



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

DIRECCIÓN DE CARRERA: MEDIO AMBIENTE

**INFORME DE TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIA LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA EN MEDIO
AMBIENTE**

MODALIDAD: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**TEMA:
CONTENIDO NUTRICIONAL DEL COMPOST ELABORADO A
PARTIR DE RESIDUOS DE SOCA DE MAÍZ (*Zea mays L.*)**

**AUTORA:
KAYNA MARILYN HIDALGO ZAMBRANO**

**TUTORA:
Ing. LAURA MENDOZA CEDEÑO, Mg. C.A.**

CALCETA, DICIEMBRE 2019

DERECHOS DE AUTORÍA

Kayna Marilyn Hidalgo Zambrano, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

.....
Kayna M. Hidalgo Zambrano

CERTIFICACIÓN DE TUTORA

Ing. LAURA MENDOZA CEDEÑO, Mg. C.A., certifica haber tutelado el proyecto **CONTENIDO NUTRICIONAL DEL COMPOST ELABORADO A PARTIR DE RESIDUOS DE SOCA DE MAÍZ (*Zea mays* L.)**, previa la obtención del título de Ingeniera en Medio Ambiente, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

.....
Ing. LAURA MENDOZA CEDEÑO, Mg. C.A.

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el trabajo de titulación **CONTENIDO NUTRICIONAL DEL COMPOST ELABORADO A PARTIR DE RESIDUOS DE SOCA DE MAÍZ (*Zea mays* L.)**, que ha sido propuesto, desarrollado por **KAYNA MARILYN HIDALGO ZAMBRANO**, previa la obtención del título de Ingeniera en Medio Ambiente, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

.....
Ing. Carlos A. Villafuerte Vélez, Mg. C.A
Miembro del Tribunal

.....
Ing. José M. Giler Molina, MS.C.
Miembro del Tribunal

.....
Ing. Carlos R. Delgado Villafuerte, Mg. C.A.
Presidente del tribunal

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, que me dio la oportunidad de formar mi aprendizaje académico, de práctica y capacitación, con el objeto de ampliar, profundizar y consolidar la formación académica en el campo profesional.

A ti Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado.

A mis padres, Luis Hidalgo y Aura Zambrano por su apoyo incondicional por que este triunfo no es solo mío sino de ellos también. A mi ángel Lolita que siempre me acompaña en cada uno de mis logros, sé que siempre estarás orgullosa se mí.

Agradezco la dirección y acompañamiento de mi tutora Ing. Laura Mendoza Cedeño y al miembro del tribunal el Ing. Carlos Delgado Villafuerte, por haberme brindado el apoyo necesario en el proceso, por su rectitud en su profesión como docentes y por sus consejos que me ayudan a fórmame como persona e investigadora.

A todos y a cada uno quienes conforman el equipo de trabajadores del área de CIIDEA, en especial al Tnlgo. Alfredo Pinargote, por su dedicación y brindarme la oportunidad de aportar mis conocimientos para lograr mis objetivos.

Al Ing. Fabián Peñarrieta, por brindarme sus conocimientos y apoyo en los análisis del compost, en el laboratorio de suelo de la ESPAM MFL.

Son muchas las personas que han formado parte de este proceso de mi vida, a las que me encantaría agradecerles su amistad, apoyo, consejos y compañía en los momentos más difíciles. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y corazón, son importar donde estén quiero agradecerles por formar parte de mí, por toda la ayuda que me han brindado y sus bendiciones.

Kayna M. Hidalgo Zambrano

DEDICATORIA

Le dedico este trabajo a Dios, por brindarme fuerza y fé para culminar esta etapa de mi vida.

A mi familia, mi motor fundamental para seguir adelante en este sueño alcanzable, por darme valor y creer en mí siempre; que este trabajo y esfuerzo sirva como ejemplo para mis hermanas.

A mi ángel Lolita, que confió en mí en todo momento y desde el cielo me guió para terminar con éxito mi tesis.

Kayna M. Hidalgo Zambrano

CONTENIDO GENERAL

DERECHOS DE AUTORÍA	ii
CERTIFICACIÓN DE TUTORA.....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
CONTENIDO GENERAL.....	vii
CONTENIDO DE TABLAS, FIGURAS Y GRÁFICOS	x
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema	1
1.2. Justificación.....	3
1.3. Objetivos	4
1.3.1. General.....	4
1.3.2. Específicos	4
1.4. Hipótesis	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Residuos orgánicos.....	5
2.2. Preservación del recurso suelo.....	5
2.3. Importancia de la materia orgánica en el suelo.....	6
2.4. Abonos orgánicos	7
2.5. Aspectos fundamentales en la elaboración de abonos orgánicos	7
2.5.1. Microorganismos.....	8
2.6. Compost.....	9

2.7. Fase de elaboración de compost	9
2.8. Sistema de compostaje	11
2.8.1. En pilas o montes dinámicos (windrow)	11
2.8.2. En pilas estáticas aireadas por insuflación (static pile system)	12
2.8.3. En reactores o contenedores (in vessel system)	12
2.9. Parámetros esenciales para un óptimo proceso de compostaje	12
2.9.1. Rección de ph	12
2.9.2. Temperatura	13
2.9.3. Relación carbono/nitrogeno	14
2.10. Parámetros para medir la calidad del compost	16
2.11. Norma para determinación de la calidad del compost	16
2.11.1. Clasificación del compost	17
2.11.2. Requisitos del producto compostado	17
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO	19
3.1. Ubicación	19
3.2. Duración del trabajo	19
3.3. Métodos y técnicas	20
3.3.1. Método	20
3.3.2. Técnicas	20
3.4. Variables	20
3.4.1. Variable independiente	20
3.4.2. Variable dependiente	20
3.5. Diseño experimental	21
3.5.1. Factores en estudio	21
3.6. Unidad experimental	21

3.8. Indicadores de respuesta.....	22
3.9. Análisis estadístico.....	22
3.10. Manejo del experimento.....	22
3.10.1. Fase i. Producción de compost con diferentes combinaciones del residuo de la soca de maíz.....	22
3.10.2. Fase ii. Análisis del contenido nutricional del compost para la determinación de su nivel de calidad.....	25
3.10.3. Fase iii. Sociabilización de los resultados a los agricultores productores de maíz.....	28
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
4.1. Fase i. Producción de compost con diferentes combinaciones del residuo de la soca de maíz.....	30
4.1.1. Control físico durante el proceso de compostaje.....	31
4.2. Fase ii. Análisis del contenido nutricional del compost para la determinación de su nivel de calidad.....	37
4.2.1. Control químico durante el proceso de compostaje.....	37
4.2.3. Medición del estado de madurez o toxicidad del compost.....	44
4.2.4. Evaluación de la calidad del compost en su estado de madurez.....	45
4.3. Fase iii. Sociabilización de los resultados a los agricultores productores de maíz.....	49
4.3.1. Socialización y aplicación de encuestas a los actores involucrados.....	49
4.3.2. Manual para la elaboración del compost a partir de residuos de la soca de maíz (<i>Zea mays L</i>).....	56
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	57
5.1. Conclusiones.....	57
5.2. Recomendaciones.....	58
BIBLIOGRAFÍA.....	59

ANEXOS	66
--------------	----

CONTENIDO DE TABLAS, FIGURAS Y GRÁFICOS

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 2.1. Parámetros de pH óptimos.....	13
Tabla 2.2. Parámetros de temperatura óptimos	14
Tabla 2.3. Parámetros de la relación Carbono/Nitrógeno	15
Tabla 2.4. Nivel de la calidad del compost	17
Tabla 2.5. Límites permisibles de calidad del compost	18
Tabla 3.1. Tratamientos para el experimento	21
Tabla 3.2. Análisis de varianza.....	21
Tabla 3.3. Indicadores de respuesta	22
Tabla 3.4. Descripción de la cantidad de sustrato.....	23
Tabla 3.5. La asociación de la escala de calificación categórica de kits de prueba de suelo comerciales a lo cuantitativo, cantidad de macronutrientes Medido por un laboratorio analítico.	27
Tabla 4.1. Análisis de varianza de la variable temperatura	32
Tabla 4.2. Prueba de Duncan ^a para la variable temperatura.....	32
Tabla 4.3. Análisis de varianza de la variable pH.....	34
Tabla 4.4. Prueba de Duncan ^a para la variable pH	34
Tabla 4.5. Análisis de varianza de la variable CE	36
Tabla 4.6. Prueba de Duncan ^a para la variable CE	36
Tabla 4.7. Análisis de varianza de la variable N-P-K en función del tiempo.....	41
Tabla 4.8. Prueba de Duncan ^a para la variable Nitrógeno en función de tratamientos	41

Tabla 4.9.Prueba de Duncan ^a para la variable Potasio en función de tratamientos	42
Tabla 4.10.Prueba de Duncan ^a para la variable Nitrógeno en función del tiempo	43
Tabla 4.11.Prueba de Duncan ^a para la variable Fósforo en función del tiempo...	43
Tabla 4.12.Prueba de Duncan ^a para la variable Potasio en función del tiempo ...	43
Tabla 4.13.Análisis comparativo de los resultados de los tratamientos bajo la norma Chilena Nch2880.....	45

CONTENIDO DE GRÁFICOS

Gráfico 3.1. Mapa de ubicación de implementación del proyecto	19
Gráfico 4.1. Medición de temperatura en el proceso de compostaje.....	31
Gráfico 4.2. Medición de pH en el proceso de compostaje	33
Gráfico 4.3. Medición de conductividad eléctrica durante el proceso de compostaje	35
Gráfico 4.4. Evaluación del contenido de nitrógeno en el tiempo.....	37
Gráfico 4.5. Evaluación del contenido de fósforo en el tiempo.....	39
Gráfico 4.6. Evaluación del contenido de potasio en el tiempo	40
Gráfico 4.7. Índice de toxicidad del compost por el método de % de Germinación	44
Gráfico 4.8. Tipo de productos utilizados para fertilizar el cultivo de maíz	50
Gráfico 4.9. Manejo en los residuos orgánicos de la cosecha del cultivo de maíz	51
Gráfico 4.10. Conocimientos básicos sobre la elaboración de productos orgánicos en la comunidad Balsa en Medio	52
Gráfico 4.12. Disponibilidad en realizar abonos orgánicos a partir de los residuos de los cultivos de maíz	54
Gráfico 4.13. Participación de proyectos en la elaboración de abonos orgánicos para ser comercializados.....	54

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 2.1. Temperatura, oxígeno y pH en el proceso de compostaje	11
Figura 4.1. Flujograma de proceso de compostaje	30

RESUMEN

Esta investigación evaluó las diferentes formulaciones de compostaje a partir de residuos de soca de maíz, utilizando un diseño completamente al azar con cinco tratamientos. Las variables de control (temperatura, pH, CE y NPK) fueron tomadas durante 12 semanas y sometidas a análisis estadísticos ANOVA y la prueba de Duncan; los resultados hallados en los diferentes tratamientos reflejaron que la temperatura al inicio del proceso osciló entre los 43,2 a 45,53°C, debido a que los microorganismos empezaron a incrementarse y al final del proceso se mantuvo entre los 26 a 28°C, esta variable ejerce efecto significativo entre los tratamientos ($P= 0,015$). Por otra parte, el pH aumentó alcanzando un valor final de 8,20 a 8,80 ($P= 0,851$); el comportamiento de la conductividad eléctrica en cada uno de los tratamientos varió entre T_1 (1,5 dSm^{-1}), T_2 (1,05 dSm^{-1}), T_3 (1,2 dSm^{-1}), T_4 (0,8 dSm^{-1}) y T_5 (1 dSm^{-1}). Los valores de NPK mostraron diferencias significativas ($p<0,05$) en los tratamientos T_2 (46,6%), T_3 (33,1%) y T_4 (29,5%). Los resultados hallados en los diferentes tratamientos y las exigencias requeridas por la normativa (Nch2880), son tipificado en clase B con un índice de germinación de $T_1= 60\%$, $T_2= 76\%$, $T_3= 88\%$ y $T_4=94\%$, sin embargo, el tratamiento T_2 cumple con todas las expectativas de los límites máximos permisibles para los macro y micronutrientes, siendo una alternativa sostenible que pueden mejorar la disposición final de los residuos de cosecha de maíz. La presente se sociabilizó en la comunidad Balsa en Medio del Cantón Bolívar generando un manual de buenas prácticas ambientales.

Palabras claves: Residuos, cultivo de maíz, compost, contenido nutricional, normativa (Nch2880).

ABSTRACT

This research evaluated the different composting formulations from corn crop residues, using a completely randomized design with five treatments. The control variables (temperature, pH, CE and NPK) were taken for twelve weeks and subjected to ANOVA statistical analysis and the Duncan test; the results found in the different treatments reflected that the temperature at the beginning of the process ranged between 43,2 to 45,53°C, because the microorganisms began to increase and at the end of the process remained between 26 and 28°C, this variable has a significant effect among treatments ($P = 0,015$). On the other hand, the pH increased reaching a final value of 8,20 to 8,80 ($P = 0,851$); the behavior of the electrical conductivity in each of the treatments varied between T_1 (1,5 dSm⁻¹), T_2 (1,05 dSm⁻¹), T_3 (1,2 dSm⁻¹), T_4 (0,8 dSm⁻¹) and T_5 (1 dSm⁻¹). NPK values showed significant differences ($p < 0,05$) in treatments T_2 (46,6%), T_3 (33,1%) and T_4 (29,5%). The results found in the different treatments and the requirements required by the regulations (Nch2880) are typified in class B with a germination rate of $T_1 = 60%$, $T_2 = 76%$, $T_3 = 88%$ and $T_4 = 94%$, without however, T_2 treatment meets all expectations of the maximum permissible limits for macro and micronutrients, being a sustainable alternative that can improve the final disposal of corn crop residues. This was socialized in the Balsa community in the Middle of Bolivar Canton, generating a manual of good environmental practices.

Keywords: Residues, corn crop, compost, nutritional content, regulations (Nch2880).

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La agricultura convencional ha logrado avances significativos en la producción de alimentos, pero es fuerte la crítica por sus impactos negativos en las comunidades rurales y en el ambiente (Escobar, Mora y Romero, 2013). La demanda de alimentos en las zonas de producción agrícola y pecuaria ha traído consigo grandes volúmenes de residuos no tratados, que en algunos casos representan importantes problemas de manejo y fuentes de contaminación ambiental para el recurso agua y suelo (Hernández, Hernández, Rivera, Arras y Ojeda, 2013).

En el Ecuador durante el año 2016 el cultivo de maíz tuvo un promedio de 5,54 tonelada por hectáreas, en donde la provincia de Manabí se destacó en el segundo lugar con la mayor superficie de siembra, obteniendo un resultado de 115 878,18 toneladas (Delgado, 2017). La producción de biomasa residual que genera este cultivo (cañas, hojas de maíz, hojas de mazorca de maíz y mazorcas) fluctúa entre las 20 y 35 toneladas por hectárea y en el maíz de choclo (cañas y hojas), varía de 16 a 25 toneladas por hectárea (Prado, Anzaldo, Becerra y Palacios, 2012).

En Manabí según la investigación realizada por Delgado, (2017), la siembra del cultivo de maíz ha traído como resultado la generación de 52 145,18 toneladas de residuos en el año 2016. De acuerdo a visitas de campo los sectores que desempeña actividades agrícolas no realizan el manejo adecuado de la disposición final de los mismos, siendo la opción más económica e inmediata la quema descontrolada del material, no obstante, esto trae como consecuencia la generación de impactos negativos a los recursos suelo y aire.

Estas actividades emiten gases a la atmósfera contribuyendo a los gases de efecto invernadero (GEI), de acuerdo a Chávez y Rodríguez (2016) estos están compuestos en su totalidad en escala mundial de un 10% de Dióxido de Carbono (CO₂), 32% de Monóxido de Carbono (CO), 20% de material particulado y 50% de

hidrocarburos policíclicos (HAP). Además, los efectos comunes en la quema es la pérdida de la calidad de las características físicas (disminución de la densidad aparente), químicas (reducción de los nutrientes esenciales y aumento de pH) y biológica (deflación de la actividad microbiana) del suelo, asimismo mueren muchos organismos que favorecen a la descomposición de la materia orgánica, debido a esto la superficie se ve condenada a ser cada vez más infértil y surge la necesidad de introducir más insumos químicos (Lindell y Astrom, 2015).

Por lo antes expuesto se plantea la siguiente interrogante: ¿Cuál es contenido nutricional del compost elaborado a partir de la soca de maíz (*Zea mays L.*)?

1.2. JUSTIFICACIÓN

El aprovechamiento de los residuos de cosecha agrícola o subproductos son estratégicos para alcanzar un desarrollo sostenible dándole un valor y utilidad a estos y además induciendo el principio de la economía circular, para que este mantenga su utilidad en todo momento (Espaliat, 2017).

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2013) establece que el reciclaje de los residuos orgánicos generados en el proceso productivo de una explotación agropecuaria, *“convierte los residuos en insumos que pueden regresar al suelo, aportándole nutrientes y microorganismos benéficos, mejorando la capacidad de retención de agua y de intercambio catiónico (CIC), ayudando así a la rentabilidad de la producción”*.

Botero (2017) expresa que el compostaje es una práctica climáticamente inteligente y aceptada en los sistemas agrícolas. Brinda un enorme potencial para todos los tamaños de fincas y producción, combina la protección del medio ambiente con una producción agrícola sostenible.

En Ecuador el Plan Nacional de Desarrollo “Toda una Vida” 2017-2021 en su objetivo 6, política 6.3: Impulsa a la producción de alimentos suficientes y saludables, así como la existencia y acceso a mercados y sistemas productivos alternativos, que permitan satisfacer la demanda nacional con respeto a las formas de producción local y con pertinencia cultural; apoya el fomento de una agricultura sustentable que integre los distintos sistemas productivos y respete las áreas bajo sistemas de protección, para garantizar la soberanía alimentaria con base en buenas prácticas y principios agroecológicos, basados en la premisa de no agotar los recursos naturales productivos como suelo y agua.

Como alternativa al manejo de los residuos producto de la actividad agrícola en las zonas de producción de maíz, se plantea la necesidad de indagar nuevas opciones

de mitigación ambiental. Existen diferentes maneras de aprovechar estos subproductos, de tal forma que sea la materia prima para ser incorporada nuevamente a la cadena productiva (Chávez y Rodríguez, 2016). Por lo mencionado en lo anterior, esta investigación tiene como finalidad dar un valor agregado a la soca de maíz en la elaboración de abonos como alternativa sostenible para la agricultura.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. GENERAL

Evaluar el contenido nutricional del compost elaborado a partir de residuos de soca de maíz (*Zea mays L.*) para la determinación de su nivel de calidad.

1.3.2. ESPECÍFICOS

- Producir compost con diferentes combinaciones del residuo de la soca de maíz.
- Analizar el contenido nutricional del compost para la determinación de su nivel de calidad.
- Sociabilizar los resultados a los agricultores productores de maíz.

1.4. HIPÓTESIS

El compost elaborado a partir de la soca de maíz cumple con lo establecido en la norma Chilena NCh2880.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. RESIDUOS ORGÁNICOS

Según su aplicación se refiere a todo aquel material que proviene de especies de flora o fauna y es susceptible a la descomposición por microorganismos, o bien en resto, sobras o productos de desechos de cualquier organismo (Comisión para la Cooperación Ambiental [CCA], 2017). Los Residuos Sólidos Orgánicos (RSO), procedentes de la industrias agrícola y forestal presentan grandes potencialidades de vida, ya que son biodegradable, lo que posibilita que exista una recuperación natural de sus propiedades nutritivas a través de la estabilización química (Chávez y Rodríguez, 2016).

De acuerdo a esto, se establecen alternativas para reciclar y reutilizar RSO, las cuales permiten tratar cerca de 86,6 millones de t/año, ya que si no le dan un tratamiento adecuado desfavorece la liberación de 168 millones de toneladas métricas de equivalente de dióxido de carbono a la atmósfera; es decir, se generan efectos similares de retirar 33 millones de automóviles de las vías durante un año. Por ello, cada país plantea opciones para el manejo de RSO, originados a partir de actividades forestales y agrícolas, con el fin de disminuir el costo de disposición final y disminución del impacto ambiental, que generan cuando no se hace un manejo adecuado (Environmental Protection Agency [EPA], 2014).

2.2. PRESERVACIÓN DEL RECURSO SUELO

Todo sistema agrícola sostenible se basa en la conservación de los suelos fértiles y saludables. Este recurso junto con el agua es la parte fundamental para hacer frente a mejorar la seguridad alimentaria a nivel global. De acuerdo a Román, Martínez y Pantoja (2013) los servicios ecosistémicos que ofrece el suelo es el *“almacenamiento de carbono, retención y abastecimiento de agua, la biodiversidad y los servicios sociales y culturales”*.

Optimizar el contenido de carbono en el suelo permite disminuir la erosión y la captura de gases la cual favorece a la mitigación del cambio climático, es por tal razón que en la actualidad se busca fomentar políticas que se base en el compromiso de mantener el contenido de materia orgánica en los suelos (CCA, 2017).

2.3. IMPORTANCIA DE LA MATERIA ORGÁNICA EN EL SUELO

La materia orgánica del suelo (MOS) está compuesta por residuos de animales, cultivos y microorganismos, en distintos estados de degradación, que se encuentra en la superficie como dentro del perfil del suelo. Una parte de ella se degrada fácilmente y sirve como fuente de energía para los microorganismos del suelo y la otra parte se descompone muy lentamente y puede mantenerse inalterada por cientos de años en el suelo. Representa aproximadamente el 50% del total de la MOS. Esta parte actúa como un búfer o amortiguador frente a cambios químicos y físicos en el suelo, y aumenta la disponibilidad de nutrientes en el largo plazo (Wolff y Ovalle, 2016).

La materia orgánica tiene efecto sobre las propiedades físicas del suelo, formando agregado y dando estabilidad estructural, favoreciendo en la penetración de agua y su retención, disminuyendo la erosión y favoreciendo el intercambio iónico. Cuando se refiere al efecto sobre las propiedades químicas del suelo, es que ayuda al aumento en la capacidad de cambio del suelo, la reserva de nutrientes para la vida vegetal y la capacidad tampón del suelo favorece la acción de los abonos minerales y facilita la absorción a través de la membrana celular de la raicilla. Y en cuanto a las propiedades biológicas favorece los procesos de mineralización, el desarrollo de la cubierta vegetal, sirve como alimento para microorganismos y estimula el crecimiento de la planta en un sistema ecológicamente equilibrado (Julca, Meneses, Blas y Bello, 2006).

2.4. ABONOS ORGÁNICOS

Vásquez (2008) establece que es todo material de origen orgánico que se pueden descomponer por la acción de microorganismos y del trabajo del ser humano, incluyendo además organismos presentes en las excretas animales y al trabajo de microorganismos específicos que ayudan a mantener la fertilidad del suelo. Las ventajas de los abonos orgánicos son:

- Permite la retención de humedad en los suelos.
- Incorporación al suelo de complejos orgánicos con los nutrientes necesarios para las plantas.
- Evita la erosión del suelo.
- Aumento de la capacidad de intercambio catiónico del suelo, protegiendo a los nutrientes de la lixiviación.
- Almacena carbono orgánico al suelo, como fuente de energía para los microorganismos que se encuentran la superficie.

2.5. ASPECTOS FUNDAMENTALES EN LA ELABORACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS

Durante la elaboración de abonos orgánicos se deben tomar en cuenta aspectos relacionados con la naturaleza y constitución de la materia prima que se van a emplear y de las variaciones física-química y biológicas que se presentan a través del tiempo, en la descomposición de la materia y maduración predominan etapas aerobias, mesofílicas y termofílicas; todo este proceso son gracias a los microorganismos, ya que la materia orgánica involucrada ayuda a suplir condiciones nutricionales y energéticas favorable para el crecimiento y desarrollo de las mismas (Ramos y Terry, 2014).

