.65, y es menor que el T tabular 2.10, con lo cual se demuestra que no hay diferencia estadística entre el tratamiento experimental y el tratamiento control al 0.05 %, al respecto en el tratamiento experimental el promedio del pH es 7.80 que, en opinión del investigador Bueno, 2008, p. 6, manifiesta un valor de encima 7,5 es síntoma de una buena descomposición.

A .22.- Análisis de la evolución de la temperatura, en el análisis estadístico T calculado es 1,60 que es menor que el T tabular 2,10, con lo cual se demuestra que no hay significancia estadística, pero en el tratamiento experimental es 41,43 que, en opinión del investigador Bueno,2008, p.3, manifiesta que el síntoma más claro de la actividad microbiana es el incremento de la temperatura

B.- Análisis de la Calidad del compost cosechado

1.- En el análisis de la calidad del compost se ha evaluado el pH, determinándose que no hay diferencia estadística significativa a favor del tratamiento experimental. Según Bueno (2008) p 3 “concluyendo que un compostaje con la aireación adecuada conduce a productos finales con pH entre 7 y 8; valores más bajos del pH son indicativos de fenómenos anaeróbicos y de que el material aún no está maduro”. P 7.

2.- En el análisis de laboratorio en la variable materia orgánica la muestra del tratamiento control, tabla 16, tiene de materia orgánica 50.35 % y la muestra del tratamiento experimental tiene de materia orgánica 31.20 % ,ambas muestras en el análisis de calidad en la norma FAO que pide para ser de calidad debe tener un valor mayor a 20%, la cual cumple ambos tratamientos, y en la norma mexicana NMA –AA-180 SCF1-2018, estaría calidad calificado como calidad II, ya que se

encuentran en ese parámetro , y según Bueno (2008) que cita a Zucconi y col (1987), explica que “durante el compostaje la materia orgánica tiende a descender debido a su mineralización y a la pérdida de anhídrido carbono en forma de ácido carbónico, estas pérdidas pueden llegar a representar el 20 % en peso de la masa compostada”.
p 7

3.- Asimismo, se ha evaluado la conductividad eléctrica, donde también el tratamiento experimental con plástico doble negro muestra características superiores respecto al tratamiento control sin plástico, T Calculado 454.34 y T tabular un valor de 2.77, como se puede observar en la tabla N° 15.

4.-Para el caso de materia orgánica, en t calculado 796.82 y T tabular 2.77, también encontramos diferencias significativas entre el tratamiento experimental y el tratamiento control

5.-Respecto a la producción de calidad de compost con el tratamiento experimental con plástico doble negro, se encontró que se produjo compost de mejor calidad; con Nitrógeno 1.37%, fósforo 0.86%, Potasio 2.07%, mientras que el tratamiento control sin plástico produjo Nitrógeno 0.74%, Fósforo 0.49% y potasio 0.66%, como puede apreciarse en las tablas 17, 18 y 19.

Por tanto, podemos concluir que queda demostrada la hipótesis específica de que la impermeabilización con plástico doble negro influye significativamente en la calidad del compost producido bajo condiciones del distrito de Paucartambo – Pasco.

6.- Respecto al tiempo de procesamiento del material precompost, en el tratamiento experimental se obtuvo en el menor tiempo 150 días en comparación con el tratamiento control que se obtuvo a los 180 días, para lo cual se aceptó las menciones de Bueno (2008), que cita a Edgard (1996), De Bertoldi (1985):

Algunos compuestos procedentes de la materia orgánica son utilizados por los microorganismos para formar sus tejidos y otros son transformados en anhídrido carbónico y agua. Los nuevos materiales formados poseen unas propiedades distintas a las de los materiales originales, confiriéndole a la masa unas características físicas y químicas distintas, según Michel (2000) la velocidad de transformación de materia orgánica depende de su naturaleza física y química, de los microorganismos que intervienen y de las condiciones físico-químicas del proceso (humedad, aireación, temperatura y pH) , tanto las pérdidas de peso por mineralización de la materia orgánica, como las de otros nutrientes durante el compostaje”(p.7).

Tabla 32

Calidad del Compost, Según Normas Técnicas: FAO y Mexicana.

Parámetro	Tratamiento experimental			Tratamiento control		
	Tratamiento experimental	Norma Técnica FAO	Norma Mexicana	Tratamiento control	Norma Técnica FAO	Norma Mexicana
pH	7.2	CALIDAD	CALIDAD	6.82	CALIDAD	CALIDAD
CE	13.3	NO CALIF	NO CALIF.	4.60	NO CALIF.	CALIDAD II
MO	31.2	CALIDAD	CALIDAD II	50.36	CALIDAD	CALIDAD II
N	1.37	CALIDAD	CALIDAD II	0.74	CALIDAD	NO CALIF.
P ₂ O ₅	0.85	CALIDAD	NO CALIF.	0.493	CALIDAD	CALIDAD
K ₂ O	2.08	CALIDAD	CALIDAD	0.67	CALIDAD	NO CALIF.
C / N	13.2	CALIDAD	NO CALIF.	39.36	NO CALIF.	NO CALIF.

Nota: En la presente tabla, se presenta la calidad del compost cosechado, según las Norma Técnica Mexicana y la Norma Técnica FAO. Fuente: Elaboración propia del investigador

D. Análisis económico. Con la evaluación económica de los tratamientos en estudio se determinó que el tratamiento experimental, con cubierta plástica doble obtiene una relación Beneficio costo de 1.55, respecto al tratamiento control. Sin plástico se tiene una relación Beneficio costo de 1.42, esta diferencia se obtiene asumiendo el costo del plástico doble negro y los jornales por la obtención del compost en menor tiempo.

Es importante recordar que en el tratamiento experimental con cubierta plástica doble se obtiene compost procesado a los 5 meses, mientras que en el tratamiento control sin plástico, se obtiene compost procesado a los 6 meses.

Por tanto, podemos concluir que queda demostrada la hipótesis específica de que la impermeabilización con plástico doble negro influye significativamente en el costo de producción de compost bajo condiciones del distrito de Paucartambo – Pasco.

En los resultados del análisis la evolución, del pH, tabla 12.- la evolución de la temperatura, tabla 12; se determinó mediante la prueba estadística T Student que no existe diferencias significativas favorables al tratamiento experimental con cubierta plástica, pero que en el tratamiento experimental se logró un pH de 7,80 que en opinión del investigador Bueno 2008,p.6manifiesta que un compostaje que se mantiene por encima de 7.5 es síntoma de una buena descomposición que la impermeabilización con plástico doble negro influye en el valor del pH del material precompost en evolución bajo condiciones del distrito de Paucartambo – Pasco

En el análisis de la evolución de la temperatura, tabla 13 en el proceso productivo del compost, se determinó mediante la prueba de t de Student que no existen diferencias significativa C entre los tratamientos en evaluación, pero en el tratamiento experimental se logró una temperatura promedio de rango 11,9 a 68,7 ° C que en opinión del investigador Bueno ,2008, p.3 manifiesta que el síntoma más claro de la actividad microbiana es el incremento de la temperatura.

En el análisis de la calidad del compost producido (pH ,tabla 14, conductividad eléctrica tabla 15, Materia orgánica tabla 16, Nitrógeno tabla 17, fosforo tabla 18 y potasio tabla 19), se determinó mediante la prueba de T de Student que existen diferencias significativas entre los tratamientos en evaluación y el

tratamiento control, y queda demostrada la hipótesis específica de que la impermeabilización con plástico doble negro, influye significativamente en la calidad del compost producido bajo condiciones del distrito de Paucartambo – Pasco. Nota en la materia orgánica se encontró diferencia significativa para el tratamiento control respecto al tratamiento experimental, pero es un hecho coyuntural y momentáneo, porque la transformación de compost en materia orgánica no es estable, pues en otro momento sucederla al revés.

En el análisis de la comparación de los tiempos requeridos para la producción de compost, muestra una diferencia entre al tratamiento experimental con plástico doble negro de 150 días de duración; respecto al tratamiento control sin plástico que necesitó 180 días de duración, y en base al tiempo requerido por ambos tratamientos podemos decir que el tratamiento experimental doble negro influye ostensiblemente en el tiempo de producción de compost bajo condiciones del distrito de Paucartambo – Pasco.

En el análisis económico costo beneficio del compost producido, se determinó que con el tratamiento experimental con cubierta plástica doble se obtiene un costo beneficio de 1.55, respecto al tratamiento control sin plástico que obtiene una relación beneficio costo de 1.42, y queda demostrada la hipótesis específica de que la impermeabilización con plástico doble negro influye significativamente en el costo de producción de compost bajo condiciones del distrito de Paucartambo – Pasco.

En comparación de resultados con otras experiencias de investigaciones similares: se tomó como variantes de comparación los macronutrientes Nitrógeno, Fosforo y Potasio

Investigación Rojas, P, F. Zeledón, V, E (2007) “Efectos de diferentes residuos de origen vegetal y animal en algunas características físicas, químicas y biológicas del compost (Tesis de Magister). Universidad Nacional Agraria. Managua, Los objetivos fueron contribuir a la búsqueda de alternativas de reciclaje de materiales de origen vegetal y animal, y que contengan buenas características en la Localidad De la Mercedes, Managua. Dentro de los 5 tratamientos el que destacó fue el tratamiento pulpa de café, evaluándose entre los macronutrientes que alcanzaron valores: N (0.26 %), P₂O₅ (0.42%) y K₂O (1.83%)

Gallardo, K. P (2013) “Obtención de compost a partir de residuos orgánicos impermeabilizados con Geomembrana (Tesis de Magister). Universidad Nacional de Ingeniería Lima. Los Objetivos es obtención de Compost de residuos orgánicos en menos de 90 días a una altura de 4000 msnm, con la utilización de la geomembrana y su influencia en la calidad ,la investigación se realizó en tres comunidades del Departamento De Moquegua , Se usó 80% de residuos orgánicos ,5 % de agua ,uso de módulo de 2x2x1.5 m, y en esta se usó geomembrana para evitar la infiltración de residuos líquidos y mantener la temperatura ,Uno de los tratamientos que destacó ,se realizó en la comunidad de Chupaca ,con la obtención de macronutrientes : N(1.8 %),P₅.4(%) y K(1.8)