También establece que las condiciones que favorecen al crecimiento de los microorganismos aerobios es la presencia de oxígeno, temperatura, agua y la nutrición balanceada que brinda la materia prima y con la relación carbono: nitrógeno (C:N).

2.5.1. MICROORGANISMOS

De acuerdo con Baltonado (2002) los microorganismos son los responsables de la descomposición de la materia orgánica, su actividad y biodiversidad dependerán de la constitución del sustrato a descomponer, su relación C:N, de los factores como lo son la humedad, temperatura y aireación. Los principales microorganismos involucrados en el proceso son las bacterias, los actinomicetos y los hongos.

Las bacterias se encuentran en mayores cantidades, su función principal es descomponer la materia orgánica, tanto en condiciones aerobias como anaerobias, participan activamente de algunos elementos como el nitrógeno y el azufre y juegan un papel muy importante en la fase termofílica del proceso de compostaje (Baltonado, 2002).

De acuerdo a Constanza, Antolinez, Bohórquez y Corredor (2015) las bacterias fotosintéticas (*Rhodospirillum rubrum*) son las encargadas de sintetizar sustancias útiles a partir de la materia orgánica o gases nocivos, usando la luz del sol y el calor del suelo como fuente de energía, como fijar el nitrógeno y carbono atmosféricos donde trae como resultado la producción de sustrato reciclando, así estos compuestos se convierten en nutrientes.

Las bacterias acidolácticas (*Lactobacillus*) esta bacteria promueve la transformación y fermentación de la lignina y celulosa logrando así la degradación rápida de la materia orgánica, este compuesto también es un esterilizante que elimina otros microorganismos nocivos y mejora la transformación del sustrato (Yazán, 2013).

Los actinomicetos forman parte de un grupo intermedio entre las bacterias y los hongos, con características comunes de ambos, son importantes en la descomposición de sustancias altamente resistentes como hemicelulosas y quitinas, tienen un papel muy activo en la producción de humus y mantienen equilibrio entre diversas poblaciones de microorganismos por su producción de

antibióticos, además son adaptables a cambios bruscos en temperatura y humedad de los sustratos orgánicos (Baltonado, 2002).

Y por último, los hongos que se encuentran en menor número en los sustratos orgánicos, sin embargo son muy importantes porque inician la cadena de descomposición de sustratos orgánicos por su capacidad de producción de sustancias enzimáticas que producen la ruptura de compuestos altamente lignificados (Baltonado, 2002). De acuerdo a Naranjo (2013) las levaduras (*Saccharomyces*) sintetiza las sustancias útiles del azúcar y aminoácidos que segregan las bacterias fotosintéticas, estas producen enzimas y hormonas que ayudan a la división de las células. También segregan sustancias útiles para los microorganismos activos como las bacterias actinomicetos y ácidos lácticos.

2.6. COMPOST

El compost es la transformación de la estructura molecular de los compuestos orgánicos gracias a los microorganismos (Vásquez, 2008). También se puede definir como la transformación biológica a través de la fermentación aeróbica y bajo condiciones controladas como el pH, temperatura y humedad; donde se obtiene un producto rico en materia orgánica y relativamente estable que condiciona el suelo y nutre las plantas (Mathur, 1991; Labrador, 1996; Zucconi, Pera, Forte y Bertoli, 1987).

2.7. FASE DE ELABORACIÓN DE COMPOST

La FAO (2013) define al compostaje como “*un proceso biológico, que ocurre en condiciones aeróbicas (presencia de oxígeno)*”. En condiciones adecuadas como la humedad y temperatura se asegura la degradación de los restos orgánicos en un material homogéneo y nutritivo por las plantas (Figura 2.1). Cabrera y Rossi (2016) manifiestan las que existen cuatro fases durante el proceso del compostaje:

- **Mesófila:** Esta primera fase es la que inicia el proceso de degradación de la materia orgánica donde existen la presencia de bacterias y hongos, estos organismos se alimentan de carbohidratos produciendo un aumento en la temperatura de más o menos 40°C.
- **Termófila:** en esta desaparecen muchos organismos mesofilos, mueren las malas hierbas e inician la degradación de organismos termófilos la cual la temperatura se incrementa oscilando entre 40 a 60°C, en esta etapa se degradan las proteínas, hemicelulosas, lignina y la celulosa.
- **Enfriamiento:** la temperatura disminuye durante el proceso llegando a una temperatura ambiente, en esta fase desaparecen los hongos termófilos pero el proceso continua gracias a los organismos esporulados y actinomicetos.
- **Maduración:** en la última fase de compostaje se puede considerar que la actividad metabólica de los microorganismos disminuye, y el compost permanece 20 días en esta fase.

La madurez y la estabilidad son las principales obligaciones que debe tener un compost para ser aplicado. La madurez se refiere al grado de sustancias fitotóxicas, como altas concentraciones de sales o ácidos orgánicos, y la estabilidad es el grado de humificación de la materia orgánica en un compost. El compost debe cumplir con estos parámetros, pues de lo contrario podría mostrar un comportamiento tóxico que afecte a los cultivos (Zubillaga y Lavado, 2006; Paradelo, Moldes, Prieto, Sandu y Barral, 2010).

Los efectos fitotóxicos de un compost inmaduro se deben a factores como el contenido de amonio, sales, ácidos orgánicos y metales pesados. Estas sustancias, en concentraciones muy altas, pueden inhibir la germinación de semillas o el crecimiento de las raíces (Varnero, Rojas y Orellana, 2007).

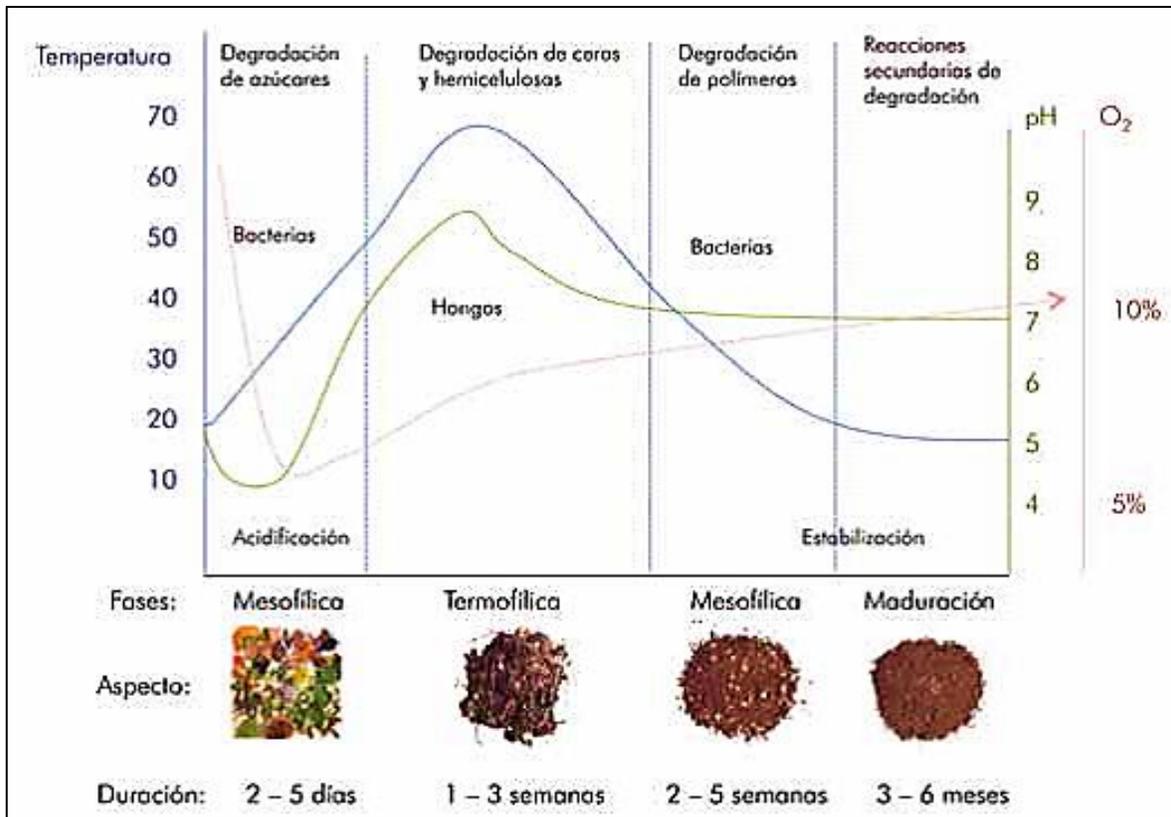


Figura 2.1. Temperatura, oxígeno y pH en el proceso de compostaje

Fuente: Manual de compostaje de la FAO (2013).

2.8. SISTEMA DE COMPOSTAJE

De acuerdo al Manual de Compostaje escrito por Álvarez (s.f), existen numerosos métodos para transformar materiales orgánicos mediante el compostaje, casi todos ellos se basan en el control de la aireación ya que su mayor control acelera el proceso la cuales son:

2.8.1. EN PILAS O MONTES DINÁMICOS (WINDROW)

Las pilas de compostaje pueden presentar cualquier morfología y dimensión, esta puede clasificarse de acuerdo al tipo de aireación utilizado: móviles y estática donde utilizan aireación forzada (Álvarez, s.f).

La aireación del compostaje puede llevarse a cabo de forma natural con la ayuda de volteos manuales, esta permite el control de mal olor, control de insecto y la

velocidad de degradación de la materia orgánica, este depende de la textura, estabilidad y humedad de la mezcla (Alonso, 2011).

2.8.2. EN PILAS ESTÁTICAS AIREADAS POR INSUFLACIÓN (STATIC PILE SYSTEM)

Es un método donde la pila de compost permanece de forma estática durante todo el proceso de compostaje. El aire se introduce de forma mecánicamente donde se eliminan las condiciones anaerobias ya que está puede ser controlada de acuerdo al volumen de aire que requiera la masa (Betrentz y Giraldo). El mismo autor menciona que la corriente de aire puede ser positiva (insuflación) o negativa (aspiración), esta última se suele utilizar en situaciones en las que es necesario controlar el olor del compost. En algunas ocasiones esta aireación solo se lo realiza en la etapa termófila del proceso de compostaje.

2.8.3. EN REACTORES O CONTENEDORES (IN VESSEL SYSTEM)

Su funcionamiento es de tipo reactor, este se aplica para condiciones elevada de transformación la cual requiere mayor control, estos sistemas son muy complejos y costosos en su construcción, y operación ya que suelen ser mecánicos para permitir la inyección de aire o la agitación de la masa (Sztern y Pravia, s.f).

2.9. PARÁMETROS ESENCIALES PARA UN ÓPTIMO PROCESO DE COMPOSTAJE

Dentro las apreciaciones de Mollinedo (2009) menciona que existen múltiples factores que intervienen en los procesos biológicos. Estas variables están influenciadas por las condiciones ambientales, la técnica de compostaje, tipo de residuo a tratar y por la interacción entre ellas.

2.9.1. RECCIÓN DE pH

De acuerdo a Ahumada (2005) este parámetro influye en el proceso de biodegradación de la materia orgánica debido a su interacción con los microorganismos. Las bacterias toleran menos un pH en estado ácido ($\text{pH} = 6-7,5$),

mientras que los hongos toleran un pH entre 5-8, mientras que. El pH varía durante el proceso de transformación de la materia orgánica. En la fase mesófila puede tener un pH bajo por la formación de ácidos, para luego volver a aumentar posteriormente, en la fase final el pH tiende a disminuir, teniendo límites de concentraciones así como lo muestra la tabla 2.1.

Tabla 2.1.
Parámetros de pH óptimos

pH	Causas asociadas	Soluciones	
<4,5	Exceso de ácidos orgánicos	Los materiales vegetales como restos de cocina, frutas, liberan muchos ácidos orgánicos y tienden a acidificar el medio.	Adición de material rico en nitrógeno hasta conseguir una adecuada relación C:N.
4,5 – 8,5 Rango ideal			
>8,5	Exceso de nitrógeno	Cuando hay un exceso de nitrógeno en el material de origen, con una deficiente relación C:N, asociado a humedad y altas temperaturas, se produce amoníaco alcalinizando el medio.	Adición de material más seco y con mayor contenido en carbono (restos de poda, hojas secas, aserrín)

Fuente: Manual de compostaje de la FAO (2013).

2.9.2. TEMPERATURA

Para Mollinedo (2009) es el parámetro que mejor indica el desarrollo del proceso. De acuerdo con este parámetro, el proceso de compostaje se puede dividir en cuatro etapas: mesófila, termófila, enfriamiento y maduración. Cada grupo de microorganismos tiene una temperatura óptima para realizar su actividad: criófilos, de 5 a 15 °C; mesófilas, de 15 a 45 °C; y los termófilas, de 45 a 70 °C.

El mismo autor continúa argumentando que, el grupo favorecido descompondrá la materia orgánica utilizándola para obtener energía y materiales para reproducirse, y en la operación se emitirá calor. Este calor puede hacer variar la temperatura de la pila de residuos.

Tabla 2.2.
Parámetros de temperatura óptimos

Temperatura (°C)	Causas asociadas	Soluciones
Baja temperaturas (T° ambiente <35°C).	Humedad insuficiente	Las bajas temperaturas pueden darse por varios factores, como la falta de humedad, por la actividad metabólica y por tanto, la temperatura baja. Humedecer el material o añadir material fresco con mayor porcentaje de humedad (resto de fruta, verduras, u otros).
	Material Insuficiente.	Insuficiente material o forma de la pila inadecuada para que alcance una temperatura adecuada. Añadir más material a la pila de compostaje.
	Déficit de nitrógeno o baja C:N.	El material tiene una alta relación C:N y por lo tanto, los microorganismos no tienen el N suficiente para generar enzimas y proteínas y disminuyen o ralentizan su actividad. La pila demora en incrementar la temperatura más de una semana. Añadir material con alto contenido en nitrógeno como estiércol.
Altas temperaturas (T ambiente >70°C)	Ventilación y humedad insuficiente	La temperatura es demasiado alta y se inhibe el proceso de descomposición. Se mantiene actividad microbiana pero no la suficiente para activar a los microorganismos mesofílicos y facilitar la terminación del proceso. Volteo y verificación de la humedad (55-60%). Adición de material con alto contenido en carbono de lenta degradación (madera, o pasto seco) para que ralentice el proceso.

Fuente: Manual de compostaje de la FAO (2013).

Al inicio del compostaje la temperatura debe mantenerse entre 35 y 60 °C para eliminar organismos patógenos, parásitos y semillas de malas hierbas. La variación de la temperatura dependerá del volumen de la pila, de la superficie de esta y de las condiciones ambientales. Con temperaturas demasiado elevadas, mueren determinadas especies que favorecen el compostaje, mientras que otras no actúan por estar en forma de espora. Para el manual de la FAO (2013), la temperatura tiene un amplio rango de variación en función de la fase del proceso de compostaje como lo muestra la siguiente tabla 2.2.

2.9.3. RELACIÓN CARBONO/NITROGENO

De acuerdo a Mollinedo (2009) para obtener un compost de buena calidad se debe procurar entonces, un equilibrio entre los materiales que se utilizan, es decir entre aquellos ricos en Carbono y ricos en Nitrógeno. Para la relación C/N ideal para la

fabricación de un abono orgánico de rápida fermentación es de 25:35, una relación C/N menor trae pérdidas considerables de nitrógeno por volatilización, en cambio una relación C/N mayor alarga el proceso de descomposición.

El mismo autor menciona también que, según el valor de la relación C/N se determina si un material orgánico está poco o muy descompuesto. Para valores de C/N 50 a 80, existe mucha materia orgánica fresca y poca actividad microbiana; para valores entre 15 y 40, la degradación está próxima al equilibrio, y se incorpora al suelo una parte del nitrógeno liberado. La relación C/N igual a 10, se considera que la composición de la materia orgánica está en equilibrio, lo que significa que las cantidades de carbón y nitrógeno son los adecuados, así como lo muestra la tabla 2.3.:

Tabla 2.3.
Parámetros de la relación Carbono/Nitrógeno

pH	Causas asociadas		Soluciones
>35:1	Exceso de Carbono	Existe en la mezcla una gran cantidad de materiales ricos en carbono. El proceso tiende a enfriarse y a ralentizarse	Adición de material rico en nitrógeno hasta conseguir una adecuada relación C:N.
15:1 – 35:1 Rango ideal			
<15:1	Exceso de Nitrógeno	En la mezcla hay una mayor cantidad de material rico en nitrógeno, el proceso tiende a calentarse en exceso y se generan malos olores por el amoníaco liberado.	Adición de material con mayor contenido en carbono (restos de poda, hojas secas, aserrín)

Fuente: Manual de compostaje de la FAO (2013).

2.9.4. AIREACIÓN

Contreras (2004) establece que el oxígeno es necesario para que los microorganismos puedan descomponer eficazmente la materia orgánica. Debe ser suficiente para mantener la actividad microbiana sin que en ningún momento aparezcan condiciones anaerobias, que, además de entorpecer el proceso, dan lugar a la aparición de malos olores y a un producto de inferior calidad. La aireación tiene el doble objetivo de aportar el oxígeno y permitir la evacuación del CO₂

producido. La aireación debe mantenerse en unos niveles adecuados, teniendo en cuenta que las necesidades de oxígeno varían a lo largo del proceso.

El mismo autor menciona también que, la aireación puede afectar a otros parámetros como la temperatura o la humedad, así después de cada volteo, la temperatura disminuye de 5 a 10°C, subiendo de nuevo si el proceso no ha acabado. También se debe tomar en cuenta que un exceso de aireación puede provocar un exceso de evaporación que frenaría el desarrollo de la actividad microbiológica.

2.10. PARÁMETROS PARA MEDIR LA CALIDAD DEL COMPOST

Durante el compostaje, los estiércoles y otros desechos deben ser mezclados en proporciones tales que la relación carbono/nitrógeno (C/N), la humedad y la aireación sean adecuadas para que estimulen una actividad microbiana intensiva, que modifique la estructura química y física de los materiales, cambiando la especiación química para que los nutrientes sean disponibles (Hernández et al., 2013).

La utilización del compost que se genera de diferentes residuos implica un conocimiento adecuado de sus propiedades; esto permite conocer en qué condiciones y tipos de suelos es posible su uso, ya sea como fertilizante, enmienda orgánica o acondicionador; de acuerdo a estudios realizados por Bohórquez, Puente y Menjívar (2014), las variables respuesta para evaluar la calidad de compost son: pH, relación carbono-nitrógeno (C:N), conductividad eléctrica (CE), humedad (H), materia orgánica (MO), nitrógeno total (N), fósforo (P), calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K), hierro (Fe), cobre (Cu), manganeso (Mn) y zinc (Zn).

2.11. NORMA PARA DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL COMPOST

La producción de compost se debe entender como una actividad que busca desincentivar el uso de la tierra de hojas y, por ende, las implicaciones ambientales asociadas. La norma Chilena NCh2880-Compost-Clasificación y Requisito (2003),

busca promover la gestión adecuada de los residuos sólidos orgánicos y tiene por objetivo establecer la clasificación y requisitos de calidad del compost.

La calidad de una enmienda orgánica debe estar dirigida para conseguir aspectos y olor aceptables, higienización correcta, impureza y contaminantes a nivel de trazas, nivel conocido de componentes agrónomicamente útiles y características homogéneas y uniformes. Estos factores contemplan las propiedades físicas, químicas y biológicas de los productos, con la finalidad de conocer el comportamiento del compost, a su vez también se evalúan la madurez y la estabilidad como índice de calidad (Gordillo y Chávez, 2010).

2.11.1. CLASIFICACIÓN DEL COMPOST

De acuerdo a su nivel de calidad se clasifica en las siguientes clases:

Tabla 2.4.

Nivel de la calidad del compost

Clase A	Producto de alto nivel de calidad que cumple con las exigencias establecidas en esta norma para el compost clase A. este producto no presentan restricciones de uso, debido a que ha sido sometido a un proceso de humificación. Puede ser aplicado a macetas directamente y sin necesidad que sea previamente mezclado con otros materiales.
Clase B	Producto de nivel intermedio de calidad que cumple con las exigencias establecidas en esta norma para compost Clase B. este producto presenta algunas restricciones de uso. Para ser aplicado en macetas, requiere ser mezclado con otros elementos adecuados
Compost inmaduro o sub-estándar	Materia orgánica que ha pasado por las etapas mesofílica y termofílicas del proceso de compostaje, donde ha sufrido una descomposición inicial, pero no ha alcanzado las etapas de enfriamiento y maduración necesarias para obtener un compost clase A o clase B. es un producto que se debe mezclar para ser aplicado para no producir hambre de nitrógeno

Hambre de nitrógeno: Stress o aflicción producido en vegetales debido a carencia de este elemento por competencia en su utilización generada de la actividad de microorganismos que están descomponiendo materia orgánica. **Fuente:** NCh2880 Compost – Clasificación Y Requisitos (2004).

2.11.2. REQUISITOS DEL PRODUCTO COMPOSTADO

Todas las clases de compost deben cumplir con los siguientes requisitos de contenido fisicoquímicos:

Tabla 2.5.
Límites permisibles de calidad del compost

Parámetros	Límites según Norma Chilena		
	Clase A	Clase B	Compost inmaduro
pH	5,0 – 7,5	5,0 – 8,5	-
C.E (dS/m)	<3	<8	-
M.O	≥45	≥25	-
C:N (%)	10 - 25	10 - 40	Máximo 50
N (%)	≥0,5	≥0,6	-
P (%)	≥ 0,1	≤0,1	-
Cu (mg. Kg ⁻¹)	<100	<1000	-
Zn (mg. Kg ⁻¹)	<200	<2000	-
Pb (mg. Kg ⁻¹)	<100	<300	-
Cd (mg. Kg ⁻¹)	<2	<8	-
Cr (mg. Kg ⁻¹)	<120	<600	-
Humedad (%)	30 - 45	30– 45	>40
Toxicidad (%)	>90	>90	<90

Fuente: NCh2880 Compost – Clasificación Y Requisitos (2004).

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

La investigación se realizó en el vivero del área del Centro de Investigación, Innovación y Desarrollo Agropecuario (CIIDEA) de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López”, ubicada en el sitio Limón de la ciudad de Calceta del cantón Bolívar Provincia de Manabí.