Investigador Mercado, H, D (2018). Los objetivos determinar la influencia del plástico doble negro en la calidad del compost, destacando el tratamiento de investigación en el que se obtuvo los macronutrientes: N (1.37 %), P₂O₅ (0.85) y K₂O (2.07 %)

Interpretación.- En el macronutriente Nitrógeno, tratamiento experimental tabla 17,el haber obtenido 1.37 %, tratamiento experimental, es una cantidad buena respecto a lo obtenido por el investigador Rojas, que obtuvo N (0.26 %); en la

variable fosforo tratamiento experimental tabla 18, el haber obtenido 0.85% es una cantidad buena respecto a lo obtenido por el investigador Rojas, que obtuvo P₂O₅ (0.42 %), y en potasio del tratamiento experimental tabla 19, el haber obtenido 2.08 %, es una cantidad buena respecto al investigador Rojas K₂O (1.83 %), así como al investigador Gallardo que obtuvo en K₂O (1.40 %).

CONCLUSIONES

1. La impermeabilización con plástico doble negro mejora significativamente la producción de compost bajo condiciones del distrito de Paucartambo – Pasco – 2018.
2. La impermeabilización con plástico doble negro influye, en la evolución del pH en la producción de compost bajo condiciones del distrito de Paucartambo – Pasco.
3. La impermeabilización con plástico doble negro influye significativamente en la evolución de la temperatura en la producción de compost bajo condiciones del distrito de Paucartambo – Pasco.
4. La impermeabilización con plástico doble negro influye significativamente en la calidad del compost producido bajo condiciones del distrito de Paucartambo – Pasco.
5. La impermeabilización con plástico doble negro influye significativamente en el tiempo de producción de compost bajo condiciones del distrito de Paucartambo – Pasco.
6. La impermeabilización con plástico doble negro influye significativamente en el costo de producción de compost bajo condiciones del distrito de Paucartambo – Pasco.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar investigación, de elaboración de compost con Microorganismos eficaces, bajo condiciones de Paucartambo
2. Se recomienda diseñar un sistema de gestión integral de residuos sólidos vegetales que incluya la elaboración de compost considerando la información obtenida de la propuesta.
3. Se recomienda realizar un picado más fino de los restos vegetales para obtener un menor diámetro de partícula a fin de facilitar el proceso de descomposición en el compostaje

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, R. (2016). *Diseño de una máquina doméstica automática para generar compost a partir de residuos orgánicos* [Tesis Profesional, Pontificia Universidad Católica del Perú].
- AMHPAC (2014). Boletín Informativo, Vol. 5, Asociación Mexicana de Horticultura Protegida (AMHPAC). Sinaloa, México, pp. 2.
- Ansorena, M. J. (1994). *Sustratos. Propiedades y caracterización*. Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Arellano, S. J. (1993). Efecto del acolchado en el desarrollo y producción de melón (*Cucumis melo L.*) bajo condiciones de riego por goteo y gravedad. (Tesis de Maestría). UAAAN, Saltillo, Coahuila. México.
- Arrigoni, J. P. (2016). Optimización del proceso de compostaje de pequeña escala. (Tesis Doctoral). Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, Argentina.
- Behrman, D. (1974). *En asociación con la naturaleza*. UNESCO. París.
- Brinton, W. F., Evans, E., Droffner, M. L. y Brinton, R. B. (1995). A standardized Dewar test for evaluation of compost self-heating. *Biocycle* 36, 1-16.
- Buhmann, S. O. (2010). Producción de abono orgánico a partir del material biodegradable presente en los residuos sólidos domésticos de la OCV José Félix Ribas. (Tesis Profesional). Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
- Burgueño H. (1994). Bursag S.A de CV “Los análisis de savia y el manejo de fertirrigación en los cultivos hortícolas con acolchado plástico”. 2º Congreso Internacional de Nuevas Tecnologías Agrícolas. Nuevo Vallarta, Nayarit.
- Bueno, P, Díaz B y Cabrera Francisco (2008), Factores que afectan el proceso de Compostaje, Universidad de Huelva, Sevilla

- Cabrera, J. P. (2012). *Comparativo de tres biodegradantes en la elaboración de compost en Santa Ana La Convención*. (Tesis Profesional). Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
- Cabrera, V. C. & Rossi, M. G. (2016). Propuesta para la elaboración de compost a partir de los residuos vegetales provenientes del mantenimiento de las áreas verdes públicas del distrito de Miraflores. (Tesis Profesional). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.
- Calzada, J. (1970). *Métodos Estadísticos para la Investigación*. Editorial Jurídica S.A. Lima.
- Carnes, R. & Lossin, R. (1970). An investigation of the pH characteristics of compost. *Compost Science*. Vol. 11, N° 5: 18-21.
- CENAMAR. (1985). Memorias. El uso de plásticos en agricultura. Durango: Gómez Palacio.
- Changa, C. M., Wang, P., Watson, M. E., Hointink, H. A. y Michel, F. C. (2003). Assessment of the Reliability of a Commercial Maturity Test Kit for Composted Manures. *Compost Science Útil*. 11(2):125-143.
- Clavijo, I. (2014). Estudio Comparativo para la Elaboración de Compost por Técnica Manual en el Bioparque Amaru Cuenca. (Tesis de Magister). Universidad de Cuenca. Cuenca – Ecuador.
- Comité técnico de Normalización Nacional del medio ambiente y Recursos naturales COTEMARNAT-México, (20189).Elaboracion de norma de norma de calidad del compost, México
- CONAM. (2005). *Diagnóstico Ambiental Participativo*. Comisión Nacional del Ambiente. Lima.