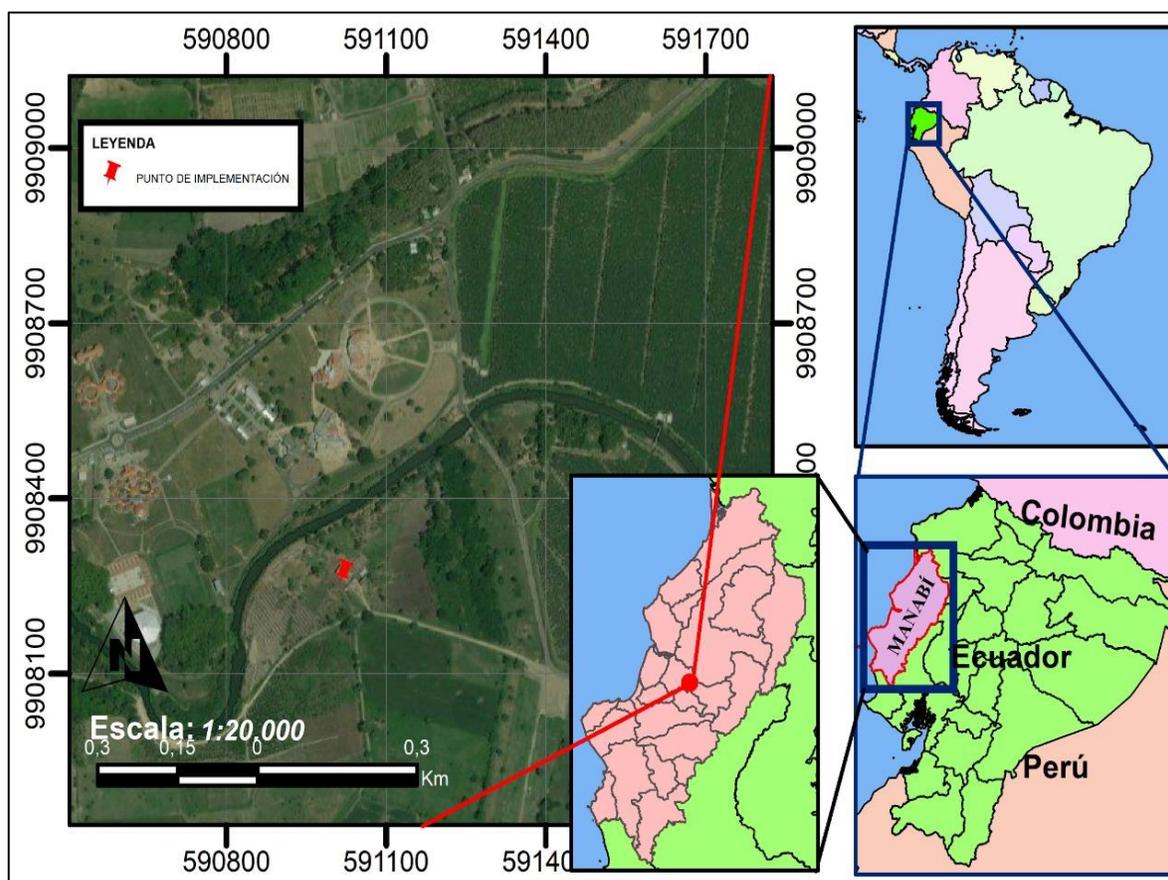


Gráfico 3.1. Mapa de ubicación de implementación del proyecto

3.2. DURACIÓN DEL TRABAJO

El estudio tuvo una duración de nueve meses a partir de la etapa de ejecución del proyecto en el periodo del 2019.

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.3.1. MÉTODO

Se empleó el método descriptivo puesto que expreso la realidad y situación del problema de estudio, el método exploratorio que dio pautas para la solución del mismo indagando y adquiriendo información relevante y que sirva como sustento para la problemática y el tema planteado.

El método inductivo permitió realizar conclusiones de forma general a partir de la observación directa, este método científico es el más usado ya que solo se necesita del investigador y de la apreciación que este pueda sacar. El método bibliográfico tiene como base el razonamiento empleado por el investigador previa la examinación de los procesos o leyes que se aplicaron, las cuales permite razonar de una forma lógica y lograr conclusiones claras que se ajusten a las leyes o parámetros previamente establecidos.

3.3.2. TÉCNICAS

Las técnicas que se emplearon fueron la recolección de datos para el análisis en cuanto al contenido nutricional que tendrá el compost y la observación directa que consiste en verificar el problema en los sectores productores de maíz, la cual permitió dar una alternativa para aprovechar estos residuos y así generar biomasa e incorporando está a la economía circular y produciendo una agricultura más sostenible con el ambiente.

3.4. VARIABLES

3.4.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Residuos de la soca de maíz (*Zea mays L.*).

3.4.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Contenido nutricional del compost.

3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un diseño completamente al azar, con cinco tratamientos y tres repeticiones medidas en el tiempo, el cual se obtuvo un total de quince unidades experimentales como los muestra el cuadro 3.1.:

3.5.1. FACTORES EN ESTUDIO

- **Variable A:** Porcentaje de soca de maíz
- **Variable B:** Porcentaje de estiércol bovino

Tabla 3.1.
Tratamientos para el experimento

Tratamiento	Soca de maíz %	Estiércol Bovino %	Microorganismo
T1	100	-	Dosis constante de
T2	75	25	microorganismos eficiente
T3	50	50	E.M. (bacterias
T4	25	75	Fotosintéticas, bacterias
T5	-	100	ácido lácticas y levaduras)

Elaborado por Hidalgo, (2019).

3.5.2. ESQUEMA DE ANÁLISIS DE VARIANZA

Tabla 3.2.
Análisis de varianza

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD
TOTAL	14
TRATAMIENTO	4
REPETICIONES	2
ERROR	8

Elaborado por Hidalgo, (2019)

3.6. UNIDAD EXPERIMENTAL

La unidad experimental consistió en realizar la técnica de compostaje en forma de pila la cual se obtuvo 45 kilogramos de peso en cada uno de los tratamientos, se incorporaron microorganismos eficientes (EM) para una rápida descomposición (Uribe, Estradas, Córdoba, Hernández y Bedoya, 2001).

Se tomaron medidas repetidas en el tiempo (42, 51, 59, 73 y 90 días) para demostrar el comportamiento del contenido NPK y conductividad eléctrica, tomando muestras compuestas en cada pila, considerando la experiencia e investigaciones realizadas por Navia, Zemanate y Morales (2013); donde se evidenció que antes de los 42 días, el producto generado no es adecuado para su manejo y aplicación en campo, dado su elevado contenido de humedad y presencia de material sin transformar.

3.8. INDICADORES DE RESPUESTA

Tabla 3.3.

Indicadores de respuesta

Parámetros	Métodos
Temperatura	Termómetro de suelo (electrodo)
pH	potenciómetro de suelo (electrodo)
Conductividad Eléctrica	Conductímetro
% Materia Orgánica (MO)	Calcinación
Relación C:N	Relación C/N (M. orgánica y Nitrógeno Total)
Nitrógeno	Método por Kjeldahl
Fosforo	US EPA SW 846 Método 6010D
Potasio	US EPA SW 846 Método 6010D
Metales Pesados (Cu, Zn, Pb, Cd y Cr)	US EPA SW 846 Método 6010D

Elaborado por Hidalgo, (2019).

3.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos fueron recopilados en el software microsoft excel y luego el análisis estadístico se lo realizó en el software IBM SPSS Statistic 23, donde fueron sometidos a un análisis de varianza ANOVA y se procedió a realizar la prueba de comparación de medias de Duncan.

3.10. MANEJO DEL EXPERIMENTO

3.10.1. FASE I. PRODUCCIÓN DE COMPOST CON DIFERENTES COMBINACIONES DEL RESIDUO DE LA SOCA DE MAÍZ

Actividad 1. Recolección de la materia prima para la elaboración del compost

La recolección de materia prima se la realizó en fincas cercanas, en el caso de maíz se recolectó en zonas productoras y el estiércol en fincas ganaderas, en el caso del

residuo del cultivo de maíz con la ayuda de una cortadora mecánica se procedió a realizar el picado del residuo vegetal con un tamaño aproximado de 1 cm.

Actividad 2. Pesado de los sustratos para ser distribuido en cada tratamiento

Ambas fueron pesadas de acuerdo a la cantidad requerida para cada tratamiento con sus respectivas repeticiones utilizando una balanza eléctrica.

Tabla 3.4.

Descripción de la cantidad de sustrato

Tratamiento	Soca de maíz (kg)	Estiércol Bovino (kg)
T1	45	-
T2	34	11
T3	22,5	22,5
T4	11	35
T5	-	45

Elaborado por Hidalgo, (2019).

Actividad 3. Montaje de las composteras en el vivero de la carrera de ingeniería ambiental

De acuerdo con Román et al., (2013) establecen que se toman en cuenta un mismo tiempo para acumular la materia a utilizar antes que empiece la fase termófila donde se activan los microorganismos para degradar el material.

Se montaron las composteras en el área de vivero de CIIDEA, se diseñó y adaptó la técnica de sistemas abiertos o pilas de acuerdo a la metodología realizada por el libro de la FAO (2013) sobre el Manual de Compostaje del Agricultor (anexo 9), la cual se realizó el siguiente procedimiento:

- Se limpió el área de las composteras, asegurándose de eliminar cualquier elemento que pudiera afectar el proceso de compostaje.
- Se construyeron cajones para separar cada una de las pilas de compost teniendo una medida adecuada para realizar los respectivos volteos.

- Los sustratos fueron homogenizado en un lugar aparte para luego ser llevados a los cajones. Estos son amontonados y tendrán un volumen de 45 kilogramos cada tratamiento dando una altura de 1m cada pila.
- Se aplicó microorganismos eficientes (EM) para acelerar el proceso de compostaje, se realizará al inicio del ensayo con la ayuda de una bomba manual, cubriendo de solución el total de la pila de compost, la dosis será de 1000cc/5litros de agua de acuerdo a Naranjo (2013).
- Se procedió a cubrir los cajones con plástico negro con la finalidad de incrementar una mayor capacidad de calor y por ende un mayor proceso de descomposición de la materia orgánica.

Actividad 4. Ejecución del volteo y riego manual

El volteo de cada pila se lo realizó manualmente con una frecuencia semanal durante tres meses; este tiene como objetivo ayudar que los metabolismos aerobios cumplan con el proceso homogéneamente en toda la materia orgánica y permitir una temperatura uniforme (Cabrera y Rossi, 2016).

Según Vega (2016) la humedad ayuda a que los microorganismos transporten nutriente a través del agua. Durante el volteo semanal, se empleará la técnica realizada por la FAO (2013) puño cerrado o capacidad de campo, *“la cual consiste en introducir la mano en la pila, sacar un puño de material y abrir la mano, el material debe quedar apelmazado sin escurrir agua. Si corre agua, se debe suspender el riego; si el material queda suelto en la mano, entonces se debe humedecer hasta comprobar que tenga una humedad idónea”*.

Actividad 5. Control físico durante el proceso de compostaje

- **Temperatura y pH:** Se llevó un control de temperatura y pH *in situ* durante 5 días a la semana en todo el proceso del compostaje, con horario en la mañana (8h30) y en la tarde (17h00), para evitar la alteración de los valores provocados por las altas temperatura gracias a las radiaciones solares u otras variables

meteorológica, la recolección de datos se llevó a cabo durante toda la fase del compostaje.

Para estos parámetros se utilizó la técnica electroanalítica la cual se la realizará con la ayuda de un instrumento electrónico Ksruee 4 in 1 Soil Analyzer. Para obtener los resultados se procedió a realizar el siguiente procedimiento: Se realizó un orificio de 6 cm en cada pila y se procedió a introducir el Ksruee en el orificio y dejarlo durante un minuto.

- **Conductividad eléctrica:** Para el análisis de la conductividad eléctrica se utilizó el método conductimétrico expuesta por Ruiz (2016). Para ello se formó una suspensión 1:1 suelo/agua, estableciendo los siguientes pasos:
 - Se pesó 150 g de muestra y añadir 150 ml de agua
 - Se agitó vigorosamente por una hora y se deja reposar por 24 horas
 - Se filtró en un centrifuga de 4000 rpm por 20 min
 - Finalmente, se realizó las mediciones de conductividad a la solución transparente.

3.10.2. FASE II. ANÁLISIS DEL CONTENIDO NUTRICIONAL DEL COMPOST PARA LA DETERMINACIÓN DE SU NIVEL DE CALIDAD

Actividad 6. Control químico durante el proceso de compostaje

- **Pruebas de evaluación de contenido de nitrógeno, fósforo y potasio (n-p-k):** se lo realizó en los días 42, 51, 59, 73 y 90 días, para esto se utilizó el Kit de prueba de suelo Rapitest # 1601 (Lustre Leaf Products, Inc. Woodstock, IL), las pruebas realizadas se basaron en el método de comparaciones de color, utilizando tablas de colores estandarizadas incluidas con los kits (Púrpura = Nitrógeno, Azul = fósforo y Anaranjado = Potasio).

De acuerdo con trabajo realizados por Brandenberger, Bowser, Zhang, Carrier, y Payton, (2016) para este método se utilizará el agua destilada para preparar un solo

extracto de suelo para pruebas de N, P y K, para esto se seguirá el siguiente protocolo expuesto por el manual de la misma:

- Se llenó en un recipiente limpio una taza de tierra y cinco tazas de agua destilada
- Se agitó bien la mezcla del sustrato por al menos un minuto, luego la mezcla debe permanecer en reposo hasta que se asiente el sustrato (30 minutos a 24 horas, dependiendo del sustrato).
- Se seleccionó el comparador apropiado para la prueba. Luego, usando el gotero se completa la prueba y cámaras de referencia a la marca de relleno en la tabla con solución de su muestra del sustrato.
- Luego se retiró una de las cápsulas coloreadas apropiadas de su bolsa y vierte el polvo en la cámara de prueba.
- Se colocó la tapa en el comparador, asegurándose de que esté se asienta adecuadamente y se tapa herméticamente. Agitar bien y dejar reposar para permitir que el color se desarrolle durante 10 minutos y no acceder por más de 10 minutos.
- Por último, se comparó el color de la solución en la prueba de la cámara a la carta de colores, permitiendo la luz del día (no la luz solar directa) para iluminar la solución tanto en las cámaras de ensayo como en las de referencia.

En estas pruebas analíticas los resultados de los valores del kit son cualitativos (Depleted, Deficient, Adequate y Surplus / Sufficient), las cuales se adaptarán en categorías cuantitativa para establecer dicho valor en cada una de las variables a medir, para esto se cogió la escala de calificación categórica de pruebas de suelos comerciales basados en la Guía interpretativa de Reisenauer (1978) citado por Faber, Downer, Holstege, y Mochizuki (2007).

Tabla 3.5. La asociación de la escala de calificación categórica de kits de prueba de suelo comerciales a lo cuantitativo, cantidad de macronutrientes Medido por un laboratorio analítico.

Análisis	Depleted / Deficient	Adequate	Surplus / Sufficient
NO₃-N (%)	<25	25–60	>60
P₂O₅ (%)	<25	25–50	>50
K₂O (%)	<50	50–80	>80

Fuente: Reisenauer, (1978)

Actividad 7. Medición del estado de madurez

Dados los análisis de las variables físico-químicas se procedió a medir el estado de madurez del compost. Varnero et al., (2007) indican que si el compost no cumple los requisitos de maduración contiene alto índice de fitotóxicas que pueden inhibir la tasa de germinación de las plantas.

Para la medición del estado de madurez de compost se determinó a través del Índice de Germinación (IG) bajo la metodología expuesta por Cabrera y Rossi, (2016) mediante la ecuación 3.3:

$$IG (\%) = \frac{PGR (\%) \times CRR (\%)}{100} \quad [3.3]$$

En donde:

IG (%): Índice de germinación expresado en porcentaje

PGR (%): Porcentaje de germinación relativo

CRR (%): Crecimiento de radícula relativo

El PGR (%) y CRR (%) son obtenidos respecto a la muestra control. Se obtienen de la ecuación 3.4. y 3.5

$$PGR (\%) = \frac{GMn}{Gc} \times 100 \quad [3.4]$$

En donde:

GMn: Número de semillas germinadas en la muestra “n” (n=1, 2, 3, 4, ...)

Gc: Número de semillas germinadas en la muestra control

$$\text{CRR (\%)} = \frac{\text{LMn}}{\text{Lc}} \times 100 \quad [3.5]$$

En donde:

LMn: Longitud promedio de las raíces en la muestra “n” (n=1, 2, 3, 4, ...)

Lc: Longitud promedio de las raíces en la muestra control.

Actividad 8. Evaluación del compost en su estado de madurez

Para la evaluación final del compost se realizaron estudios de las variables químicas de cada uno de los tratamientos para obtener valores fiables, donde se enviaron las muestras al laboratorio certificado de la Universidad de las Américas UDLA, para el análisis de macro y micro nutrientes. Para esto se enviaron al laboratorio aproximadamente 1 kg de muestra, colocadas en papel aluminio y luego bolsas plásticas para ser rotuladas.

Actividad 9. Calidad del compost

Para el análisis de la calidad del compost se tomó como referencia los estándares establecidos por el Instituto Nacional de Normalización de la República de Chile en la norma NCh2880.Of2004 dado que en el Ecuador no existe una legislación que regule este producto.

3.10.3. FASE III. SOCIABILIZACIÓN DE LOS RESULTADOS A LOS AGRICULTORES PRODUCTORES DE MAÍZ

El artículo 171 de la Constitución Política de la República, decreta “Expedir el Reglamento de Aplicación de los Mecanismos de Participación Social establecidos en la Ley de Gestión Ambiental”.

La Ley de Gestión Ambiental en su artículo 28 consagra el derecho de toda persona natural o jurídica a participar en la gestión ambiental a través de los diversos mecanismos de participación social que se establezcan para el efecto, y el artículo 29 prescribe el derecho que tiene toda persona natural o jurídica a ser informada

oportuna y suficientemente sobre cualquier actividad que pueda producir impactos ambientales.

Actividad 10. Sociabilización a los actores involucrados

Se aplicaron el mecanismo de participación social en una reunión informativa acerca de utilización de residuos de maíz como alternativa para darle un valor agregado al subproducto e integrarse a la economía circular. Para esto se convocaron a las personas de comunidades productoras de maíz, esta se llevará a cabo en la comunidad Balsa en Medio de la parroquia de Quiroga, Cantón Bolívar.

Actividad 11. Aplicación de encuestas

Se aplicaron encuestas (anexo 2) a los productores de maíz de la comunidad ya mencionada, para conocer su opinión sobre la problemática acerca del manejo inadecuado de los residuos orgánicos y como incorporar nuevas alternativas sostenible en su producción.

Actividad 12. Manual para la elaboración del compost a partir de residuos de la soca de maíz (*Zea mays L.*)

Se elaboró un manual básico para la elaboración de compost a partir de residuos de soca de maíz, donde tendrá los siguientes contenidos mínimos:

- a) Introducción
- b) Contenido
- c) ¿Qué es el compostaje?
- d) Por qué es importante realizar compostaje a partir de los residuos de cosecha
- e) Beneficios del compost
- f) ¿Cómo fabricamos compost?
 - a. Material a introducir
 - b. Preparación del material
 - c. Cuidados necesarios
- g) ¿Qué pasa dentro del compostador?
 - a. Proceso del compostaje
 - b. Parámetros del proceso de compostaje
- h) Problemas y soluciones

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. FASE I. PRODUCCIÓN DE COMPOST CON DIFERENTES COMBINACIONES DEL RESIDUO DE LA SOCA DE MAÍZ

De acuerdo al proceso productivo del compost, se estableció un flujograma del mismo, la cual se aplicó en el vivero del Centro de Investigación, Innovación y Desarrollo Agropecuario (CIIDEA) de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López tal como lo muestra la figura 4.1.

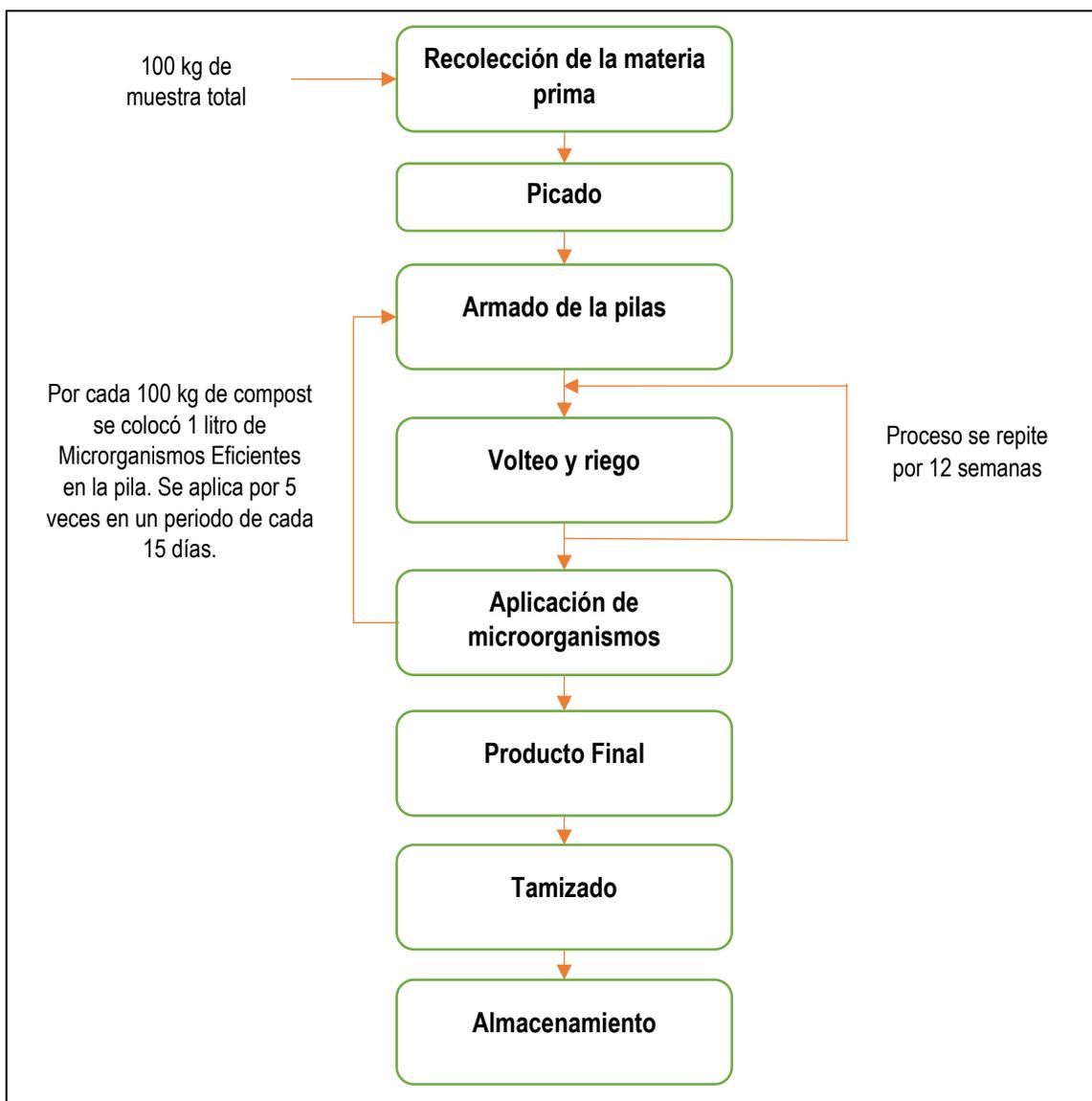


Figura 4.1. Flujograma de proceso de compostaje
Elaborado por Hidalgo, K. (2019)

4.1.1. CONTROL FÍSICO DURANTE EL PROCESO DE COMPOSTAJE

4.1.1.1. TEMPERATURA

La temperatura es uno de los parámetros más importante en el proceso de biodegradación de la materia orgánica, debido a que está relacionado con la actividad biológica, ya que el calor de la reacción implicado en el proceso de catabolismo y anabolismo celular trae como consecuencia un aumento en la temperatura (Chandler et al., 2008). En el gráfico 4.1., presenta la variación de temperatura durante el proceso de compostaje en los cinco tratamientos:

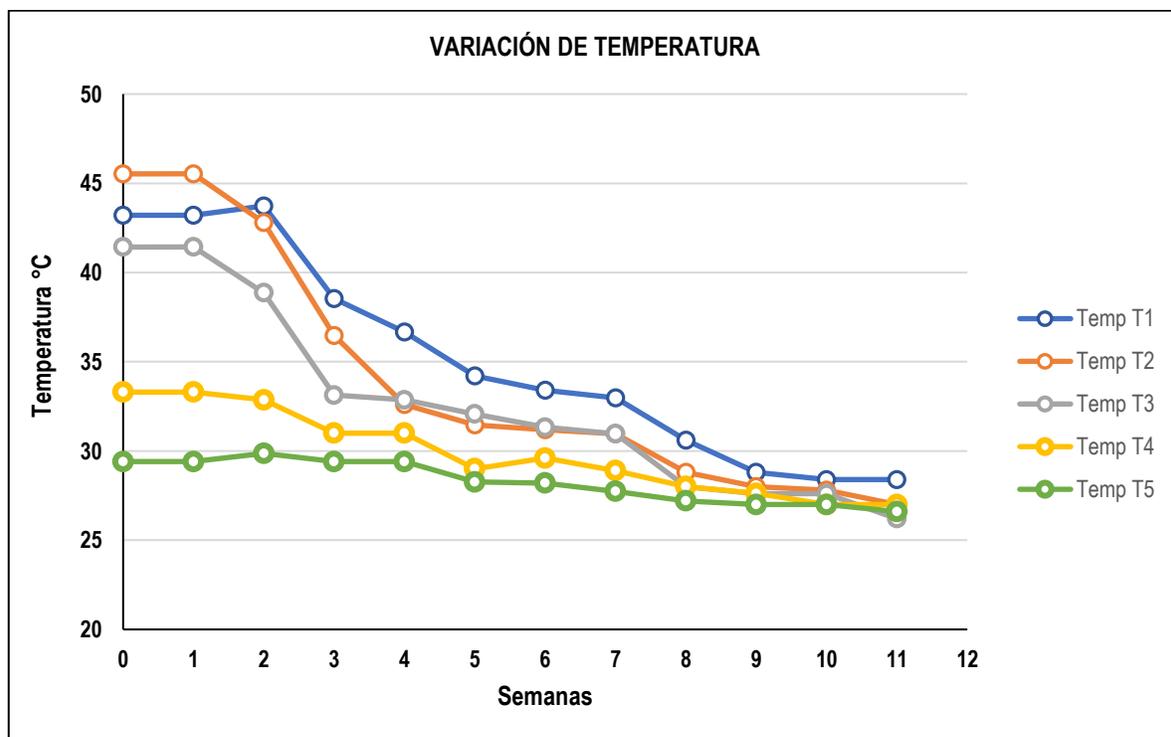


Gráfico 4.1. Medición de temperatura en el proceso de compostaje
Elaborado por: Hidalgo, K. (2019)

Durante las primeras semanas los tratamientos T₁, T₂, T₃ tuvieron temperaturas que oscilaron entre los 43,2 hasta 45,53°C, debido a que la masa microbiana empezó a incrementarse. De acuerdo a Ashqui y Cedeño (2018) establecen que las óptimas temperaturas son entre 35-55°C para conseguir la eliminación de patógenos, parásitos y otros microorganismos que pueden afectar o interferir el proceso de compostaje.

Los tratamientos T₄ y T₅ mostraron bajas temperaturas al inicio del proceso de compostaje que oscilaron entre 33 a 29°C, debido a que hubo insuficiente materia orgánica, el calor en las pilas depende de diversos factores: del tamaño y de la concentración de nitrógeno; de acuerdo al manual de la FAO (2013) los microorganismos necesitan suficiente nitrógeno para generar enzimas y proteínas para aumentar su actividad e incrementar el nivel de temperatura.

Después de la cuarta semana todos los tratamientos disminuyeron gradualmente su temperatura hasta igualar la temperatura ambiente a las doce semanas que fluctuaron entre 26 a 28 °C. Este decreciente se considera un buen indicador en la fase final de la materia orgánico (MO) y se da por terminada cuando la temperatura es constante, en estas condiciones el compost ha alcanzado su grado de madurez (Vicencio, Pérez, Medina y Martínez, 2011).

Tabla 4.1.
Análisis de varianza de la variable temperatura

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	267,130	4	66,782	3,370	,015
Dentro de grupos	1090,039	55	19,819		
Total	1357,169	59			

Fuente: Hidalgo, (2019).

En el tabla 4.1., muestra el análisis de varianza ANOVA aplicado a la temperatura muestra que, en los diferentes tratamientos empleados para obtener el compost, ejercen una diferencia significativa entre tratamientos por poseer un valor menor a $P < 0,05$.

Tabla 4.2.
Prueba de Duncan^a para la variable temperatura

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
T ₅ (100% Estiércol)	12	28,0283		
T ₄ (25% Soca - 75% Estiércol)	12	29,3575	29,3575	
T ₃ (50% Soca - 50% Estiércol)	12	31,3392	31,3392	31,3392
T ₂ (75% Soca - 25%Estiercol)	12		32,4700	32,4700
T ₁ (100% Soca de maíz)	12			33,9083
Sig.		,090	,111	,188

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 12,000.

Fuente: Hidalgo K, (2019).

En la prueba de Duncan para la variable temperatura se encontraron tres grupos homogéneos, la cual indican que los tratamientos T₅, T₄, T₃ son estadísticamente iguales, también el tratamiento T₄, T₃, T₂ son un grupo iguales, al igual que el T₃, T₂ y T₁, es decir dentro de cada grupo homogéneo no tiene una diferencia significativa. Sin embargo, los tratamientos T₅, T₂ y T₁ presentan una diferencia significativa entre cada grupo (tabla 4.2.).

4.1.1.2. POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)

En el gráfico 4.2., se reflejan las variaciones de potencial de hidrógeno en cada uno de los tratamientos. El pH es uno de los factores importantes en el proceso de compostaje ya que influye en la dinámica de los procesos microbianos. Mediante el pH se puede obtener un control de aireación de la mezcla, ya que si existe condición anaerobia esto provoca la liberación de ácidos orgánicos que provoca el descenso del mismo (Silva, López, Valencia, s.f).

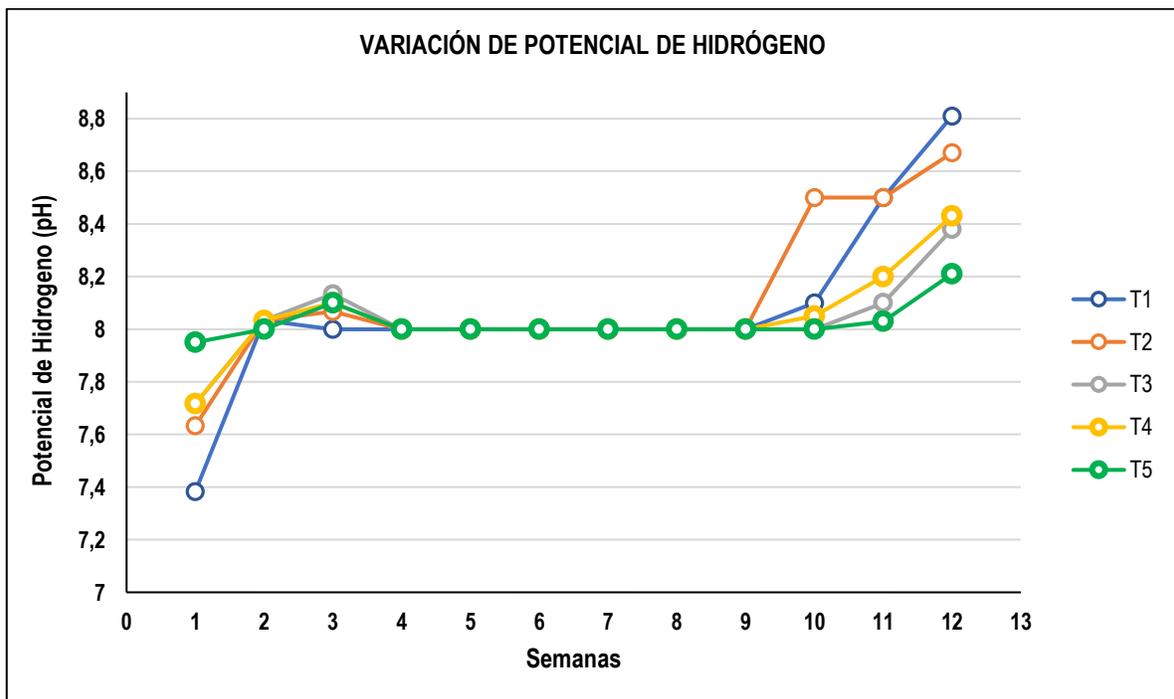


Gráfico 4.2. Medición de pH en el proceso de compostaje
Elaborado por: Hidalgo, K. (2019)

En el caso de compostaje en la primera semana tuvo un pH de 7,38 a 7,95; debido a que en la fase mesófila del compostaje se liberan ácidos orgánicos (Silva, López, Valencia, s.f.). Luego está se mantiene en el nivel de 8 desde la cuarta hasta la novena semana, de acuerdo con Chandler et al., (2008), para el crecimiento de hongos y bacterias, estos rangos son óptimos y adecuados para mantener el incremento microbiano, a partir de decima semana el pH aumentó paulatinamente en todos los tratamientos, alcanzando un pH neutro final entre 8,20 a 8,80 siendo el de valor más alto el T₁ y el más bajo T₅, de acuerdo a investigaciones realizados por Vicencio et al., (2011) establece que el rango óptimo es de 5,5 a 9.

Tabla 4.3.
Análisis de varianza de la variable pH

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,068	4	,017	,339	,851
Dentro de grupos	2,757	55	,050		
Total	2,825	59			

Fuente: Hidalgo K, (2019).

En el análisis de varianza ANOVA (tabla 4.3), aplicado a la variable pH muestra que, en los diferentes tratamientos empleados para obtener el compost, el potencial de hidrógeno no ejercen una diferencia significativa entre tratamientos por poseer un valor mayor a 0,05.

Tabla 4.4.
Prueba de Duncan^a para la variable pH

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
T5 (100% Estiércol)	12	8,0242
T3 (50% Soca - 50% Estiércol)	12	8,0300
T4 (25% Soca - 75% Estiércol)	12	8,0442
T1 (100% Soca de maíz)	12	8,0683
T2 (75% Soca - 25%Estiercol)	12	8,1167
Sig.		,376

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 12,000.

En el tabla 4.4., muestra la comparación entre tratamientos con el análisis de Duncan, la cual indica que existe un solo grupo homogéneo entre cada tratamiento y no existe diferencia significativa entre ellos.

4.1.1.3. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE)

En el gráfico 4.3., muestra el comportamiento de la conductividad eléctrica en cada uno de los tratamientos en los días 42, 52, 60, 73 y 90. De acuerdo a Gordillo et al., (2011) la conductividad eléctrica va de acuerdo a las fases de mineralización de la materia: la primera, mineralización de la materia inicial; la segunda una lixiviación de metabolitos secundarios y material desecho en estado líquido; y la tercera, la última etapa de mineralización que indica el final del proceso.

En el día 51 se evidenció un aumento de CE en todos los tratamientos, siendo el T₁ con el de mayor valor (2,75 dSm⁻¹). De acuerdo con Isaza, Pérez, Laines y Catañón, (2009) esto se debió al incremento de la concentración de sales por la pérdida de peso en las pilas y menor grado de presencia de iones de amonio o nitrato durante el proceso de compostaje. Gordillo y Chávez (2010) manifiestan que puede deberse a la lixiviación de la materia provocado por la humectación excesiva de la misma.

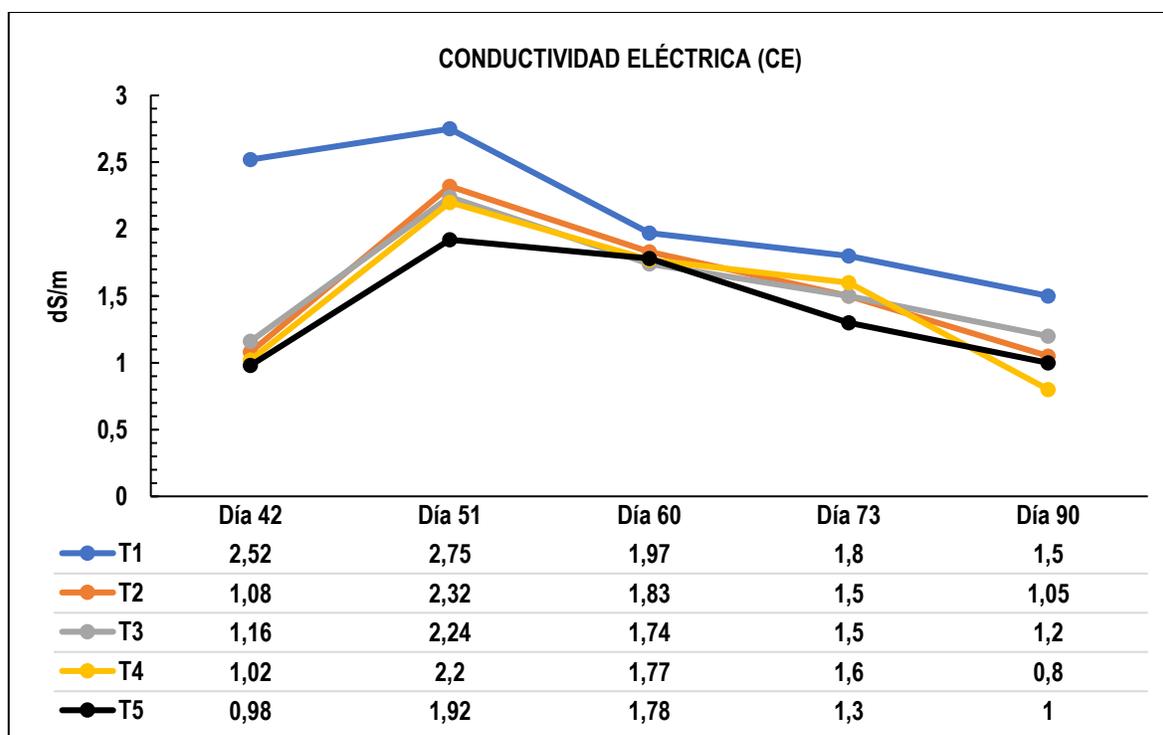


Gráfico 4.3. Medición de conductividad eléctrica durante el proceso de compostaje
Elaborado por: Hidalgo, K. (2019)

Después del día 60 la CE comenzó a decrecer en todos los tratamientos. Los autores antes mencionados expresan que esto es debido a la transformación de compuestos orgánicos complejos a compuesto más simples que puedan ser consumidas por moléculas iónicas. Los valores hallados en las pilas durante los 90 día de degradación variaron entre T₁ (1,5 dSm⁻¹), T₂ (1,05 dSm⁻¹), T₃ (1,2 dSm⁻¹), T₄ (0,8 dSm⁻¹) y T₅ (1 dSm⁻¹).

En el tabla 4.5, se muestra el análisis de varianza ANOVA aplicado para la variable Conductividad Eléctrica, donde se determina que en los diferentes tratamientos la CE no ejerce una diferencia significativa entre cada tratamiento por poseer un valor mayor a 0,05.

Tabla 4.5.
Análisis de varianza de la variable CE

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1,576	4	,394	1,561	,223
Dentro de grupos	5,050	20	,252		
Total	6,626	24			

Elaborado por: Hidalgo, K. (2019)

El análisis de Duncan muestra la comparación entre cada tratamiento sobre la variable conductividad eléctrica la cual se muestra en el tabla 4.6, esta prueba indica que existe un solo grupo homogéneo y no existe diferencia significativa entre ellos.

Tabla 4.6.
Prueba de Duncan^a para la variable CE

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
T ₅ (100% Estiércol)	5	1,3960
T ₄ (25% Soca - 75% Estiércol)	5	1,4780
T ₂ (75% Soca - 25%Estiercol)	5	1,5560
T ₃ (50% Soca - 50% Estiércol)	5	1,5680
T ₁ (100% Soca de maíz)	5	2,1080
Sig.		,056

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5,000.

Elaborado por: Hidalgo, K. (2019)

4.2. FASE II. ANÁLISIS DEL CONTENIDO NUTRICIONAL DEL COMPOST PARA LA DETERMINACIÓN DE SU NIVEL DE CALIDAD

En la preparación del compostaje se debe tomar en cuenta el balance adecuado de los componentes empleados, lo cual se obtiene a través de la práctica con el fin de mantener una relación C/N óptima, para esto se debe establecer monitoreo y control constante de todas las condiciones ambientales y los cambios que van experimentando, durante el proceso de degradación de la materia por microorganismos (Chandler et al., 2008).

4.2.1. CONTROL QUÍMICO DURANTE EL PROCESO DE COMPOSTAJE

4.2.1.1. CONTENIDO DE NITRÓGENO

En la gráfica 4.4. Establece la variación del contenido de nitrógeno durante cinco días en cada uno de los tratamientos:

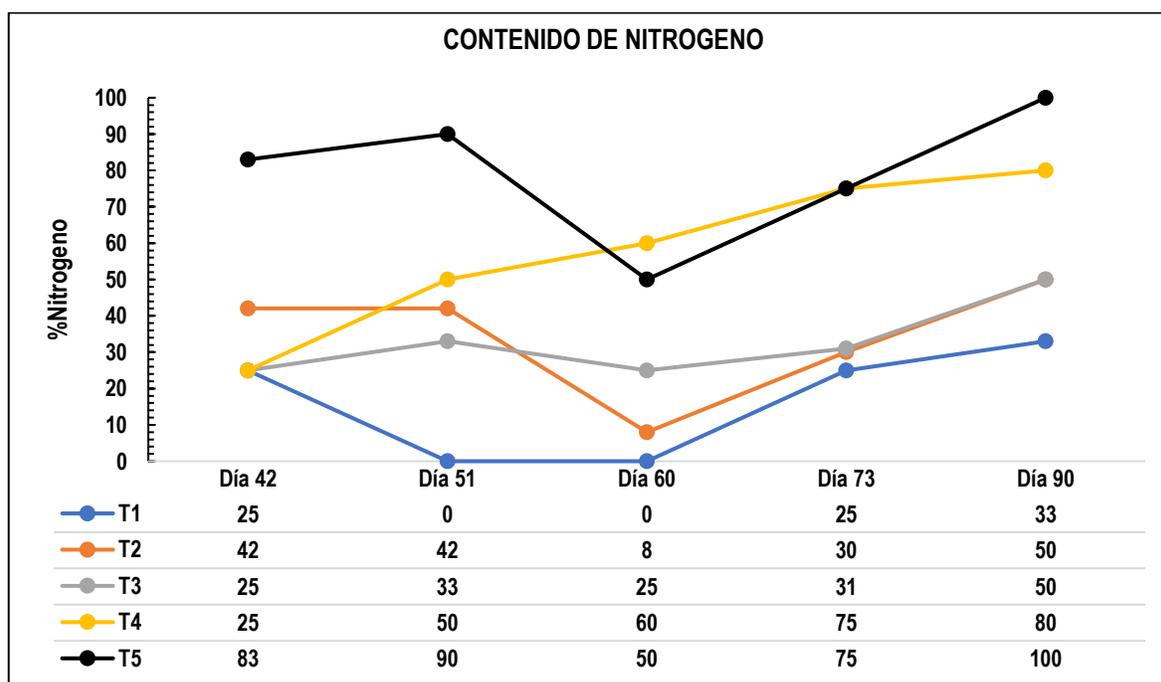


Gráfico 4.4. Evaluación del contenido de nitrógeno en el tiempo

Elaborado por: Hidalgo, K. (2019)

De acuerdo a los resultados obtenidos el contenido de nitrógeno al inicio del proceso se pudo observar concentraciones mayores al 25% donde los T₂ y T₅ reportaron

concentraciones de 42% y 83%; Chandler et al., (2008) en su investigación obtuvieron valores iniciales de nitrógeno de 36%. En el día 60 los tratamientos T₁, T₂, T₃ y T₅ demostraron un descenso en su concentración y a partir del día 73 comenzaron ascender teniendo como resultado final: (T₁:33%), (T₂:50%), (T₃:50%), (T₄:80%) y (T₅:100%), siendo los tratamientos T₄ y T₅ con mayor concentración de nitrógeno en el día 90.

Ortiz (2015) establece que el incremento de la concentración de N se debe a la presencia de amonio presente en la materia. Después este nutriente se concentra al final del compostaje debido a que las pilas reducen su tamaño como resultado de la biodegradación de la materia orgánica. El incremento de nitrógeno se asocia por su uso por parte de los microorganismos para sintetizar el protoplasma celular, y cuando mueren incrementan la concentración de nitrógeno reciclado durante el proceso (Chandler et al., 2008).

4.2.1.2. CONTENIDO DE FÓSFORO

El gráfico 4.5., muestra los contenidos de fósforo en cada uno de los tratamientos iniciales desde el T₂, T₃, T₄ y T₅ reportan altas concentraciones de fósforo mayores al 50%. De acuerdo a Naranjo (2013) la aplicación de microorganismos en dosis apropiada se tiene como resultado un compost de mejor calidad y con mayor contenido de fósforo.

Galindo, Martínez y Estrada (2018) establece que los microorganismos eficientes incorporados en el compost influyen en la concentración de fósforo, ya que estos permiten la producción de ácidos orgánicos y el aumento de la acción enzimática donde aumenta el nivel de P en el compost. Por lo antes mencionado explica el aumento de P en el día 51 en los T₁ (75%), T₂ (92%) y T₃ (92%). Después del día 73 en todos los tratamientos el contenido de fósforo comenzó a descender ya que la aplicación de ME fue hasta el día 60 y teniendo como resultado final en el día 90: (T₁:17%), (T₂:17%), (T₃:8%), (T₄:8%) y (T₅:17%).

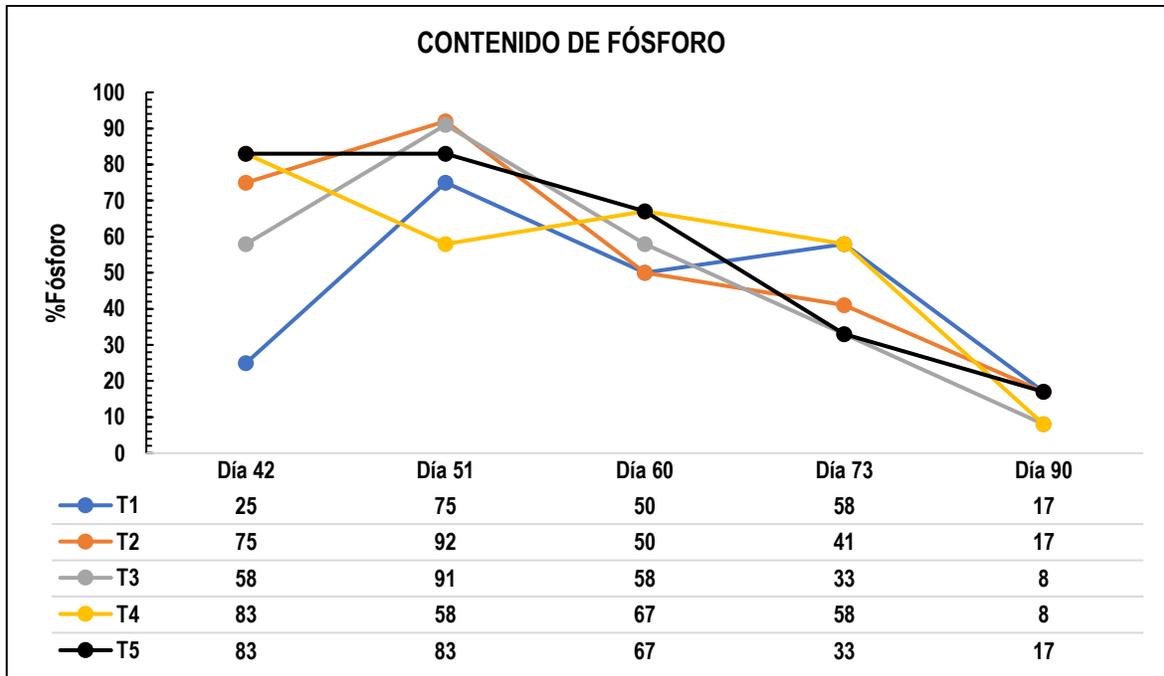


Gráfico 4.5. Evaluación del contenido de fósforo en el tiempo
Elaborado por: Hidalgo, K. (2019)

4.2.1.3. CONTENIDO DE POTASIO

De acuerdo con Cabrera y Rossi (2016) es importante determinar la cantidad de potasio disponible para las plantas, con la finalidad que puede ser utilizado no solo para mejora las condiciones del suelo, si no también, como fertilizante orgánico que aporta nutrientes esenciales para el desarrollo de los cultivos.