- Daza, H. G. (1997). Producción de melón (*Cucumis melo* L.) con acolchado y microtúneles en la Comarca Lagunera. (Tesis profesional). Bermejillo, Durango, México.Ss
- De Bertoldi, M., Sequi, P., Lemmes, B., Papi, T (1985) *The Science of composting*, vol I, pp.691-697.Blackie Academic & Professional, London
- Díaz, T., Espí, E., Fontecha, A., Jiménez, J., López, J. & Salmerón, A. (2001). Los filmes plásticos en la producción agrícola. España: Mundi-Prensa/Repsol YPF.
- FAO. Organización de la Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura ,2002, *El cultivo protegido en clima mediterráneo*. Roma: Grupo de Cultivos Hortícolas Dirección de Producción y Protección Vegetal. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura, 2013, *Manual de compostaje*, Santiago de Chile.
- Gallardo, K. P. (2013). *Obtención de compost a partir de residuos orgánicos impermeabilizados con geomembrana*, (Tesis de Magíster). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
- García, A. V. M. (1979). Men and Events. México. *Plasticulture* (París, Francia). No. 41, marzo, pp. 62 -67.
- Gutierrez-Lopez, M., Villa, F., Cotrina, F., Albalat, A., Macua, J., Romero, J., Sanz De Galdeano, J., Uribarri, A., Sadaba, S. & Aguado, G. (2003). Utilización de los plásticos en la horticultura del valle medio del Ebro. *Informaciones Técnicas-Gobierno de Aragon*.
- Haug, R.T. 1993. *The Practical Handbook of Compost Engineering*. Lewis Publishers. Boca Raton. Florida.

- Hedegaard, M, Kruger, I.1996.Composting of agricultural wastes in Denmark in respect of potential, industrial process technology and environmental considerations. En: De Bertoldi, M; Sequi, P.; P; Lemmes, B; Papi, T. (Eds.). The Science of Composting, vol I, pp.691-697.Blackie Academic & Professional, London
- Hernández, A. (2000). Métodos para mejorar la calidad del compost de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos. (Tesis Doctoral). Universidad Politécnica de Madrid. España.
- Ibarra J. L. & Rodríguez, A. 1991. Acolchado de suelos con películas plásticas. México: Ed. LIMUSA.
- Iliquín, R. E. (2014). Producción de compost utilizando residuos orgánicos producidos en el camal municipal y viviendas urbanas aplicando los métodos takakura y em-compost en el distrito de Chachapoyas, región Amazonas. (Tesis Profesional). Universidad Nacional "Toribio Rodríguez De Mendoza" d" Amazonas. Chachapoyas-Perú.
- Kielh, F.1985.Fertilizantes orgánico. Editora Agronómica Ceres Ltda., Sao Paulo
- Kromer, K. H. 1992. Intensive growing using plastic mulches. A summary of experimental results. *Horticulture Abstracts*. 53 (1): 30. Ley N° 27314 - Ley General de Residuos Sólidos. 2000.
- Korner I; Braukmeier J; Herreenklage J, Leikam K., Ritzkowsky M Schelegelmich M., Stegman R.2003.Investigation and optimization of composting bioprocesses – test systems and practical examples. *Wastes Manag.*,2349-57.
- Leiva, T. Tapia (2018). Características Físicoquímicas del compost de calidad Agrícola, producido a partir Residuos orgánicos domiciliarios, estiércol de vacuno y/o cuy

(Tesis profesional). Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza, Amazonas Perú.p.31

- Liang C., Das K.C., McClendon R.W. 2003. The influence of temperature and moisture contents regimes on the aerobic microbial activity of a biosolids composting blend. *Biores. Technol.*, 86 131–137.
- López, W. (2010). Estudio del uso de residuos industriales no peligrosos a través del proceso de compostaje y su aplicación para el cultivo de maíz y frijol. (Tesis de Maestría). Instituto Politécnico Nacional. Tlaxcala, México.
- López, M., Soliva, M., Huerta, O. y López, M. (2010). *Proceso de compostaje - extracción de muestras*. Barcelona: Escolar Superior agricultura de Barcelona.
- Macías–Duarte, R., Grijalva–Contreras, R. L. & Robles–Contreras, F. (2010). Efecto de tres volúmenes de agua en la productividad y calidad de tomate bola (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo condiciones de invernadero. *Biotecnia*, 12(2), 11-19.
- Maldonado, S. J. A. (1991). Efecto de las cubiertas flotantes y el acolchado plástico en el rendimiento, calidad y control de virosis en la calabacita (Cucúrbita pepo). (Tesis profesional). UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.
- Martínez, S.J. & Villa, C. M. M. (1982). Plásticos en la agricultura acolchados y túneles. SARH. Coahuila y Durango. CENAMAR, Durango. México.
- Mendoza, M. (2012). *Propuesta de compostaje de los residuos vegetales generados en la Universidad de Piura*. (Tesis Profesional). Universidad de Piura. Piura, Perú.
- Michel, F.C., Pecchia, J.A., Rigot, J. 2004. Mass and nutrient losses during the composting of dairy manure amended with sawdust or straw. *Compost Sci. Util.*, 12 (4): 323-334.