Cabrera y Rossi (2016) establecen que el comportamiento de este nutriente está relacionado con los procesos microbiológicos ya que realizan el intercambio de cationes y meteorización de la materia. En el gráfico 4.6 determina que en el primer día de monitoreo se obtuvo una concentración de potasio del 25% al 58% teniendo mayor concentración el T₁. En el día 51 los tratamientos T₁ y T₂ aumentaron su concentración (T₁=83% y T₂= 67%), de acuerdo con Hernández et al., (2008) el incremento de los niveles de nutrientes durante el proceso de compostaje se debe a la incorporación de componentes azucarados, siendo los microorganismos eficientes alimentados con melaza y su última aplicación en las pilas de compost

fue hasta el día 60, luego de esto la concentración comenzó a decaer dando valor final de (T₁:17%), (T₂:25%), (T₃:17%), (T₄:8%) y (T₅:8%).

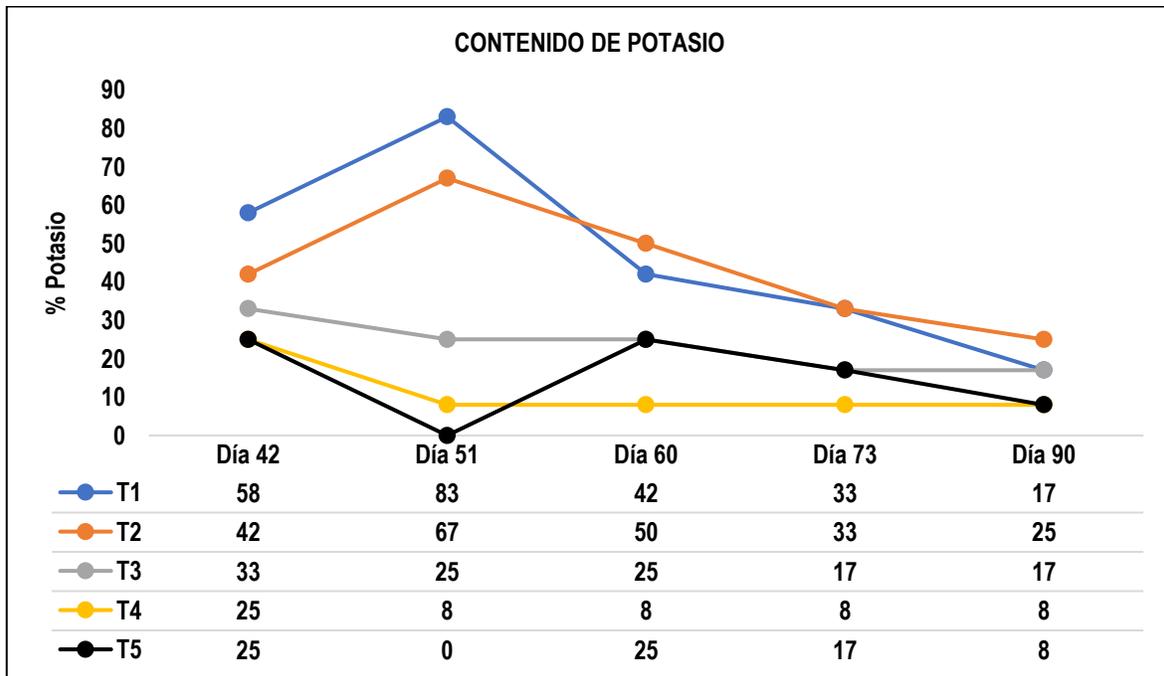


Gráfico 4.6. Evaluación del contenido de potasio en el tiempo
Elaborado por: Hidalgo, K. (2019)

En el tabla 4.7., se presenta la prueba de varianza ANOVA para las variables N-P-K, dado a que la prueba de significancia en cada tratamiento es menor a 0,05 la cual existe diferencia significativa en el contenido de nitrógeno y potasio (N-K), sin embargo, no existe diferencia significativa en cuanto al fósforo (P). Por lo tanto, se realiza la prueba significancia DUNCAN para Nitrógeno y Potasio.

Tabla 4.7.*Análisis de varianza de la variable N-P-K en función del tiempo*

Origen	Variable dependiente	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	Nitrógeno	5,657 ^a	8	,707	17,199	,000
	Fósforo	3,943 ^b	8	,493	14,765	,000
	Potasio	2,107 ^c	8	,263	5,538	,000
Intersección	Nitrógeno	16,568	1	16,568	402,993	,000
	Fósforo	20,541	1	20,541	615,293	,000
	Potasio	5,880	1	5,880	123,658	,000
Días	Nitrógeno	,595	4	,149	3,618	,010
	Fósforo	3,805	4	,951	28,494	,000
	Potasio	,545	4	,136	2,865	,030
Tratamientos	Nitrógeno	5,062	4	1,265	30,780	,000
	Fósforo	,138	4	,035	1,036	,395
	Potasio	1,562	4	,390	8,211	,000
Error	Nitrógeno	2,713	66	,041		
	Fósforo	2,203	66	,033		
	Potasio	3,138	66	,048		
Total	Nitrógeno	24,938	75			
	Fósforo	26,688	75			
	Potasio	11,125	75			
Total corregido	Nitrógeno	8,370	74			
	Fósforo	6,147	74			
	Potasio	5,245	74			

a. R al cuadrado = ,676 (R al cuadrado ajustada = ,637)

b. R al cuadrado = ,642 (R al cuadrado ajustada = ,598)

c. R al cuadrado = ,402 (R al cuadrado ajustada = ,329)

Elaborado por: Hidalgo, K. (2019)

En el tabla 4.8., se encontraron cuatro grupos homogéneos, sin embargo las medias muestran que el T₁ y T₃ son estadísticamente iguales, así mismo el T₂ y T₄, estos grupos no tiene diferencias entre sí. Sin embargo, los tratamientos T₄ y T₅ presentan diferencia significativa entre cada grupo.

Tabla 4.8.*Prueba de Duncan^a para la variable Nitrógeno en función de tratamientos*

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
T ₁ (100 Soca de maíz)	15	,1667			
T ₃ (50% Soca - 50% Estiércol)	15	,3333	,3333		
T ₂ (75% Soca - 25%Estiercol)	15		,3500		
T ₄ (25% Soca - 75% Estiércol)	15			,5833	
T ₅ (100% Estiércol)	15				,9167
Sig.		,059	,835	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Elaborado por: Hidalgo, K. (2019)

En el tabla 4.9., se encontraron dos grupos homogéneo donde indica que el T₄, T₅ y T₃ son estadísticamente iguales, así mismo el T₁ y T₂ son estadística homogéneos, esto significa que ambos grupos no tiene diferencia significativa entre sí. Tanto el fósforo como el potasio no son liberados a la atmosfera en forma de gas y por tal razón estos nutrientes tienden a concentrarse a medida que pase el tiempo hasta su etapa de maduración del compost (Galindo, Martínez y Estrada, 2018).

Tabla 4.9.
Prueba de Duncan^a para la variable Potasio en función de tratamientos

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
T ₄ (25% Soca - 75% Estiércol)	15	,1167	
T ₅ (100% Estiércol)	15	,1500	
T ₃ (50% Soca - 50% Estiércol)	15	,2333	
T ₂ (75% Soca - 25%Estiercol)	15		,4333
T ₁ (100 Soca de maíz)	15		,4667
Sig.		,195	,687

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Elaborado por: Hidalgo, K. (2019)

Durante el tiempo de experimentación, se observó que las variables N-P-K mantienen diferencias significativas con cada uno de los tratamientos (<0,05) sin embargo, hubo más homogeneidad en el N-K. El potasio presente dos subconjuntos de igualdad siendo los días 73 y 60, mientras que el nitrógeno presento una variación en el día 90 en cada tratamiento. El fósforo en función del tiempo presentó homogeneidad en los días 60 y 42 y su efecto fue diferente en cada tratamiento (tablas 4.10; 4.11; 4.12).

Tabla 4.10.*Prueba de Duncan^a para la variable Nitrógeno en función del tiempo*

Días	N	Subconjunto	
		1	2
Día 60	15	,3833	
Día 42	15	,4000	
Día 52	15	,4500	
Día 73	15	,4833	
Día 90	15		,6333
Sig.		,225	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,041.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15,000.

b. Alfa = ,05.

Elaborado por: Hidalgo, K. (2019)

Tabla 4.11.*Prueba de Duncan^a para la variable Fósforo en función del tiempo*

Días	N	Subconjunto			
		1	2	3	4
Día 90	15	,1333			
Día 73	15		,4500		
Día 60	15			,5833	
Día 42	15			,6500	
Día 52	15				,8000
Sig.		1,000	1,000	,321	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,033.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15,000.

b. Alfa = ,05.

Elaborado por: Hidalgo, K. (2019)

Tabla 4.12.*Prueba de Duncan^a para la variable Potasio en función del tiempo*

Días	N	Subconjunto	
		1	2
Día 90	15	,1500	
Día 73	15	,2167	,2167
Día 60	15	,3000	,3000
Día 42	15		,3667
Día 52	15		,3667
Sig.		,079	,089

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,048.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15,000.

b. Alfa = ,05.

Elaborado por: Hidalgo, K. (2019)

2.2.3. MEDICIÓN DEL ESTADO DE MADUREZ O TOXICIDAD DEL COMPOST

El índice de germinación o toxicidad del compost se lo analizó con semillas de rábano (*Raphanus sativus*) las mismas que fueron usadas en investigación realizadas por Conforme y Vera (2015) debido a que sus raíces se desarrollan más rápido. En esta investigación se evaluó el índice de germinación de esta semilla a los 120 días la cual se lo muestra en el siguiente gráfico 4.7:

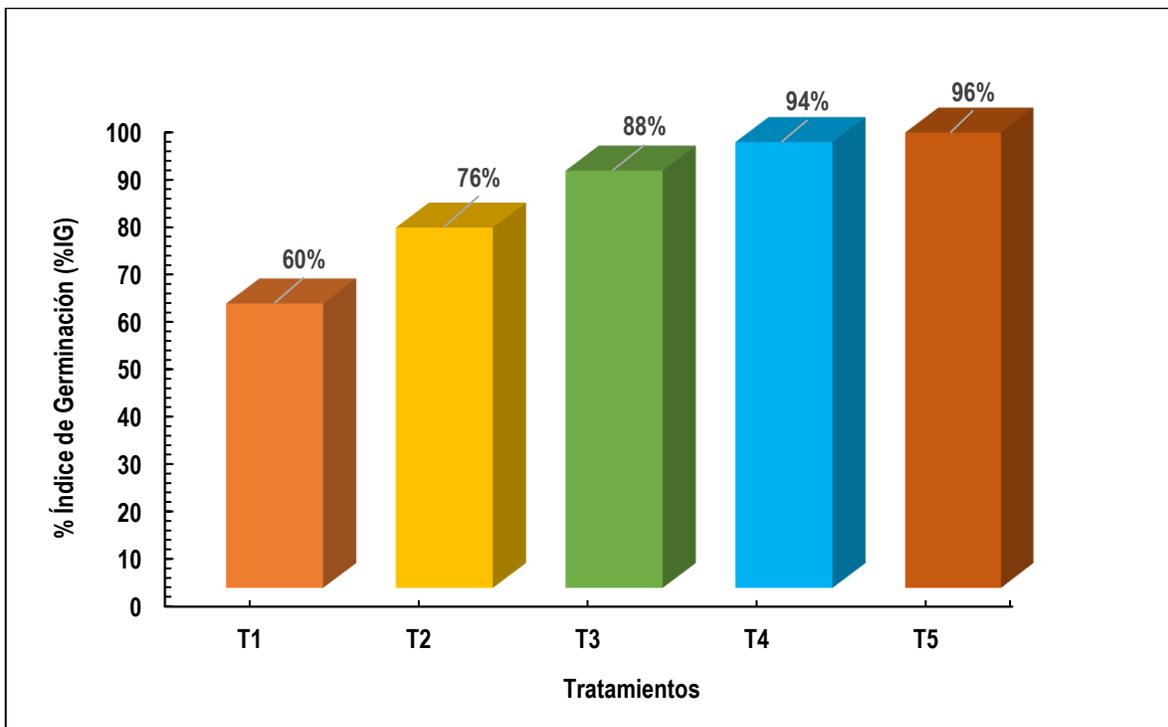


Gráfico 4.7. Índice de toxicidad del compost por el método de % de Germinación
Elaborado por: Hidalgo, K. (2019)

La toxicidad en el tratamiento T₅ el cual fue el testigo tuvo un índice de germinación del 96%. El tratamiento T₄ resulto la mezcla con mayor IG en comparación al testigo con un valor del 94%, de acuerdo a la normativa Nch2880, el IG debe ser superior al 90% la cual se determina que este tratamiento si cumple con lo establecido.

Otros autores mencionan que un $IG \geq 80\%$ indica la ausencia de sustancia fitotóxicas (Vanero, Galleguillos y Rojas 2011), indicando que el tratamiento T₃ tuvo un valor de IG del 88%. Lo que demuestra que en estos tratamientos si hubo una reducción significativa de metabolitos tóxicos para la geminación de semillas como

consecuencia de una biodegradación de acuerdo a estudios realizados por Contardi y Errasti, (2012).

Los tratamientos T₁ (60%) y T₂ (76%) tuvieron un bajo índice de IG, en los sustratos se encontraron fibras muy gruesas la cual no permitían retener la humedad y aún este material se encontraba en proceso de degradación donde existían sustancias fitotóxicas que no se metabolizaron completamente de acuerdo a estudios realizados por Conforme y Vera (2015).

4.2.4. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL COMPOST EN SU ESTADO DE MADUREZ

Tabla 4.13.
Análisis de los resultados bajo la norma Chilena NCh2880

Parámetros	Tratamientos					Limite norma Chilena NCh2880		Cumplimiento	
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	Clase A	Clase B	Clase A	Clase B
pH	8,82 _a	8,67 _a	8,38 _a	8,43 _a	8,2 _a	5,0 – 7,5	5,0 – 9	NC	C
Ce (dS/m)	1,5 _a	1,05 _b	1,2 _c	0,8 _d	1 _e	<3	<8	C	C
%MO	22,2 _a	46,6 _d	33,13 _c	29,53 _b	23,1 _a	≥45	≥25	NC	C
%C:N	8,67 _a	18 _b	15 _b	15,67 _b	14 _b	10 - 25	10 - 40	C	C
%N	1,6 _c	1,5 _{ab}	1,3 _{ab}	1,1 _{ab}	1 _a	≥0,8	≥0,6	C	C
%P	0,71 _b	0,69 _b	0,55 _a	0,50 _a	0,50 _a	≥ 1	≥ 1	C	NC
%K	3,6 _d	3,10 _c	2,35 _b	2,06 _a	1,89 _a	-	-	-	-
Cu (mg. Kg ⁻¹)	16,70 _a	24,87 _b	26,06 _b	25,66 _b	27,65 _b	<100	<1000	C	C
Zn (mg. Kg ⁻¹)	58,45 _a	97,72 _a	93,26 _a	86,37 _a	91,69 _a	<200	<2000	C	C
Pb (mg. Kg ⁻¹)	ND	ND	ND	ND	ND	<100	<300	C	C
Cd (mg. Kg ⁻¹)	0,41 _a	0,65 _b	0,72 _c	0,73 _c	0,81 _d	<2	<8	C	C
Cr (mg. Kg ⁻¹)	11,49 _a	18,57 _b	21,79 _{bc}	24,76 _c	25,37 _c	<120	<600	C	C

Observaciones: *ND= No detectado

C= Cumple con los límites establecidos; NC= No cumple con los límites establecidos

Valores dentro de las filas con igual letra no difieren estadísticamente ($p > 0,05$) según la prueba de Duncan.

Elaborado por: Hidalgo, K. (2019)

De acuerdo a los resultados reflejados en la tabla 4.13, se verificó que el contenido nutricional del compost de todos los tratamientos esta tipificados como Clase B,

cuyo producto presentan algunas restricciones para su uso, la cual requiere ser mezclado con otros sustratos para ser incorporados a la planta. Sin embargo, cada tratamiento obtuvo diferentes resultados en su contenido nutricional, debido a la diferencia de proporción en la mezcla C/N en los sustratos.

Potencial de Hidrógeno (pH)

Con respecto al potencial de hidrogeno, todos los tratamientos obtuvieron un pH final >8 que de acuerdo a la normativa Chilena Nch2880 este parámetro se lo clasifica en categoría B, ya que se encuentra dentro del rango entre 5 a 9 como lo exige la norma. Estudios realizados por Tituña, (2009), indica que en el proceso de maduración del compost el pH puede estar entre 8 y 9 debido a la disminución del CO_2 por la respiración de los microorganismos; y a la ausencia de ácidos orgánicos este parámetro se torna alcalino, siendo este un indicador en la evolución del pH.

De acuerdo a Posso, (2010) es un parámetro que está relacionado con la disponibilidad de nutrientes; con pH ácidos ($\text{pH}<6,5$) disminuye el contenido de fósforo, azufre, nitrógeno, molibdeno, calcio, potasio y sodio; mientras que a pH básicos ($\text{pH}>7,3$) disminuye la disponibilidad de fósforo y micronutrientes (Boro, Aluminio, Manganeso, Hierro, Cobre y Zinc).

Conductividad Eléctrica (CE)

La conductividad eléctrica, es la concentración de sales solubles presente en el sustrato, se recomienda según la normativa Nch2880 que sea menor a 3 dS/m, para clasificar en categoría A. Todos los tratamientos cumplen con lo establecido, pero a comparación del testigo (T_5) que obtuvo un valor de 1 dS/m, el T_2 (1,05 dS/m) y T_4 (0,8 dS/m) alcanzaron los valores más bajo; investigaciones realizadas por Barbaro, Karlanian y Mata (s.f.), recomienda una baja CE ya que facilita el manejo de la fertilización y evita problemas de toxicidad en el cultivo.

Materia Orgánica (MO)

La materia orgánica, mostró diferencias significativas ($p < 0,05$) en los tratamientos T₂ (46,6%), T₃ (33,1%) y T₄ (29,5%), teniendo el porcentaje más alto el T₂ con un valor de 46,6%, ya que la normativa indica que para un compostaje de clase A la MO debe ser mayor $\geq 45\%$. Cabrera y Rossi (2016) expresan que, a mayor contenido de materia orgánica que se incorpore al suelo, permite la activación de los microorganismos, mejora su estructura, la retención de agua, aireación y sirve como un regulador de temperatura.

Relación Carbono y Nitrógeno (C:N)

En la relación carbono y nitrógeno (C:N), el tratamiento T₁ (100% soca de maíz) presentó diferencia significativa ($p < 0,05$) con el valor más bajo (8,67%) entre los demás grupos; de acuerdo con la normativa este parámetro no debe bajar del 10% para clasificar en categoría A, esto se debe a que existe un déficit de materia nitrogenada (Cabrera y Rossi, 2016). La relación de carbono y nitrógeno apropiada para su aplicación en el suelo debe estar entre un rango del 15 al 25% lo que se considera un compost maduro (Isaza, et al., 2009). El T₂ (75% soca y 25 estiércol) presentó el valor más alto con un 18% en su mezcla y no muestra diferencia significativa ($p > 0,05$) al igual que los tratamientos T₃ (15%), T₄ (15,67%) y T₅ (14%).

Es muy importante la relación carbono y nitrógeno en los suelos ya que los microorganismos que actúan en la descomposición de la materia orgánica requieren carbono como fuente de energía y nitrógeno como intermediario para las síntesis de proteínas. Si existe un déficit de estos elementos las plantas no proveerán de suficientes nutrientes y el suelo puede perder su estructura (Constanza, Antolínez, Bohórquez y Corredor, 2015).

Nitrógeno Orgánico (N)

Los resultados encontrados en el parámetro de nitrógeno, todos los tratamientos superan los límites recomendados para un compost de clase A. El T₁ presentó diferencia significativa ($p < 0,05$) obteniendo el valor más alto en su concentración

con 1,6%, seguido del tratamiento T₂, con un valor de 1,5%. La incorporación de N orgánico es mineralizada por microorganismos del suelo en pocos meses, la cual conlleva a la productividad y sostenibilidad de los cultivos (Cerón y Aristizábal, 2012). De acuerdo a Forero, Fernández y Álvarez (2010) manifiestan que el efecto positivo de este nutriente es caracterizado por aumentar el sistema foliar de las plantas.

Fósforo Orgánico (P)

En la concentración de fósforo, se requiere para favorecer la formación de semillas, el desarrollo radicular, la fuerza de las pajas en los cereales y la maduración de los cultivos (Cerón y Aristizábal, 2012). Todos los tratamientos presentaron bajas concentraciones de P y de acuerdo a la normativa este parámetro debe ser mayor igual a 1% para un compost de clase A. Sin embargo, los tratamientos T₁ (0,71%), y T₂ (0,69%) presentaron los valores más altos y; ambos tratamientos no tuvieron diferencias significativas ($p > 0,05$) según la prueba de Duncan.

Potasio (K)

El potasio (K) actúa como regulador de crecimiento de los cultivos cuando el nivel de nitrógeno es alto, también activan enzimas y sintetizan proteínas (López, et al., 2011). El T₁ y T₂ mostraron diferencias significativas entre los demás ($p < 0,05$); el T₁ obtuvo el mayor valor de K con un valor de 3,6% seguido del T₂ con un valor de 3,10%. Conti, (s.f.) expresa que durante el período de crecimiento los cultivos absorben gran cantidad de K, la remoción de este nutriente en el suelo agota las reservas y reduce la productividad a largo plazo; según estudios realizados por Mikkelsen, (2008) el cultivo de maíz remueve alrededor de 8 kg/t de K.

Metales Pesados (MP)

La fijación de los metales pesados (MP) como el Cu, Zn, Pb, Cd, Cr, en el compost se debe a la composición de la materia orgánica utilizada, por medio de la formación de compuestos complejos minerales insoluble, como el carbonato y el calcio. El sector agropecuario son fuentes de contaminación por MP debido a factores como

el agua, plaguicidas, compost y fertilizantes que se acumulan en el suelo (Apaza, Mamani y Sainz, 2015).

La concentración de MP pueden resultar tóxicos para las plantas, de acuerdo al cuadro 4.9., todos los parámetros evaluados (Cu, Zn, Pb, Cd, Cr) se encuentran dentro de los límites según la normativa Nch2880. De acuerdo a los resultados los tratamientos T₁ tuvo menor porcentaje de Cu (16,70 mg. Kg⁻¹), Zn (58,45 mg. Kg⁻¹), Cd (0,41 mg. Kg⁻¹), Cr (11,49 mg. Kg⁻¹), esto es debido a que no posee ninguna mezcla, su contenido es 100% soca de maíz. También el tratamiento T₂ posee menor concentración de MP, con un valor de: Cu (24,87 mg. Kg⁻¹), Cd (0,65 mg. Kg⁻¹), Cr (18, 57 mg. Kg⁻¹), esta puede estar asociada a su contenido en la mezcla la cual fue de 75% de soca de maíz y 25% estiércol de bovino.