- Mollinedo, Z. (2009). Determinación de la calidad de compost, elaborado a partir de residuos sólidos orgánicos en el municipio de puerto mayor Carabuco, provincia Camacho. (Tesis Profesional). Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.
- Nogales, R.; Gallardo-Lara, F. & Delgado, M. (1982). Aspectos físico-químicos y microbiológicos del compostaje de basuras urbanas. *Anal. Edafl. Agrobiol.* 41, 1160-1175.
- Quevedo, M. A. (2017). *Uso de materiales de soporte en la eficiencia del proceso de compostaje de residuos vegetales de mercado.* (Tesis de Magister). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima.
- Quezada, M. R. (1996). Evaluación de Películas Foto y Foto biodegradables para acolchado de suelo en el cultivo de melón (*Cucumis melo L.*). (Tesis de Maestría). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila. México.
- Quintero, M. M. (2015). Efecto del acolchado plástico y orgánico sobre la temperatura del suelo y el rendimiento de tomate en invernadero. (Tesis Maestro). Universidad Autónoma de Nuevo León. Escobedo, México.
- Rivera, W. D. (2016). Humus de lombriz en el rendimiento de brócoli (*Brassica oleracea L.*) cv. 'Legacy' bajo cobertura de plástico y mulch orgánico en sistema de riego por goteo en Cayma - Arequipa. (Tesis Profesional). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Arequipa.
- Robledo, F. & Martín, L. (1988). Aplicación de los plásticos en la agricultura. (2ª. Edición). España: Ediciones Mundi - prensa.
- Rojas, P, F. Zeledón, V, F (2007). Efectos de diferentes residuos de origen vegetal y animal en algunas características físicas, químicas y biológicas del compost. (Tesis de Magister). Universidad Nacional Agraria Managua. Managua

- Román, P. Martínez, M. Pantoja, A. (2013) Manual de compostaje del Agricultor 2013
FAO, Santiago de Chile
- SAGARPA. (2012). Agricultura Protegida 2012, Vol. 2012. Secretaría de Agricultura,
Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). México.
- Sadzawka, Angélica, 2005, método de análisis de compost, Santiago de Chile
- Sánchez-Monedero M. A., Roig A., Paredes C. Bernal M. P. 2001. Nitrogen
transformation during organic waste composting by the Rutgers system and its
effects on pH, EC and maturity of the composting mixtures. *Biores. Technol.*, 78
(3): 301-308. P. 3
- Sánchez, H. y Reyes, C. (2006). *Metodología y Diseños en la Investigación Científica*.
Lima: Visión Universitaria.
- SIAP. 2014. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera, Vol. 2015. México.
- Soriano, J. A. (2016). *Tiempo y calidad del compost con aplicación de tres dosis de
“microorganismos eficaces”- Concepción*. (Tesis Profesional). Universidad
Nacional del Centro del Perú. Huancayo.
- Stoffella, P. J. y Kahn, B. A. (editores). (2001). Compost Utilization. In *Horticultural
Cropping Systems*. Florida: CRC Press.
- Storino, F. (2017). Compostaje descentralizado de residuos orgánicos domiciliarios a
pequeña escala: Estudio del Proceso y del Producto Obtenido. (Tesis de Doctor).
Universidad Pública de Navarra. Pamplona. España.
- Suaña, M. E. (2013). Compostaje de residuos orgánicos y de lenteja de agua (*LEMNA
sp.*) con aplicación microorganismos eficaces. (Tesis de Magíster). Universidad
Nacional del Altiplano. Puno.

- Suler, D.J., Feinstein, S. 1977. Effect of Temperature, Aeration, and Moisture on CO₂ Formation in Bench-Scale, continuously Thermophilic Composting of Solid Waste. *Appl. Environ. Microbiol.*, 33 (2): 345-350.
- Tello, L. D. y Vega, R. A. (2015). Metodologías para determinar la retención de humedad y la densidad en el compost. *Anales Científicos*, 76 (1): 186-192.
- Terzaghi, K., R.B. Peck, & Mesri, G. (1996). *Soil Mechanics in Engineering Practice*, (3ra. ed.), New York: John Wiley & Sons.
- TMECC. (2002). *Test Methods for the Examination of Composting and Compost*. Bethesda, MD: U. S. Composting Council. Recuperado de: <https://compostingcouncil.org/wp-content/plugins/wp-pdfupload/pdf/34/TMECC%20Purpose,%20Composting%20Process.pdf>
- Tortosa, G. (2011). *Elaboración a escala pre-industrial de enmiendas y abonos orgánicos sólidos y líquidos mediante co-compostaje de orujo de oliva de dos fases o “alperujo”*. (Tesis Doctoral). Universidad de Murcia. España.
- UNE-EN 168087-2. (2012). *Mejoradores de suelo y sustratos de cultivo. Determinación de la actividad biológica aerobia. Parte 2: Ensayo de autocalentamiento para compost*, 2012.
- Vargas, J. A. (2000). *Producción de melón (Cucumis melo L.) mediante acolchado plástico y riego por cintilla*. (Tesis pro12extraction12Bermejillo, Durango. México.
- Warncke, D. D. (1986). Analyzing greenhouse growth media by the saturation ext12xtractionthod. *HortScience*. 21: 223-225.
- Zermeño, H. (2003). *Uso de plásticos en la agricultura*. En: Salazar, Fortis, Vázquez y Vázquez (2003: 146-165).

Zucconi, F., De Bertoldi, M, 1987. Specifications for solid waste compost. *Biocycle* 28
(5/6): 56-61.

PAGINAS INTERNET

Universidad Agraria la Molina (2018). Investigación.

www.feriasaraucaania.cl/nuestraempresa.aspx

Facultad de Ciencias Agrarias (2016). Calidad de compost. Agromensajes. Servicios de

Laboratorio. Universidad Nacional de Rosario. Recuperado de:

<http://www.fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/16/7AM16.htm>

www.abonosudecinos.blogspot.com

<https://tspace.library.utoronto.ca/bitstream/1807/6412/1/ja05003.pdf>

<http://www.polilainer.com.mx/geomembranas.html>

<http://www.yumpu.com/es/document/view/14403727/capitulo-7-comomejorar-el-suelo-anfacal>

<http://repo.uta.edu.ec/handle/123456789/5310>

ANEXOS

Anexo 1.

Instrumentos de recolección de datos

Experiencias y exposiciones realizadas en la investigación

Proceso de elaboración de compost

- 1.-Residuos vegetales trozados
Primera semana
- 2.- 1,110 kg de residuos vegetales
370 kg de estiércol Empedrado
Armado de pila
- 3.- 4.8 litros de agua de riego semanal
volteado y riego
Trat. / Plástico, 10 veces
Trat. /sin plástico, 12 veces
- 4.- Producto final Compost maduro, 4.1.- Trat. Con plástico = 877 kg
4.2.- Trat. Sin plástico = 877 kg

Materia prima	Volumen, m ³	Densidad aparente, kg m ⁻³	Peso, kg
Material compostar a	4 m ³	370 *1	1480.00

*1 Densidad del material a compostar, pág. 32 Elaboración compost, FAO, 2013

I.- Obtención de compost, tratamiento experimental con plástico, 5 meses

1. ingreso/ventas

Producto	Cantidad, kg	Precios/.	Total/.
Compost	877	0.60	526.20

2. Egreso

Labor/insumos	Unidad	Costo, S/.	Total/.
Volteada, 10	½ jornal	17.50	175.00
Plástico, 8	m ²	3.00	24.00
Cal agrícola, 1	Kg	1.00	1.00
Estiércol, 3	Flete	2.00	6.00
Total			206.00

3.- Beneficio

Beneficio	Ingresos/.	Egreso, s/.
	562.20-	206.00
Beneficio neto	356.20	

4.- Relación costo beneficio:

Relación costo beneficio = 1.55, por cada sol invertido se gana S/. 1.55

Obtención de Compost, tratamiento control sin plástico, Duración 6 meses

1.- Ingresos/ventas

Producto	Unidad, kg.	Precio	Total, S/.
Compost	877	0.60	526.20

2.- Egreso

Labor /Insumo	Unidad	Costo, S/.	Total, S/.
Volteada, 12	½ jornal	17.50	210.00
Cal agrícola,1	kg	1.00	1.00
Estiércol, 3	Flete	2.00	6.00
Total			217.00

3.- Beneficio

Beneficio = Ingreso –Egreso

Beneficio = 309.20

4.- Relación Costo Beneficio:

Relación Costo Beneficio = 1.42, por cada sol invertido se gana S/. 1.42

Instrumentos aplicados a la investigación

➤ **A.- Materiales de campo**

- Libreta de campo
- Pico, Lampa, Rastrillo
- Baldes de 20 litro
- Wincha Cordel
- Yeso
- Etiquetas para la muestra de compost
- Plástico doble negro de 2 x2 m

➤ **B.-Equipos**

- pH-metro
- Termómetro de mercurio de 100° C
- Balanza
- Cámara Digital
- Tubos de plástico PVC 2 unidades de 4 pulgadas de diámetro

➤ **C.- Insumos**

- Estiércol de vacuno
- Residuos sólidos (mala hierba de campos agrícolas)

➤ **D.- programas**

- Software (Word, Excel)

Anexo B.