El tratamiento T₁ tuvo diferencia significativa en los parámetros Cu, Cd, Cr ($p < 0,05$) entre los demás tratamientos por poseer las menor concentraciones de MP, mientras que el tratamiento T₂ difirió estadísticamente en el parámetro Cd ($p < 0,05$). Rodríguez et al., (2012) manifiestan que estos metales no deben pasar por los límites máximos permisibles ya que estos se acumulan en los órganos comestibles de los cultivos, en cantidades perjudiciales pueden causar daño a la salud humana y una alternativa es usarlo en cultivos forestales y plantas ornamentales.

4.3. FASE III. SOCIABILIZACIÓN DE LOS RESULTADOS A LOS AGRICULTORES PRODUCTORES DE MAÍZ

4.3.1. SOCIALIZACIÓN Y APLICACIÓN DE ENCUESTAS A LOS ACTORES INVOLUCRADOS

Se realizó la sociabilización a 52 socios de la comunidad Balsa en Medio de la parroquia Quiroga del Cantón Bolívar (anexo 5), los cuales usan sus tierras para la siembra de maíz anualmente, es por tal razón que se aplicaron encuestas para tener conocimiento acerca del manejo durante la producción y la disposición final de los residuos del cultivo en mención:

A) Tipo de productos utilizados para fertilizar el cultivo de maíz

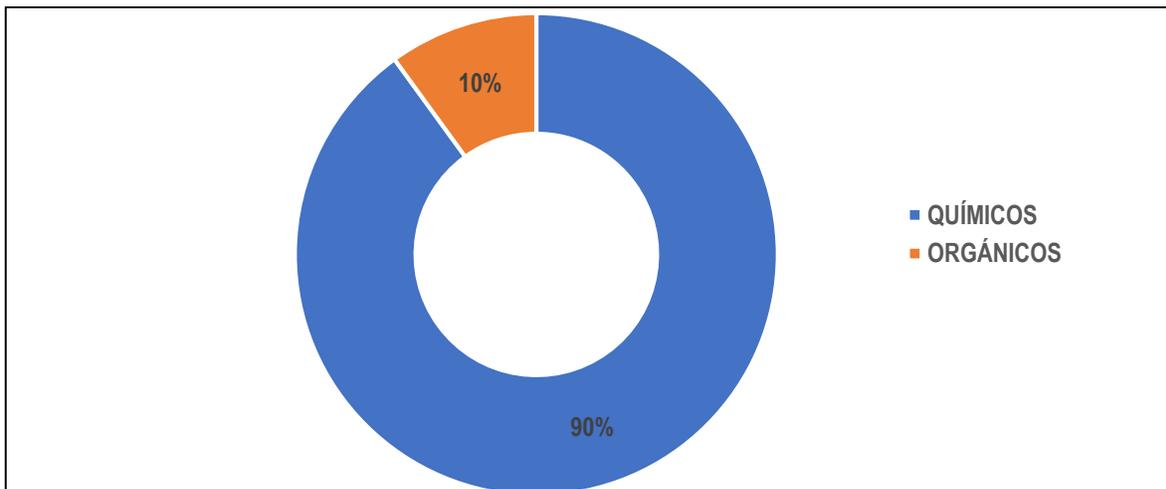


Gráfico 4.8. Tipo de productos utilizados para fertilizar el cultivo de maíz
Elaborado por: Hidalgo, K. (2019).

En el gráfico 4.8., refleja que, dentro de la comunidad balsa en medio el tipo de productos más utilizado en la fertilización de suelos es el de tipo químico, con el 90 % y solo un 10 % de forma orgánica. Larqué, Limón, Irizar y Días (2017) expresan que todos los suelos aportan nutrientes para la plantas pero en ocasiones contienen menor porcentaje de lo requerido, es por tal razón, que los agricultores se ven obligados a utilizar insumos químicos y así obtener mayor rentabilidad en su producción.

De acuerdo a Giraldo, (2018), existe una salida neta de nutrientes cuando se cosecha, lo cual puede dar como resultado un saldo negativo a la fertilización del suelo y esto puede conllevar al uso de productos químicos. Por lo anterior mencionado es necesario que los productores agrícolas incorporen nuevamente los nutrientes del suelo absorbido por la planta a través de la degradación de la materia orgánica.

B) Manejo en los residuos orgánicos de la cosecha del cultivo de maíz

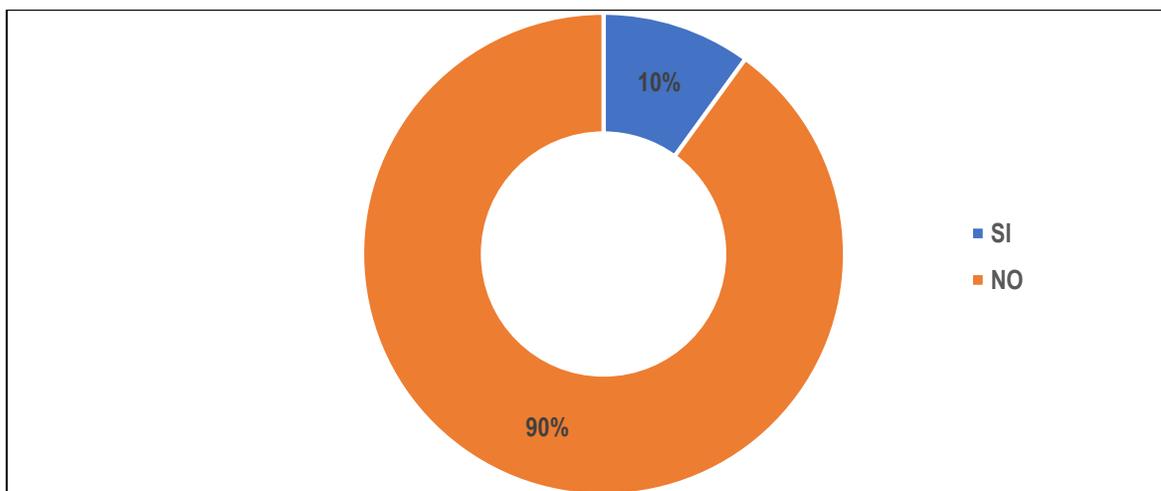


Gráfico 4.9. Manejo en los residuos orgánicos de la cosecha del cultivo de maíz
Elaborado por: Hidalgo, K. (2019).

En el gráfico 4.9., muestra que dentro del manejo de los residuos del cultivo de maíz alrededor del 10% de las personas los usan para alimentación animal o son dejados en el campo hasta que se degrade la materia, y el 90% de las personas no realizan ningún manejo del manejo de las socas de maíz llegando a convertirse en un problema para el agricultor de la comunidad Balsa en Medio y realizando como medida tradicional la quema a cielo abierto, según Chávez y Rodríguez (2016) esta actividad provoca con ello contaminación por la generación de gases de efecto invernadero y quemando muchos microorganismos que habitan en el suelo y favorecen a la aportación de nutriente al mismo.

La quema de biomasa residual es considerando una fuente importante de dioxinas, esto gracias a la utilización de plaguicidas que son adsorbidas por las hojas y tallos de las plantas. Esta incrementa su concentración a través de la ceniza en el suelo y nuevamente regresan a la planta, ya que estas son persistente y permanecen en el medio ambiente por largos periodos afectando a la salud humana y animal (CCA, 2014).

C) Conocimientos básicos sobre la elaboración de productos orgánicos en la comunidad Balsa en Medio

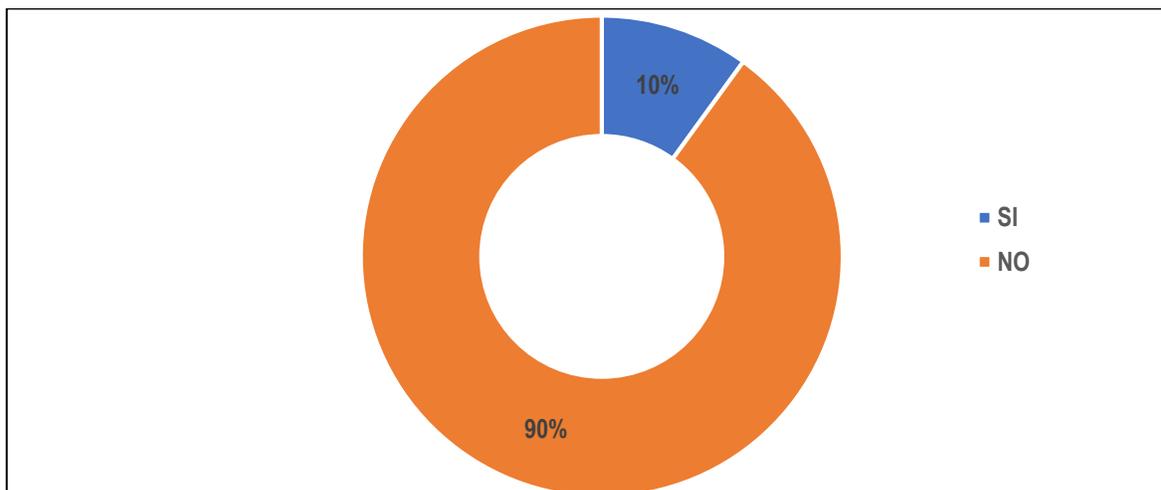


Gráfico 4.10. Conocimientos básicos sobre la elaboración de productos orgánicos en la comunidad Balsa en Medio
Elaborado por: Hidalgo, K. (2019).

En el gráfico 4.10., presenta que alrededor del 90% de las personas encuestadas en la Comunidad Balsa en Medio manifiestan no tener conocimientos básicos para la elaboración de productos orgánicos esto supone a la no socialización oportuna o capacitación de nuevas formas de producción en sus cultivos y sobre todo se evidencia la falta de personal técnico que permita una educación más eficaz mientras que el 10% efectúa prácticas en la elaboración de abonos orgánicos en donde han manifestado que fueron aprendizajes realizados en el Colegio Fiscal Técnico Agropecuario “Dr. Wilfrido Looz Moreira” en la parroquia Quiroga.

Una de las herramientas más importante para mitigar impactos ambientales provocados por los sectores productores de alimentos es la educación ambiental, esta pretende buscar nuevas alternativas de producción de alimentos más sostenibles con el ambiente; en aprender usar los residuos de cosecha como materia prima para la elaboración de abonos orgánicos que contribuyan a obtener bajos porcentaje de sustancias químicas en los alimentos (Arévalo, Chacón y Pastas, 2016).

D) Uso de abonos orgánicos en los cultivos para ayudar a su desarrollo

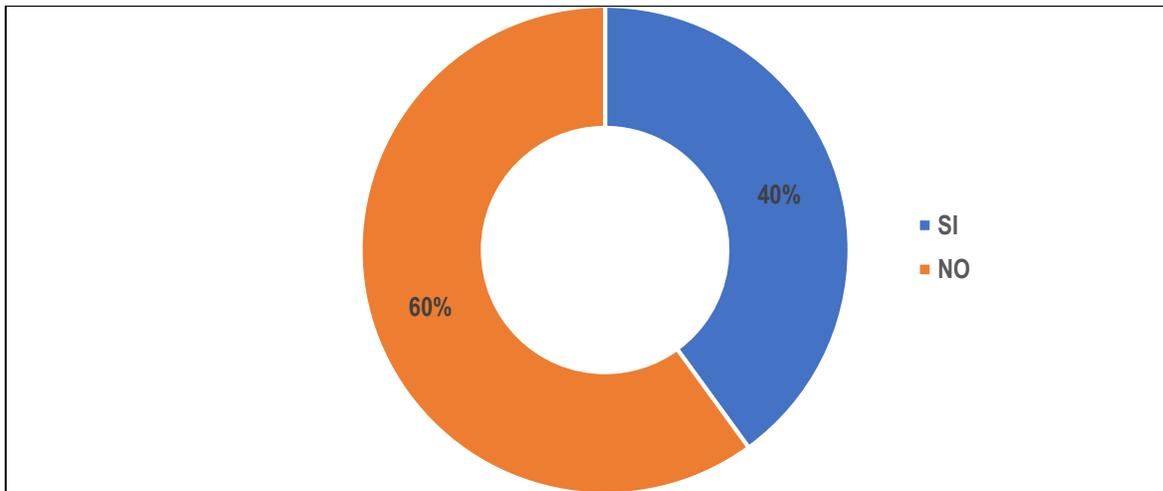


Gráfico 4.11. Uso de abonos orgánicos en los cultivos para ayudar a su desarrollo
Elaborado por: Hidalgo, K. (2019).

De acuerdo a las encuestas en la comunidad Balsa en Medio en el gráfico 4.11., refleja que el 60% ha usado abonos orgánicos en sus cultivos haciendo énfasis en diversas fases durante la producción de maíz, sin embargo, esto se lo realiza en menor proporción y secuencia manifestando que esta técnica es más lenta en su producción, y los agricultores buscan producir más en el menor tiempo posible.

En los últimos años se incrementa la demanda de producir alimentos de forma orgánica, debido a que mejoran las características cualitativas de los vegetales consumidos por el hombre. Por tal razón es de importancia incrementar el conocimiento acerca de la producción orgánica para minimizar la contaminación en los alimentos a través del uso de fertilizante y fomentar el reciclaje eficiente de los desechos orgánicos (Rodríguez, et al., 2009).

E) Disponibilidad en realizar abonos orgánicos a partir de los residuos de los cultivos de maíz

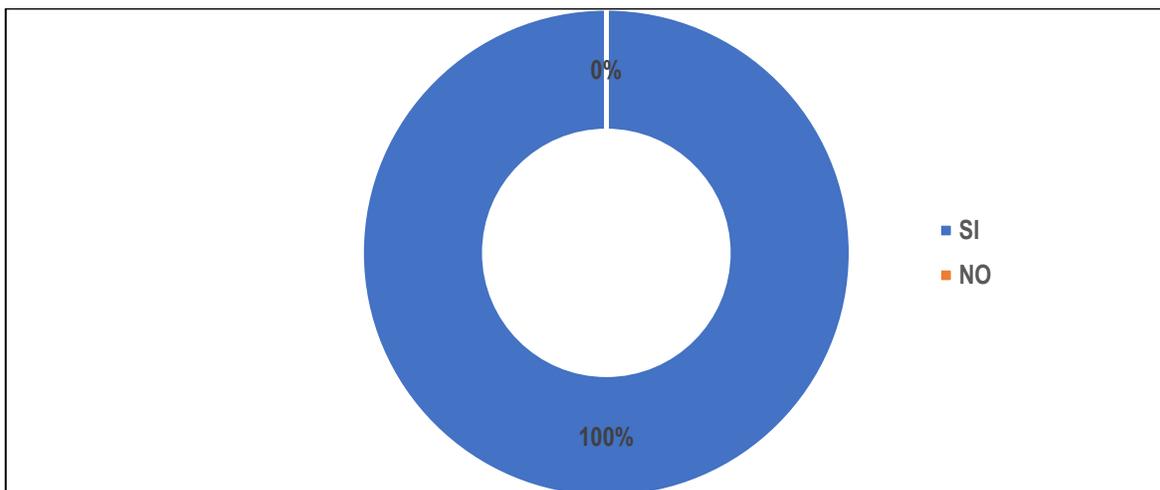


Gráfico 4.12. Disponibilidad en realizar abonos orgánicos a partir de los residuos de los cultivos de maíz
Elaborado por: Hidalgo, K. (2019).

En el gráfico 4.12., muestra que el 100% de los encuestados afirma su interés en participar en acciones y/o procesos para realizar abonos orgánicos a partir de los residuos, porque desconocen la forma de utilizarlos llevando a cabo la quema a cielo abierto que contribuye con el cambio climático, ya que entre los compuestos emitidos se encuentran los gases de efecto invernadero.

F) Participación de proyectos en la elaboración de abonos orgánicos para ser comercializados

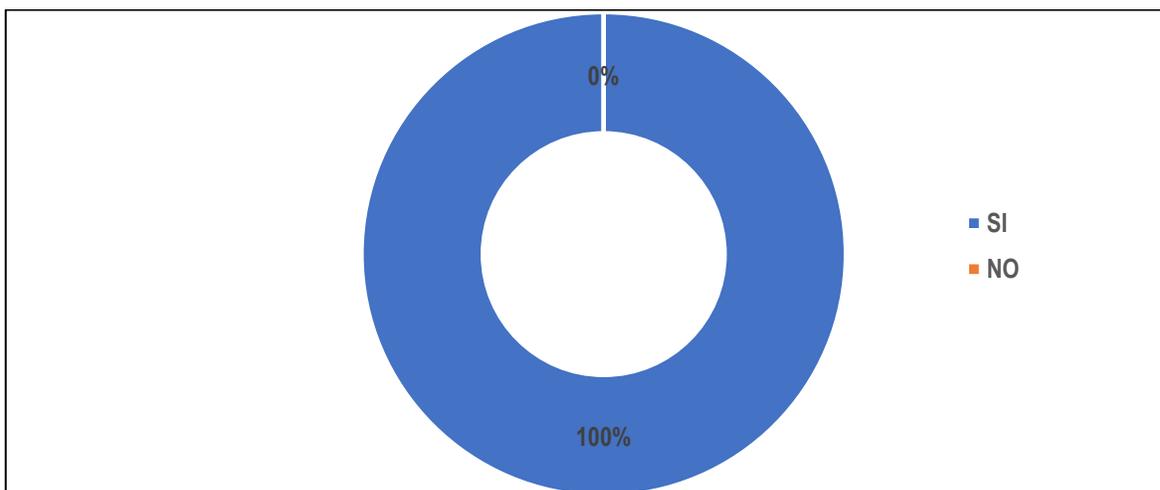


Gráfico 4.13. Participación de proyectos en la elaboración de abonos orgánicos para ser comercializados
Elaborado por: Hidalgo, K. (2019).

En el gráfico 4.13., indica que el 100% de los encuestados afirman tener un interés en la participación de proyectos de vinculación con la ESPAM MFL para cambiar la cultura en torno a la disposición final de los residuos de cultivo de maíz para ello se pretende llevar a cabo acciones participativas en las comunidades del cantón Bolívar con la finalidad de dar un valor agregado a la economía de las familias que forman parte de ella.

Acosta, López y Coronel (2017) expresan que la demanda del consumo de productos orgánicos ha crecido a nivel mundial y aún más en los países desarrollados. Esta producción ha ido incrementando permitiendo ingresar más participante al mercado; en el año 2015 se estimó 50,9 millones de hectáreas dedicadas al cultivo orgánico, todo esto ha logrado que 87 países en el mundo, incluido Ecuador, tengan su legislación propia con respecto en la producción y comercialización de productos orgánicos.

G) Interés por capacitaciones y prácticas para la elaboración de abonos orgánicos

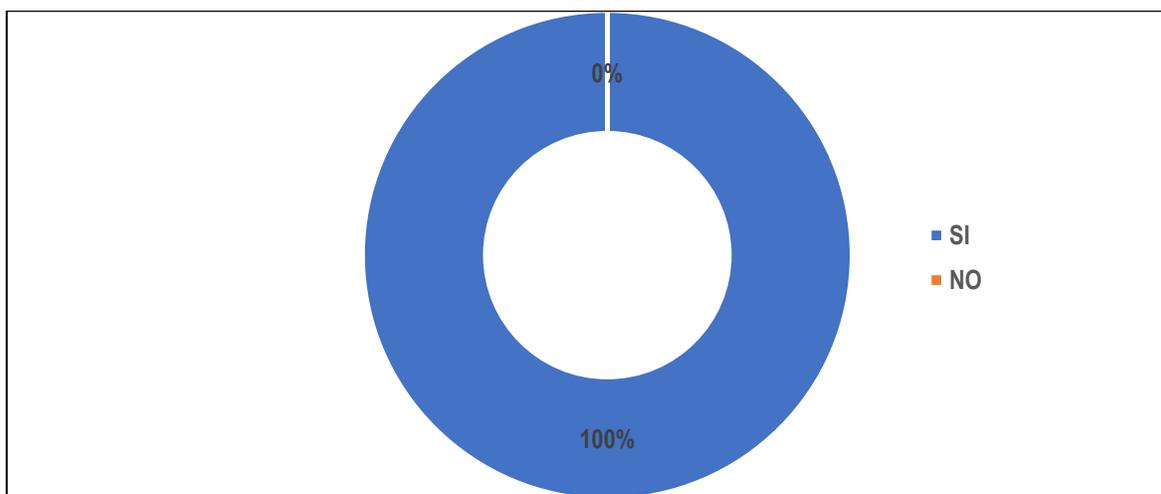


Gráfico 4.14. Interés por capacitaciones y prácticas para la elaboración de abonos orgánicos
Elaborado por: Hidalgo, K. (2019).

En el gráfico 4.14., indica que el interés por capacitaciones y prácticas in situ forma parte del 100% de las personas encuestadas para elaborar abonos orgánicos, así como la predisposición de que la ESPAM MFL forme parte del eje vinculante y se

encargue de formar a través de las comunidades fomentar las buenas prácticas ambientales.

4.3.2. MANUAL PARA LA ELABORACIÓN DEL COMPOST A PARTIR DE RESIDUOS DE LA SOCA DE MAÍZ (*Zea mays L.*)

Se entregaron manuales de buenas prácticas para la elaboración de compostaje a partir de residuos de maíz (anexo 4), con el fin de mitigar impactos ambientales y fomentar a la comunidad en dar un valor agregado a los residuos de sus cultivos como alternativa sostenible en sus actividades agropecuarias.

La FAO (2015) establece que las prácticas agrícolas sostenibles minimizan la presión sobre los recursos naturales, reduce el uso de insumos nocivos para el ambiente. Al mismo tiempo, los riesgos ambientales, provocados por el cambio climático, y el aumento de la resiliencia, la cual son esenciales para garantizar los sistemas de vida rurales y urbanos.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- El T₂ durante el proceso de degradación de la materia orgánica mostró mayor temperatura al inicio del proceso, presentó diferencia significativa entre los tratamientos. Los parámetros de pH y CE, en todos los tratamientos cumplieron con los límites máximos permisibles y no hubo diferencia significativa entre ellos, siendo el T₄ la mezcla con menor valor de pH y CE mientras el T₂ presentó el mayor valor.
- Las diferentes dosis de estiércol en el compost producido a partir de los residuos de la soca de maíz influyó significativamente en la concentración de nitrógeno y potasio, existiendo una variabilidad en el tiempo de compostaje en cada tratamiento. Mientras que el fósforo no presentó diferencia significativa en cada tratamiento durante el análisis. Los tratamientos T₁ (60%) y T₂ (76%) tuvieron un bajo índice de germinación IG, mientras el T₃ y T₄ presentaron IG mayor al 80%.
- Se estableció que los tratamientos de acuerdo a la normativa chilena de calidad de compost (Nch2880) están tipificados en clase B, sin embargo, en el tratamiento T₂ la mezcla con mayor concentración de carbono cumple con todas las expectativas de los límites máximos permisibles y es el tratamiento con mayor concentración en macronutrientes (MO, C:N, N, P, K) esenciales para el desarrollo de los cultivos y menor concentración de metales pesados (Cu, Zn, Pb, Cd, Cr), seguido del tratamiento T₁.
- Se realizó la sociabilización a la comunidad Balsa en Medio presentando un manual para la elaboración del compost a partir de residuos de la soca de maíz (*Zea mays L.*), mostrando medidas para buenas prácticas de aprovechamiento de residuo de maíz

5.2. RECOMENDACIONES

- Se debe tener en cuenta el tamaño de la pila de compostaje, de esto depende el tiempo de degradación de la materia orgánica. También se debe considerar la dosis de microorganismos eficientes que se usó en el ensayo como inoculante para la degradación de la materia orgánica en menor tiempo.
- Seguir con la investigación para evaluar cada uno de los tratamientos del compost en el crecimiento y producción de cultivo de maíz, así incorporar estos residuos como parte de la economía circular dentro de los sectores de producción.
- Continuar con la sociabilización y visitas técnicas a comunidades, donde permita que estos proyectos sean económicamente viables en su producción agrícola, tecnológicamente aplicables, ambientalmente sustentables y socialmente aceptables.
- Realizar alianzas estratégicas con organismos nacionales para llevar a cabo la implementación de una planta para el procesamiento de los residuos sólidos vegetales para la elaboración de compost en los sectores productores de maíz.

BIBLIOGRAFÍA

- Ahumada, C. (2005). Tesis de Grado. Evaluación de los efectos de la pluviometría en pilas de Compostaje de Residuos Sólidos. Universidad de Bio-Bio, Facultad de Ingeniería Civil, Concepción, Chile. . (En línea). Ch. Consultado el 20 de dic. del 2018. Formato PDF. Disponible en: http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/2085/1/Ahumada_Mercado_Carlos_Eduardo.pdf
- Alonso, A. (2011). El olivar ecológico. Sevilla: Consejería de Agricultura y Pesca. *Mundi-prensa*. Pp. 132
- Álvarez, J. (s.f). Manual de compostaje para agricultura ecológica. (En línea). Ch. Consultado el 20 de dic. del 2018. Formato PDF. Disponible en: http://www.ciencias-marinas.uvigo.es/bibliografia_ambiental/agricultura_ecologica/Manual%20compostaxe.pdf
- Apaza, E; Mamani, F; Sainz, H. (2015). Evaluación de metales pesados en el proceso de compostaje orgánico de residuos de hojas de coca. *Bo. Rev. J Selva Andina Biosph.* 3(2): 95-102
- Ashqui, A y Cedeño, P. (2018). Aprovechamiento de lodos de perforación generados por actividad minera en la parroquia palo quemado provincia Cotopaxi para la elaboración de compost. (En línea). Formato PDF. Disponible en: repositorio.esпам.edu.ec
- Baltonado, P. (2002). Determinación de la calidad microbiológica del abono orgánico bochashi durante el proceso de fabricación y almacenamiento. (En línea). Formato PDF. Obtenido de: <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/1013/1/21346.pdf>
- Barbaro, L; Karlanian, M y Mata, D. (s.f.). Importancia del pH y la conductividad eléctrica en los sustratos para plantas. (En Línea). Ar. Formato PDF. Obtenido de: <https://inta.gob.ar>
- Behrentz, E y Giraldo, E. (1999). Modelación a escala del proceso de compostaje aerobio, en pila estática y con aireación forzada desarrollo teórico e implementación de laboratorio. *Revista Colombiana de Biotecnología*. Pp. 51-59
- Bernal Marlen. (2004). Abuso de fertilizantes deteriora los suelos agrícolas - FEB. 21, 2004 - Agropecuario - Historicos - EL UNIVERSO [El Universo]. Obtenido en: <http://www.eluniverso.com/2004/02/21/0001/71/0F85897C69864D6494556E6266C3B579.html>.

- Bohórquez, A; Puentes, Y Menjívar, J. (2014). Evaluación de la calidad del compost producido a partir de subproductos agroindustriales de caña de azúcar. Co. *Rev. Corpoica Cienc. Technol. Agropecu.* Volumen 15(1) pp. 73-81
- Botero, J. (2017). Transformación de residuos agrícolas y pecuarios en compost en los municipios de san vicente del caguán- caquetá y belloantioquia. Co. (En línea). Formato PDF. Obtenido de: http://ridum.umanizales.edu.co:8080/jspui/bitstream/6789/3209/2/Tesis_David_Bola%C3%B1os%20y%20Juan_Botero.pdf
- Brandenberger, L; Bowser, T; Zhang, H; Carrier, & Payton, M. (2016). Evaluation of Testing Kits for Routine Soil Analyses. Statistics, Oklahoma State University, Stillwater. *Revista Discourse Journal of Agriculture and Food Sciences.* ISSN: 2346-7002. Vol. 4(1): 1-10
- Cabrera, V y Rossi, M. (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. Lima-Perú. (En línea). Formato PDF. Obtenido de: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2251/Q70-C32-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chávez, Á y Rodríguez, A. (2016). Aprovechamiento de residuos orgánicos agrícolas y forestales en Iberoamérica. *Revista Academia y Virtualidad*, 9, (2), 90-107
- Chandler, C; Ferrer, J; Mármol, Z; Páez, G; Ramone, E y Perozo, R. (2008). Efecto de la aireación en el compost del bagacillo de la caña de azúcar. Venezuela. *Rev. Multiciencias*, Vol. 8, num. 1, pp. 19-27
- Cerón, L y Aristizábal, F. (2012). Dinámica del ciclo del nitrógeno y fósforo en suelos. *Revistas Colobiana de Biotecnología*. Vol. XIV, num. 1. Pp 285-295. ISSN: 0123-3475
- Comisión para la Cooperación Ambiental, CCA (2017), Caracterización y gestión de los residuos orgánicos en América del Norte, informe sintético, Comisión para la Cooperación Ambiental, Montreal, 52 pp. ISBN: 978-2-89700-232-9
- Conforme, A y Vera, B. (2015). Evaluación de un inoculante microbiano nativo, en el proceso de compostaje de residuos agropecuarios fibrosos. (En línea). Ec. Formato PDF. Obtenido de: <http://repositorio.espam.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/42000/224/TMA72.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Conti, M. (s.f.). Dinámica de la liberación y fijación de potasio en el suelo. (En línea). Ar. Formato PDF. Obtenido de: [http://lacs.ipni.net/0/C2645DDD711C34D303257967007D6ED5/\\$FILE/AA%](http://lacs.ipni.net/0/C2645DDD711C34D303257967007D6ED5/$FILE/AA%)

204.pdf

- Contrera, B. (2004). Diseño de una unidad de compostaje de residuos orgánicos como parte de una estación experimental de agricultura orgánica. Ch. En línea). Formato PDF. Obtenido de: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2004/fac764d/doc/fac764d.pdf>
- Contardi, L y Errasti, A. (2012). Evolución de la temperatura en pilas de compostaje de reiduos agroforestales. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. (En línea). Ar. Formato PDF. Obtenido de: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/26668/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Consejo Nacional de Planificación (CNP). (2017). Plan Nacional de Desarrollo “Toda una Vida” 2017-2021. (En línea). Ec. Formato PDF. Obtenido de: http://www.planificacion.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2017/10/PNB-V-26-OCT-FINAL_OK.compressed1.pdf
- Constanza, L; Antolinez, D; Bohórquez, J y Corredor, A. (2015). Bacterias anaerobias: proceso que realizan y contribuyen a la sostenibilidad de la vida en el planeta. Co. *Rev. NOVA*. 13 (23): 55-81
- Delgado, C. (2017). Inventario De Subproductos De Cultivos Tropicales En La Provincia De Manabí, Ecuador. Trabajo De Fin De Master. Universidad De Córdoba, Es.
- Environmental Protection Agency-EPA (2014). “Municipal Solid Waste Generation, Recycling, and Disposal in the United States: Facts and Figures for 2012”. Recuperado de www.epa.gov/wastes/nonhaz/municipal/pubs/2012_msw_fs.pdf
- Escobar N., Mora, J., & Romero Jola, N. (2013). AGRONOMIC RESPONSE OF Zea mays L. And Phaseolus vulgaris L. TO COMPOST FERTILIZATION. *Luna Azul*, (37), 18-29
- Espaliat, M. (2017). Economía circular y sostenibilidad. Nuevos enfoque para la creación de valor. (En línea). Formato PDF. Obtenido de: <http://www.miesesglobal.org/wp-content/uploads/2018/07/ECONOMIA-CIRCULAR.pdf>. ISBN 13: 978-1548165543
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. FAO, (2013). Manual de compostaje de la agricultura. (En línea). Formato PDF. Obtenido de: <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>
- _____, (2015). Agricultura sostenible. Una herramienta para fortalecer la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe. (En línea). Formato PDF. Obtenido de: <http://www.fao.org/3/a-i5754s.pdf>

- Faber, B; Downer, J; Holstege, D; & Mochizuki, M. (2007). Accuracy Varies for Commercially Available Soil Test Kits Analyzing Nitrate–Nitrogen, Phosphorus, Potassium, and pH. *Rev. Hardtechnology*. Vol. 17(3). Pp. 358-362.
- Forero, F; Fernández, J y Álvarez, J. (2010). Efecto de diferentes dosis de cachaza en el cultivo de maíz (*Zea mays*). *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.* 13 (1): 77-86
- Gordillo, F y Chávez, E. (2010). Evaluación comparativa de la calidad del compost producido a partir de diferentes combinaciones de desechos agroindustriales azucareros. (En línea). Ec. Formato PDF. Obtenido en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/9112/1/Evaluaci%C3%B3n%20Comparativa%20de%20la%20calidad%20del%20compost.pdf>
- Gordillo, F; Peralta, E; Chávez, E; Contreras, V; Campuzano, A y Ruiz, O. (2011). Producción y evaluación del proceso de compostaje a partir de desechos agroindustriales de *Saccharum officinarum* (caña de azúcar). *Ar. Rev. RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias*. vol. 37, núm. 2. Pp. 140-149
- Galindo, L; Martínez, J y Estrada, G. (2018). Compostaje enriquecido con fósforo como método de reaprovechamiento de los residuos orgánicos. *Co. Rev. PRO SCIENCES: revista de producción, ciencias e investigación*. Vol. 2. N. 11. Pp: 7-15. E-ISSN: 2588-1000.
- Hernández, O; Hernández, A; Rivera, C; Arras, A; & Ojeda, D. (2013). Calidad nutrimental de cuatro abonos orgánicos a partir de residuos vegetales y pecuarios. *Revista Terra Latinoamericana*. Chapingo, México. Vol, 31. Número, 1. Pp., 35-46. E-ISSN: 2395-8030
- Hernández, G; Salgado, S; Palma, D; Lagunes, L; Castelán, E y Ruiz, O. (2008). Vinaza y composta de cachaza como fuente de nutrientes en caña de azúcar en un gleysol mólico de Chiapas, Mexico. *Revista, Interciencia*. V 33. N 11. ISSN 0378-1844
- Isaza, G; Perez, M; Laines, J y Castañón, G. (2009). Comparación de dos técnicas de aireación en la degradación de la materia orgánica. Villahermosa, México. *Universidad y Ciencia*, vol. 25, núm. 3
- Julca, A; Meneses, L; Blas, R y Bello, S. (2006). La materia organica importancia y experiencias de su uso en la agricultura. IDESIA (Chile). Volumen 24, N° 1. Pp. 49-61
- Labrador, J. (1996). *La Materia orgánica en los agros sistemas: Aproximación al conocimiento de la dinámica, la gestión y la reutilización de la materia orgánica en los agros sistemas*. Madrid. Mundi - Prensa Libros. 293 p.

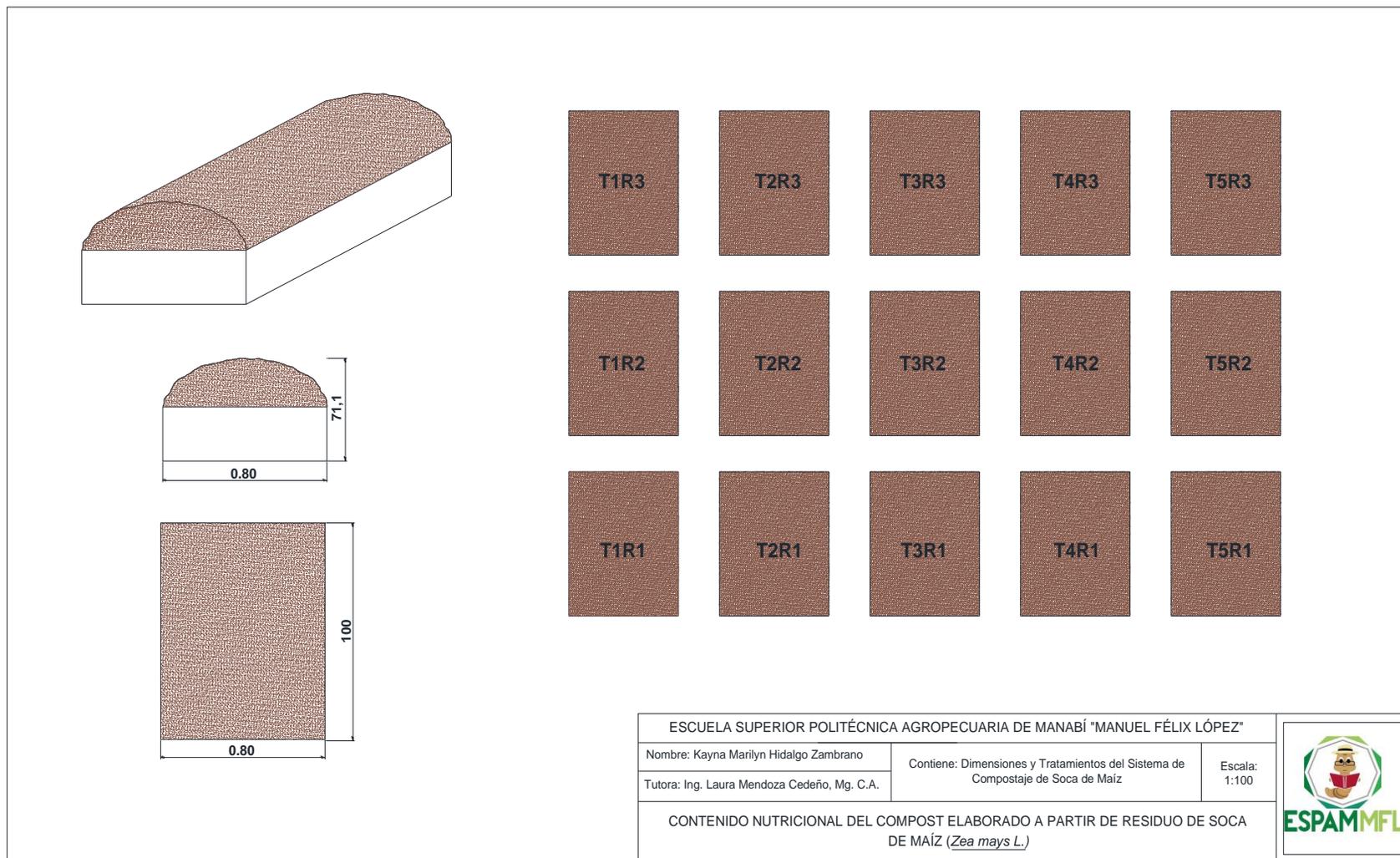
- López, P; Cano, A; Rodriguez, G; Torres, N; Rodriguez, S y Rodriguez, R. (2011). Efecto de diferentes concentraciones de potasio y nitrógeno en la productividad de tomate en cultivo hidropónico. *Mex. Rev. Tecnociencia Chihuahua*. Vol. 5(2). Pp 98-104
- Mathur, P. (1991). Composting processes. *Essex. Elsevier Science*. Volume 8. 1st Edition pp. 147 – 183. **ISBN:** 9780080545981
- Mikkelsen, R. (2008). Managing Potassium for organic crop production. *Better crop with plant food*. 92(2): 26-29
- Mollinedo, Z. (2009). Determinación de la calidad de compost, elaborado a partir a partir de residuos sólidos orgánicos en el municipio de puerto mayor Carabuco, provincia Camacho. (En línea). Bo. Formato PDF. Obtenido en: <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/5011/T-1335.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Naranjo, E. (2013). Aplicación de microorganismos para acelerar la transformación de desechos orgánicos en compost. (En línea). Ec. Formato PDF. Obtenido en: <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/5310/1/Tesis52%20%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20173.pdf>
- Navia, C; Zemanate, y Morales, S; Prado, F y Lopez, N. (2013). Evaluación de diferentes formulaciones de compostaje a partir de residuos de cosecha de tomate (*Solaum lycopersicum*). *Co. Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. Edición Especial No. 2. Páginas 165 - 173
- Norma Chilena NCh2880, (2003). Compost-Clasificación y Requisito. (En línea). Ch. Formato PDF. Obtenido en: <http://www.ingeachile.cl/descargas/normativa/agricola/NCH2880.pdf>
- Ortiz, M. (2015). Determinación de la influencia de la aplicación de diferentes dosis de estiércol de ganado vacuno en la producción de compost a partir de cáscara de cacao (*Teobroma cacao* L). (En línea). Ec. Formato PDF. Obtenido en: http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/382/TECO_10.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Paradelo, R; Moldes, A; Prieto, B.; Sandu R.; Barral, M. (2010). Can stability and maturity be evaluated in finished composts from different sources? *Compost Sci. Util.* 18: 22-31.
- Prado, M; Anzaldo, J; Becerra, B y Palacios, H. (2012). Caracterización de hojas de mazorca de maíz y de bagazo de caña para la elaboración de una pulpa celulósica mixta. *Madera y Bosques*. Xalapa, México. Vol. 18, núm. 3, 2012, pp. 37-51

- Posso, J. (2010). Evaluación de diferentes dosis de compost y lombricompost aplicado al suelo de vivero de palma aceitera (*Elaeis guineensis*). Co. (En línea). Formato PDF. Obtenido en: <http://bdigital.unal.edu.co/2728/1/juliocesarpossoagudelo.2010.pdf>
- Lindell, L. y Astrom, L. (2015). Los efectos de la agricultura de tala y quema sobre la fertilidad de los suelos de la amazonia subandina, Perú. Universidad de Pure y aplicado en Natura Sciences, SE-391 82 Kalmar, Suecia. Obtenido de: www.skb.se/aspoiresearch/wp-content/uploads/2015/06/02_1-Resumen.pdf
- Ramos, D & Terry, E. (2014). Generalidades de los abonos orgánicos: importancias del bocashi como alternativa nutricional para suelo y plantas. *Cultivos Tropicales*, 2014, vol. 35, no. 4, pp. 52-59. ISSN digital: 1819-4087
- Reisenauer, H.M. (1978). Soil and plant tissue-testing in California. *Div. Agr. Sci., Univ. Calif. Bul.* 1879.
- Román, P; Martínez, M y Pantoja, A. (2013). Manual de compostaje del agricultor, experiencias en América Latina. (En línea). Ch. Formato PDF. Obtenido en: <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>. ISBN 978-92-5-307844-8
- Rodríguez, M; Muñiz, O; Calero, B; Montero, A; Martínez, F; Limeres, T; Montaa, M y Aguilar, A. (2012). Contenido de metales pesado en abonos orgánicos, sustratos y plantas cultivadas en organopónicos. Cu. *Rev. Cultivos Tropicales*. Vol. 33. No. 2 . pp 5-12. ISSN 1819--4087
- Ruiz, D. (2016). Estudio fisicoquímico del suelo del sistema de andenería del centro poblado cacra, provincia de Yauyos, Lima. (En línea). Pe. Formato PDF. Obtenido en: <http://tesis.pucp.edu.pe>
- Silava, J; López, P y Valencia, P (s.f.). Recuperación de nutrientes fase sólida a través del compostaje. (En línea). Formato PDF. Recuperado de: <http://www.bvsde.paho.org/bvsars/fulltext/compostaje.pdf>
- Sztern y Pravia, (s.f). Manual para la elaboración de compost base conceptuales y procedimientos. (En línea). Formato PDF. Recuperado de: <http://www.ingenieroambiental.com/newinformes/compost.pdf>
- Tituña, B. (2009). Elaboración de compost mediante la inoculación de tres fuentes de microorganismos a tres dosis. Tbacundo, Pichincha. Ec. (En línea). Formato PDF. Recuperado de: https://www.soiltechcorp.com/images/uploads/product_PDFs/Composting_Flower_Waste_2%28Spanish%29.pdf

- Uribe, J; Estradas, M; Córdoba, S; Hernández, E y Bedoya, D. (2001). Evaluación de los Microorganismos eficaces (E.M) en producción de abono orgánico a partir del estiércol de aves de jaula. Medellín-Colombia. *Revista Col Cienc Pec*. Vol. 14: 2. Pp: 164-172.
- Vásquez, D. (2008). Producción y evaluación de cuatro tipos de bioabonos como alternativa biotecnológica de uso de residuos orgánicos para fertilizante de pastos. (En línea). Formato PDF. Obtenido de: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1503/1/17T0873.pdf>
- Varnero, M; Rojas, C y Orellana, R. (2007). Índice de fitotoxicidad en residuos orgánicos durante el compostaje. *Rev. Ciencia del suelo y nutrición vegetal*. Vol. 7. N 1. Temuco. ISSN 0718-2791
- Vanero, M; Galleguillos, K y Rojas, R. (2011). Sistemas de compostajes para el tratamiento de Alperujo. (En línea). Formato PDF. Obtenido de: <http://www.scielo.cl/pdf/infotec/v22n5/art07.pdf>
- Vega, J (2016). Evaluación de microorganismos nativos en el proceso de degradación de materia orgánica en compostaje del relleno sanitario en el gad del cantón de la joya de los sachas. (En línea). Formato PDF. Obtenido de: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4949/1/236T0199.pdf>
- Vicencio, Pérez, Medina y Martínez., (2011). Producción de composta y vermicomposta a partir de los lodos de la planta de tratamiento de aguas residuales de un rastro. *Rev. Int.Contaminación Ambiental*. Vol. 27(3) 263-270
- Wolff, M y Ovale, C. (2016). El secuestro de carbono en los suelos, importancia de la materia orgánica del suelo. (En línea). Ch. Formato PDF. Obtenido en: <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/informativos/NR40548.pdf>. ISSN 0716-6265
- Yazán, D. (2013). Descomposición microbiológica de desechos orgánicos vegetales originados en la universidad central del Ecuador. (En línea). Ec. Formato PDF. Obtenido en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2122/1/T-UCE-0017-49.pdf>
- Zucconi, F.; Pera, A.; Forte, M.; De Bertoli, M. (1981). Evaluating toxicity in immature compost. *Biocycle*. v. 22, pp. 54-57.
- Zubillaga, M. & Lavado, R. (2006). Phytotoxicity of biosolids compost at different degrees of maturity compared to biosolids and animal manures. *Compost Sci. Util.* 14: 267-270.

ANEXOS

ANEXO 1. DISEÑO DE LAS CAMAS DE COMPOST Y SUS RESPECTIVAS TRATAMIENTOS



Elaborado por Hidalgo, K. (2019)

ANEXO 2. ENCUESTA A LOS ACTORES INVOLUCRADOS



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ ENCUESTA DIRIGIDA A LA COMUNIDAD Balsa en Medio

Objetivo: La presente encuesta tiene como finalidad recopilar información sobre el manejo de los residuos de cultivos y el aprovechamiento como abono orgánico, permitiendo la obtención de resultados que aporten al desarrollo de la investigación cuyo título es "CONTENIDO NUTRICIONAL DEL COMPOST ELABORADO A PARTIR DEL RESIDUO DE LA SOCA DE MAÍZ". Sus respuestas serán de carácter anónimo y de uso exclusivamente académico.

Instrucciones: Señale con una X cada uno de los ítems que usted considere necesarios. **Responsable:** Hidalgo Kayna

1. ¿Qué tipo de productos utiliza para fertilizar su cultivo de maíz?

❖ Productos químicos

❖ Productos orgánicos

¿Cuáles?: _____

2. ¿Realiza usted algún manejo en los residuos orgánicos de su cosecha?

SI NO

3. ¿Existe conocimiento básico sobre la elaboración de productos orgánicos en su comunidad?