Instrumentos aplicados en la investigación

Instrumentos. - Los instrumentos utilizados en la presente investigación fueron:

I.- Guía de elaboración de compost. - para la elaboración compost se muestran las actividades que se realizan en anexo B

1.1.- Manual de compostaje, Editor FAO, año 2013.- Según la temperatura generada durante el proceso se reconocen cuatro etapas:

a.- Fase Mesófila. - El material de partida comienza el proceso de compostaje a temperatura ambiente y en pocos días, la temperatura aumenta hasta los 45 ° C. este aumento de la temperatura es debido a la actividad microbiana ya que los microorganismos utilizan fuentes sencillas de carbono y nitrógeno generando calor. la descomposición de compuestos como azúcares produce ácidos orgánicos y por tanto el pH puede bajar, esta fase dura entre dos y ocho días

b.- Fase termófila. - Cuando el material alcanza a los 45 ° C, los microorganismos que se desarrollan a temperaturas medias son reemplazadas por aquellos que crecen a mayor a mayor temperatura, bacterias termófilas que actúan facilitando la degradación de fuentes más complejas de carbono, como la celulosa y la lignina. Esta fase puede durar unos días hasta meses según el material de partida, las condiciones climáticas y el lugar, y otros factores

c.- Fase Mesófila II.- agotadas las fuentes de carbono y nitrógeno en el material de compostaje, la temperatura desciende (40-45 ° C), continua la degradación de polímeros como la celulosa y aparecen algunos hongos. Al

bajar a 40 ° C los organismos Mesófilos reinician su actividad y pH del medio desciende levemente. Esta fase requiere de varias semanas

d.- Fase de Maduración. - En esta fase se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados para la formación de ácidos húmicos y fúlvicos

II.- Fichas

Fichas bibliográficas. - para registrar la información del análisis de la

Bibliografía existente

Ficha de documentación

Ficha de investigación

Fichas textuales o de transcripción

Fichas de resumen

Fichas de comentario

Libreta de campo.

Anexo. - Procedimiento de validez y confiabilidad.

Se ha usado el diseño completamente aleatorizado, luego para la confiabilidad del experimento se ha considerado la prueba estadística de t Student con homogenización de varianza a un nivel de 0.05 %

Tabla 33

Temperatura Promedio Mensual Años 2018 – 2019, Paucartambo, en °C.

Agosto	septiembre	Octubre	noviembre	diciembre	enero
12.2	13	13.7	14	13.6	13

Nota: Esta tabla muestra a la variable temperatura atmosférica en el proceso del compostaje. Fuente: Institución: Estación Meteorológica del Ministerio de Agricultura - agencia Paucartambo

Resultado de análisis de Laboratorio,

Muestra Resultado de Análisis Químico de Compost



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE: DANTE MERCADO HUANUCO
 PROCEDENCIA: PASCO/ PASCO/ PAUCARTAMBO
 MUESTRA DE: COMPOST
 REFERENCIA: H.R. 68483
 BOLETA: 3024
 FECHA: 05/06/19

N° LAB	CLAVES	PH	C.E. d/5m	M.O. %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %
480	Cubierto plástico	6.97	13.32	31.20	1.38	0.88	2.09
481	Cubierto plástico	7.05	13.28	31.16	1.36	0.82	2.06
482	Cubierto plástico	7.04	13.30	31.24	1.37	0.85	2.07

N° LAB	CLAVES	PH	C.E. d/5m	M.O. %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %
483	Sin plástico	6.81	4.61	50.36	0.72	0.52	0.67
484	Sin plástico	6.84	4.57	50.34	0.76	0.46	0.66
485	Sin plástico	6.83	4.62	50.36	0.74	0.50	0.67

N° LAB	CLAVES	CaO %	MgO %	Hd %	Na %
480	Cubierto plástico	2.64	1.41	50.38	0.20
481	Cubierto plástico	2.62	1.45	50.34	0.16
482	Cubierto plástico	2.60	1.43	50.36	0.18

N° LAB	CLAVES	CaO %	MgO %	Hd %	Na %
483	Sin plástico	1.47	0.90	37.94	0.16
484	Sin plástico	1.43	0.88	37.92	0.14
485	Sin plástico	1.45	0.92	37.96	0.18



Sady García-Bendezú
Dr. Sady García-Bendezú
Jefe de Laboratorio

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

Nota: Esta figura muestra a las variables de calidad, del compost Cosechado
 Elaboración: Laboratorio de análisis de suelos, plantas, aguas y Fertilizantes (2019),
 Universidad Nacional Agraria La Molina

Anexo A. MATRIZ DE CONSISTENCIA

EFECTO DEL PLASTICO DOBLE NEGRO EN LA PRODUCCION DE COMPOST BAJO CONDICIONES DEL DISTRITO DE PAUCARTAMBO-PASCO-2018

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Metodología	Instrumentos
<p>Problema General ¿Cómo influye la impermeabilización del plástico doble negro en la producción de compost bajo condiciones del distrito de Paucartambo-Pasco 2018?</p> <p>Problemas Específicos 1. ¿Cómo influye la impermeabilización del plástico doble negro en la evolución del pH en la producción de compost, bajo condiciones del Distrito de Paucartambo-Pasco-2018? 2. ¿Cómo influye la impermeabilización del plástico doble negro en la evolución de la temperatura, en la producción de compost bajo condiciones de Distrito de Paucartambo-Pasco 2018? 3. ¿Cómo influye la impermeabilización del plástico doble negro en la calidad del compost, producido bajo condiciones del Distrito de Paucartambo-Pasco 2018? 4. ¿Cómo influye la impermeabilización del plástico doble negro en el tiempo de producción del compost, producido bajo condiciones del Distrito de Paucartambo-Pasco 2018? 5. ¿Cómo influye la impermeabilización del plástico doble negro en el costo de producción del compost bajo condiciones de Distrito de Paucartambo-Pasco 2018?</p>	<p>Objetivo General Determinar la influencia de la impermeabilización del plástico doble negro en la producción de compost bajo condiciones del distrito de Paucartambo – Pasco 2018.</p> <p>Objetivos Específicos: 1.- Determinar la influencia de la impermeabilización del plástico doble negro en la evolución del pH, en la producción del compost, bajo condiciones del distrito de Paucartambo – Pasco 2018. 2.-Determinar la influencia de la impermeabilización del plástico doble negro en la evolución de la temperatura, en la producción de compost bajo condiciones de distrito de Paucartambo-Pasco 2018. 3. Determinar la influencia de la impermeabilización del plástico doble negro en la calidad del compost producido bajo condiciones del distrito de Paucartambo-Pasco 2018. 4. Determinar la influencia de la impermeabilización del plástico doble negro en el tiempo de producción del compost, producido bajo condiciones del distrito de Paucartambo-Pasco 2018. 5. Determinar la influencia de la impermeabilización del plástico doble negro en el costo de producción del compost producido bajo condiciones del distrito de Paucartambo-Pasco 2018.</p>	<p>Hipótesis General La impermeabilización con plástico doble negro influye significativamente en la producción de compost bajo condiciones del distrito de Paucartambo – Pasco 2018.</p> <p>Hipótesis Específicas 1.-La impermeabilización del plástico doble negro influye significativamente en el pH del compost producido bajo condiciones del distrito de Paucartambo – Pasco 2018. 2.- La impermeabilización del plástico doble negro influye significativamente en la evolución de la temperatura, en la producción de compost bajo condiciones del distrito de Paucartambo – Pasco 2018. 3.-La impermeabilización del plástico doble negro influye significativamente en la calidad del compost, producido bajo condiciones del distrito de Paucartambo – Pasco 2018. 4.- La impermeabilización del plástico doble negro influye significativamente en el tiempo de producción de compost, producido bajo condiciones del distrito de Paucartambo – Pasco 2018. 5.-La impermeabilización del plástico doble negro influye significativamente en el costo de producción del compost, producido bajo condiciones del distrito de Paucartambo – Pasco 2018.</p>	<p>Variable dependiente El compost es el factor observado y producto de los cambios de la variable plástico doble negro.</p> <p>Variable independiente : El plástico doble negro es el factor que ha condicionado en forma determinante en la variable del compost.</p>	<p>Enfoque cuantitativo Tipo de aplicado Método Experimental Diseño experimental Prueba de Student Esquema G.E: O1X2 GO: O2-04 Donde G.E Grupo experimental G.E Grupo de control</p> <p>01,02: Pre test 02 02: Pre test Indicadores: Evaluación de resistencia del plástico. Variable interviniente El PH del compost. La conductividad eléctrica del compost. Contenido de materia orgánica total del compost. Contenido de Nitrógeno del compost. Contenido de Fosforo del compost. Contenido de Potasio,</p>	<p>Variable dependiente</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Registros. ▪ Balanza. ▪ Reporte de análisis químico. ▪ Guía de observación. ▪ Hojas de calculo <p>Variable independiente</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Guía de observación de datos obtenidos. ▪ Hojas de registro ▪ Espesor de la lámina. ▪ Largo ▪ Ancho ▪ densidad

Galería fotográfica

Figura 5

Pila de Compost al Inicio, Tratamiento Experimental.



Nota: La presente figura muestra la pila de compost al inicio, tratamiento experimental.
Fuente: Elaboración propia del investigador

Figura 6

Colocación de Tubos de PVC para Proveer de Aireación a la Pila..



Nota: La presente figura muestra labor de colocación de tubos de PVC, para proveer de aireación al compost. Fuente: Elaboración propia del investigador

Figura 7

Delimitación de Pilas de Compost, Tratamiento Experimental



Nota: La presente figura muestra: Delimitación de pila de compost, tratamiento experimental. Fuente: Elaboración propia del investigador

Figura 8

Inicio con Material Precompostado, Tratamiento Control.



Nota: La presente figura muestra labores iniciales con material precompost, tratamiento control. Fuente: Elaboración propia del investigador

Figura 9

Herramienta para Realizar la Labor de Desmenuzado de Material



Nota: La presente figura muestra herramienta para realizar la labor de desmenuzado de material grueso, con machete. Fuente: Elaboración propia del investigador

Figura 10

Labor Volteada de Materiales de Precompost, Tratamiento Control.



Nota: La presente figura muestra la labor de volteado de material precompost, tratamiento control. Fuente: Elaboración propia del investigador.

Figura 11

Labor Volteada del Precompost, Tratamiento Experimental.



Nota: La figura muestra, la labor de volteado del material precompost, tratamiento experimental. Fuente: Elaboración propia del investigador.