SI NO

4. ¿Ha usado en su cultivo abono orgánico para ayudar a su desarrollo?

SI NO

5. ¿Estaría dispuesto en realizar abonos orgánicos a partir de los residuos de su cosecha?

SI NO

6. ¿Le gustaría implementar un proyecto en la elaboración de abonos orgánicos para ser comercializados?

SI NO

7. ¿Le gustaría asistir a capacitaciones y prácticas para la elaboración de abonos orgánicos?

SI NO

ANEXO 3. REPORTE DE LOS ANÁLISIS DE CALIDAD DE COMPOST

		ANÁLISIS DE MATERIA ORGÁNICA
Método realizado:	Método de calcinación	
Solicitante:	Marilyn Hidalgo	
Fecha de Solicitud:	7/15/2019	
Fecha de Análisis:	7/17/2019	
Fecha de Entrega de Resultados:	7/19/2019	

Código de Muestra	Peso Crisol Vacío	Peso Muestra Seca	Peso Crisol + Muestra Seca	Peso Crisol 550°C	Peso Muestra Final	% M. Orgánica
T0	32.2439	5.0183	37.2622	36.9353	4.6914	7.0
T1R1	38.5185	5.0240	43.5425	42.6051	4.0866	22.9
T1R2	29.9704	5.0932	35.0636	34.1259	4.1555	22.6
T1R3	33.0837	5.0089	38.0926	37.2184	4.1347	21.1
T2R1	36.4821	5.0045	41.4866	39.8901	3.408	46.8
T2R2	34.2951	5.0407	39.3358	37.7986	3.5035	43.9
T2R3	33.9785	5.0498	39.0283	37.3661	3.3876	49.1
T3R1	32.5497	5.0034	37.5531	36.2434	3.6937	35.5
T3R2	30.343	5.034	35.377	34.1301	3.7871	32.9
T3R3	32.8442	5.0616	37.9058	36.707	3.8628	31.0
T4R1	36.7806	5.0242	41.8048	40.6819	3.9013	28.8
T4R2	33.998	5.0182	39.0162	37.8765	3.8785	29.4
T4R3	30.5685	5.0091	35.5776	34.41	3.8415	30.4
T5R1	36.785	5.0751	41.8601	40.9785	4.1935	21.0
T5R2	37.8775	5.0213	42.8988	41.94	4.0625	23.6
T5R3	33.4854	5.0411	38.5265	37.5295	4.0441	24.7

		ANÁLISIS DE NITRÓGENO
Método realizado:	Método por Kjeldahl	
Solicitante:	Marilyn Hidalgo	
Fecha de Solicitud:	7/15/2019	
Fecha de Análisis:	7/18/2019	
Fecha de Entrega de Resultados:	7/19/2019	

Código de Muestra	Peso Muestra	Volumen consumido Blanco (L)	Volumen consumido Muestra (L)	Normalidad HCl	% Nitrógeno
T0	2.1	0.0001	0.0009	0.26	0.1
T1R1	2.0	0.0001	0.0060	0.26	1.1
T1R2	2.2	0.0001	0.0087	0.26	1.4
T1R3	2.1	0.0001	0.0130	0.26	2.3
T2R1	2.0	0.0001	0.0089	0.26	1.6
T2R2	2.1	0.0001	0.0090	0.26	1.6
T2R3	2.1	0.0001	0.0078	0.26	1.3
T3R1	2.1	0.0001	0.0081	0.26	1.4
T3R2	2.0	0.0001	0.0067	0.26	1.2
T3R3	2.2	0.0001	0.0076	0.26	1.3
T4R1	2.0	0.0001	0.0063	0.26	1.1
T4R2	2.2	0.0001	0.0067	0.26	1.1
T4R3	2.0	0.0001	0.0063	0.26	1.1
T5R1	2.3	0.0001	0.0060	0.26	1.0
T5R2	2.0	0.0001	0.0055	0.26	1.0
T5R3	2.1	0.0001	0.0057	0.26	1.0


RELACIÓN CARBONO NITRÓGENO

Método realizado:	Relación C/N (M. orgánica y Nitrógeno Total)
Solicitante:	Marilyn Hidalgo
Fecha de Solicitud:	7/15/2019
Fecha de Análisis:	7/18/2019
Fecha de Entrega de Resultados:	7/19/2019

Código de Muestra	% M. Orgánica	% C. Orgánico	% Nitrógeno	Relación C/N
T0	7.0	4.0	0.1	28
T1R1	22.9	13.3	1.1	12
T1R2	22.6	13.1	1.4	9
T1R3	21.1	12.3	2.3	5
T2R1	46.8	27.2	1.6	17
T2R2	43.9	25.5	1.6	16
T2R3	49.1	28.5	1.3	21
T3R1	35.5	20.6	1.4	15
T3R2	32.9	19.1	1.2	16
T3R3	31.0	18.0	1.3	14
T4R1	28.8	16.7	1.1	15
T4R2	29.4	17.0	1.1	16
T4R3	30.4	17.6	1.1	16
T5R1	21.0	12.2	1.0	13
T5R2	23.6	13.7	1.0	14
T5R3	24.7	14.3	1.0	15

			RESULTADOS METALES ppm (mg/Kg)																
MUESTRA	PESO	DILUCIÓN	B	Ba	Bi	Cd	Co	Cr	Cu	K	Mn	Ni	Pb	Sr	Tl	Zn	Ca	Fe	Al
T0	0.5026	50 ml	30.437	170.317	ND	0.658	10.829	24.288	27.154	220.433	564.820	17.354	ND	103.515	ND	79.937	8289.905	18016.718	15377.062
T1R1	0.5013	50 ml	41.629	65.202	ND	0.410	2.586	13.541	17.365	36188.820	236.204	8.338	ND	88.045	ND	56.086	11499.846	8911.055	5548.896
T1R2	0.5042	50 ml	40.272	61.304	ND	0.413	2.533	10.688	16.765	38401.915	192.424	5.788	ND	88.429	ND	59.608	12764.845	8550.437	5580.447
T1R3	0.5033	50 ml	38.295	60.437	ND	0.409	2.569	10.248	15.980	33361.202	186.200	6.694	ND	94.247	ND	69.649	13522.483	8327.231	5499.022
T2R1	0.513	50 ml	43.085	74.937	ND	0.606	5.533	16.923	24.657	32658.910	269.536	13.118	ND	108.604	ND	90.471	13732.490	12773.703	8735.065
T2R2	0.5237	50 ml	48.417	71.142	ND	0.646	6.084	19.250	23.488	30274.956	273.776	14.963	ND	114.643	ND	94.286	14935.690	15040.819	9808.858
T2R3	0.5106	50 ml	47.037	73.444	ND	0.684	6.394	19.524	26.467	30163.522	293.381	15.155	ND	127.476	ND	108.397	16514.944	15045.475	9676.302
T3R1	0.5245	50 ml	44.309	65.558	ND	0.720	6.906	21.669	24.785	23987.925	278.873	24.070	ND	112.253	ND	92.692	13206.205	16248.731	10119.127
T3R2	0.5015	50 ml	47.624	74.786	ND	0.756	6.871	22.710	28.678	23415.529	295.395	17.543	ND	121.774	ND	102.866	15046.052	15943.649	10856.050
T3R3	0.5074	50 ml	47.529	67.208	ND	0.697	7.033	20.991	24.721	23234.308	274.039	17.056	ND	111.733	ND	84.218	13354.614	15815.959	10616.312
T4R1	0.5002	50 ml	46.405	82.117	ND	0.745	7.977	23.858	27.328	21038.983	315.941	14.693	ND	131.674	ND	86.149	13980.655	16127.837	11521.536
T4R2	0.5057	50 ml	46.596	82.136	ND	0.749	7.282	23.409	26.999	21303.531	312.516	18.606	ND	124.770	ND	83.418	15334.824	16611.530	11104.718
T4R3	0.5061	50 ml	49.772	123.698	ND	0.696	6.620	27.019	22.640	19391.380	258.838	18.172	ND	110.592	ND	89.546	12104.095	18288.387	12737.475
T5R1	0.509	50 ml	47.182	75.513	ND	0.797	7.937	21.836	25.720	19281.315	303.956	19.668	ND	124.018	ND	81.893	15572.422	19375.219	10909.121
T5R2	0.501	50 ml	50.160	88.409	ND	0.827	8.138	25.021	29.040	19612.959	330.583	20.387	ND	131.027	ND	99.902	15810.651	19918.474	12326.340
T5R3	0.5189	50 ml	57.624	87.178	ND	0.799	7.924	29.247	28.196	17920.087	329.112	21.122	ND	140.939	ND	93.267	16209.283	20155.786	14411.845

Observaciones:

*ND= No detectado

																				
			RESULTADOS METALES ppm (mg/Kg)																	
MUESTRA	PESO	DILUCIÓN	B	Ba	Bi	Cd	Co	Cr	Cu	K	Mn	Ni	Pb	Sr	Tl	Zn	Ca	Fe	Al	
T0	0.5026	50 ml	30.437	170.317	ND	0.658	10.829	24.288	27.154	220.433	564.820	17.354	ND	103.515	ND	79.937	8289.905	18016.718	15377.062	
T1R1	0.5013	50 ml	41.629	65.202	ND	0.410	2.586	13.541	17.365	36188.820	236.204	8.338	ND	88.045	ND	56.086	11499.846	8911.055	5548.896	
T1R2	0.5042	50 ml	40.272	61.304	ND	0.413	2.533	10.688	16.765	38401.915	192.424	5.788	ND	88.429	ND	59.608	12764.845	8550.437	5580.447	
T1R3	0.5033	50 ml	38.295	60.437	ND	0.409	2.569	10.248	15.980	33361.202	186.200	6.694	ND	94.247	ND	69.649	13522.483	8327.231	5499.022	
T2R1	0.513	50 ml	43.085	74.937	ND	0.606	5.533	16.923	24.657	32658.910	269.536	13.118	ND	108.604	ND	90.471	13732.490	12773.703	8735.065	
T2R2	0.5237	50 ml	48.417	71.142	ND	0.646	6.084	19.250	23.488	30274.956	273.776	14.963	ND	114.643	ND	94.286	14935.690	15040.819	9808.858	
T2R3	0.5106	50 ml	47.037	73.444	ND	0.684	6.394	19.524	26.467	30163.522	293.381	15.155	ND	127.476	ND	108.397	16514.944	15045.475	9676.302	
T3R1	0.5245	50 ml	44.309	65.558	ND	0.720	6.906	21.669	24.785	23987.925	278.873	24.070	ND	112.253	ND	92.692	13206.205	16248.731	10119.127	
T3R2	0.5015	50 ml	47.624	74.786	ND	0.756	6.871	22.710	28.678	23415.529	295.395	17.543	ND	121.774	ND	102.866	15046.052	15943.649	10856.050	
T3R3	0.5074	50 ml	47.529	67.208	ND	0.697	7.033	20.991	24.721	23234.308	274.039	17.056	ND	111.733	ND	84.218	13354.614	15815.959	10616.312	
T4R1	0.5002	50 ml	46.405	82.117	ND	0.745	7.977	23.858	27.328	21038.983	315.941	14.693	ND	131.674	ND	86.149	13980.655	16127.837	11521.536	
T4R2	0.5057	50 ml	46.596	82.136	ND	0.749	7.282	23.409	26.999	21303.531	312.516	18.606	ND	124.770	ND	83.418	15334.824	16611.530	11104.718	
T4R3	0.5061	50 ml	49.772	123.698	ND	0.696	6.620	27.019	22.640	19391.380	258.838	18.172	ND	110.592	ND	89.546	12104.095	18288.387	12737.475	
T5R1	0.509	50 ml	47.182	75.513	ND	0.797	7.937	21.836	25.720	19281.315	303.956	19.668	ND	124.018	ND	81.893	15572.422	19375.219	10909.121	
T5R2	0.501	50 ml	50.160	88.409	ND	0.827	8.138	25.021	29.040	19612.959	330.583	20.387	ND	131.027	ND	99.902	15810.651	19918.474	12326.340	
T5R3	0.5189	50 ml	57.624	87.178	ND	0.799	7.924	29.247	28.196	17920.087	329.112	21.122	ND	140.939	ND	93.267	16209.283	20155.786	14411.845	

Observaciones:

*ND= No detectado

ANEXO 4. MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS PARA LA ELABORACIÓN DE COMPOST



ESPAMMFL

ESPAMMFL

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX
LÓPEZ**

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**MANUAL PARA LA ELABORACIÓN DE COMPOST A PARTIR
DE RESIDUOS DE SOCA DE MAÍZ (Zea mays L.)**

AUTORA:
Kayna Marilyn Hidalgo Zambrano

TUTORA:
Ing. Laura Mendoza Cedeño, Mg. C.A.

INFORMACIÓN:

Email: kayna.96@hotmail.com
Teléfono: 0992735422

**Carrera de
INGENIERÍA
AMBIENTAL**

**KAYNA MARILYN HIDALGO ZAMBRANO
Autora**

**Carrera de
INGENIERÍA
AMBIENTAL**

4-A Manual de buenas prácticas para la elaboración de compost a partir de residuos de la soca de maíz

PRESENTACIÓN

La preocupación por las grandes cantidades de residuos que se generan en la actividad agrícola se ha visto la necesidad de gestionar de manera racional los residuos que generan los mismos, la cual se plasma en la abundante legislación nacional e internacional para el desarrollo sostenible de cada Estado. Ante las inadecuadas prácticas agrícolas, uso excesivo e inadecuado de agroquímicos, monocultivos, entre otros, han ocasionado que los suelos pierdan su fertilidad y las plagas ganen en resistencia a los agroquímicos.

La Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López en su Plan Estratégico 2017-2021, es fruto de un esfuerzo colectivo y participativo que la institución ha orientado hacia la consolidación de sus tres procesos sustantivos: Academia, Investigación y Vinculación con la Comunidad, siendo su eje transversal la Gestión responsable para atender las necesidades de su entorno, formando profesionales pertinentes, con compromiso ético y social, para generar soluciones a los problemas de la zona cuatro y del país.

La ESPAM MFL desde su concepción como Institución de Educación Superior ubica como una de sus funciones sustantivas la Vinculación con la Sociedad, la misma que se ha descrito en documentos habilitantes históricos y en el actual Modelo Educativo donde se enmarca la importancia de articular y transferir conocimientos a través de programas y/o proyectos de vinculación con la sociedad, acorde a la planificación institucional, de manera que su ejecución y resultados sean pertinentes con las necesidades de los sectores más vulnerables de la zona cuatro y del país.

Mediante este manual se propone un cambio radical, al utilizar los residuos de cultivos en la elaboración de compost, así volver a incorporar los nutrientes al suelo y disminuir la utilización de productos químicos. La implementación de una agricultura orgánica contribuirá a mejorar y conservar los suelos mediante prácticas y labores amigables al ecosistema.

Pag 01

INTRODUCCIÓN

De acuerdo a visitas de campo los sectores que desempeña actividades agrícolas no realizan un manejo adecuado de la disposición final de los residuos de cultivos, siendo la opción más económica e inmediata la quema descontrolada del material, no obstante, esto trae como consecuencia la generación de impactos negativos a los recursos suelo y aire.

Los efectos comunes en la quema es la pérdida de la calidad de las características físicas (disminución de la densidad aparente), químicas (reducción de los nutrientes esenciales y aumento de pH) y biológica (deflación de la actividad microbiana) del suelo, asimismo mueren muchos organismos que favorecen a la descomposición de la materia orgánica, debido a esto la superficie se ve condenada a ser cada vez más infértil y surge la necesidad de introducir más insumos químicos (Lindell&Astrom, 2015); así mismo estas actividades emiten gases a la atmósfera contribuyendo a los gases de efecto invernadero (GEI), de acuerdo a Chávez & Rodríguez (2016) .

El reciclaje de los residuos orgánicos generados en el proceso productivo de una explotación agropecuaria, convierte los residuos en insumos que pueden regresar al suelo, aportándole nutrientes y microorganismos benéficos, mejorando la capacidad de retención de agua y de intercambio catiónico (CIC), ayudando así a la rentabilidad de la producción (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO. 2013).

Como alternativa al manejo de los residuos de la actividad agrícola en las zonas de producción de maíz se plantea la elaboración de abonos para el reciclaje de esta materia orgánica, reduciendo el costo de fertilización como insumo para la agricultura, prácticas inadecuadas y efectos negativos al ambiente. El aprovechamiento de los residuos de cosecha agrícola o subproductos son estratégicos para alcanzar la sostenibilidad en procesos productivos, induciendo el principio de economía circular, manteniendo su utilidad y valor en todo momento.

Pag 02

CONTENIDO

1. ¿QUÉ ES EL COMPOSTAJE?
 2. ¿POR QUÉ ES IMPORTANTE REALIZAR COMPOSTAJE EN NUESTRAS FINCAS?
 3. BENEFICIOS DEL COMPOST
 4. ¿CÓMO FABRICAMOS COMPOST?
 - 4.1. MATERIAL A INTRODUCIR
 - 4.2. PREPARACIÓN DEL MATERIAL
 5. CUIDADOS NECESARIOS
 6. ¿QUÉ PASA DENTRO DEL COMPOSTADOR?
 - 6.1. PROCESO DEL COMPOSTAJE
 7. PARÁMETROS DEL PROCESO DE COMPOSTAJE
 - 7.1. HUMEDAD
 - 7.2. AERACIÓN
 - 7.3. TEMPERATURA
 8. PROBLEMAS Y SOLUCIONES
- BIBLIOGRAFÍAS

Pag 03

1. ¿QUÉ ES EL COMPOSTAJE?

El compostaje es la degradación de residuos orgánicos por la acción de los microorganismos, alterando la estructura molecular de los compuestos orgánicos (Cabrera, V y Rossi, M, 2016).



2. ¿POR QUÉ ES IMPORTANTE REALIZAR COMPOSTAJE EN NUESTRAS FINCAS?



Reduce la cantidad de basura que acaba en vertedero o incineradora

Se obtiene un abono de elevada calidad para nuestras plantas, sin ningún tipo de producto químico

Cierra el ciclo de la materia orgánica

Devolvemos al suelo materia orgánica, enriqueciéndolo de esta manera

Pag 04

2. BENEFICIOS DEL COMPOST



Efectos en la estructura del suelo: El compost, debido a su estructura alterada, facilita la formación de conglomerados del suelo permitiendo así mantener una correcta aireación y humedad del mismo.

Efectos sobre la salud del suelo: Se trata de un producto natural, sin compuestos químicos y libre de patógenos. En muchos casos actúa como bactericida y fungicida.

Efectos sobre los nutrientes de las plantas: Al ser un producto rico en nutrientes y macronutrientes, se convierte en un excelente abono para las plantas.

Beneficios económicos: No es necesario adquirir este producto, ya que se obtiene de un proceso muy sencillo que se puede realizar en el hogar.

Pag 05

4. ¿CÓMO FABRICAMOS COMPOST?

4.1. MATERIAL A INTRODUCIR

Para obtener un compost de buena calidad se debe procurar entonces, un equilibrio entre los materiales que se utilizan, es decir entre aquellos ricos en Carbono y ricos en Nitrógeno. En el caso del residuo del cultivo de maíz con la ayuda de una cortadora mecánica se procede a realizar el picado reduciendo el tamaño de los residuos vegetales a partículas de tamaño promedio 1 cm, cuanto más triturados estén, más rápido obtendremos el compost.



4.2. PREPARACIÓN DEL MATERIAL

Para el montaje de las composteras, se emplearon la técnica de sistemas abiertos o pilas de acuerdo a la metodología realizada por el libro de la FAO (2013) sobre el Manual de Compostaje del Agricultor por ser uno de los más económico y rápido, la cual se realizará el siguiente procedimiento:

- Limpieza del área de compostera, asegurándose de eliminar cualquier elemento que pudiera afectar el proceso de compostaje.
- Marcar las áreas de la base de la pila de compost y dejar un espacio similar a los costados para los respectivos volteos.
- Utilizar como base una capa de residuos de maíz seguida del estiércol y se continua con la secuencia hasta completar el peso requerido.

Pag 06

d) Los sustratos serán amontonados y tendrán un volumen de 45 kilogramos cada tratamiento dando una altura de 1m cada pila.

e) Aplicar el inoculante, aquí se aplicará microorganismos eficientes (EM) para acelerar el proceso de compostaje, se realizará 5 aplicaciones comenzando por el inicio de la formación de las pilas y después cada 15 días.

f) Para acelerar el proceso de descomposición de la materia orgánica se procedió a cubrir la plata bandas con plástico negro con la finalidad de incrementar una mayor capacidad de calor y por ende un mayor proceso de descomposición de la materia orgánica.



Fig 07

5. CUIDADOS NECESARIOS

El tamaño de los montículos o pilas es, muy importante para el proceso de compostaje. Se recomienda mantener montículos con una altura de 1 metro, de esta forma se asegura la temperatura necesaria para la proliferación de microorganismo que realizan el compostaje.



También es importante no superar el tamaño de las pilas, si estos superan los 1,50 metros, la aeración natural se impide y el material se pudre atrayendo moscas y roedores.

6. ¿QUÉ PASA DENTRO DEL COMPOSTADOR?

* 6.1. PROCESO DEL COMPOSTAJE

El proceso de compostaje consiste en la degradación de la materia orgánica mediante su oxidación y la acción de diversos microorganismos presentes en los propios residuos. Este proceso de descomposición de la materia orgánica dura aproximadamente entre cinco y seis meses, y en dicho período se distinguen las siguientes fases:

* Fase de latencia y crecimiento:

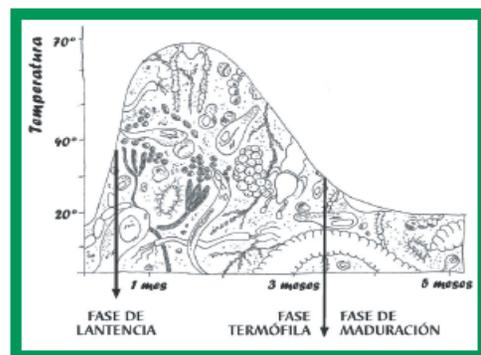
Es el período de aclimatación de los microorganismos a su nuevo medio y el inicio de la multiplicación y colonización de los residuos. Esta fase viene durando de dos a cuatro días y, se inicia con la degradación por parte de las bacterias de los elementos más biodegradables. Como consecuencia de la acción de estas primeras bacterias mesófilas (Actúan a baja temperatura aproximadamente 50° C) se comienza a calentar la pila de residuo y se observa la emanación de vapor de agua en la parte superior de la materia vegetal.

Fig 08

* **Fase termófila:** Dependiendo del material de partida y de las condiciones ambientales, el proceso puede durar entre una semana, en sistemas acelerados, y uno o dos meses en sistemas de fermentación lenta.

Como consecuencia de la intensa actividad de las bacterias y el aumento de la temperatura alcanzado en la pila de residuos, provoca la aparición de organismos termófilos (bacterias y hongos). Estos organismos actúan a temperaturas mayores (entre 60 y 70° C), produciendo una rápida degradación de la materia. La temperatura alcanzada durante esta fase del proceso garantiza la higienización y eliminación de gérmenes patógenos, larvas y semillas. Pasado este tiempo disminuye la actividad biológica y se estabiliza el medio.

* **Fase de maduración:** Es un período de fermentación lenta (puede llegar a durar 3 meses), en el que la parte menos biodegradable (la más resistente) de la materia orgánica se va degradando. La temperatura de la pila va disminuyendo lentamente al igual que la actividad de las bacterias, produciéndose la colonización de la pila por todo un mundo de organismos y microorganismos que ayudan a la degradación de esas partes menos biodegradables del residuo.



Fuente: Manual de compostaje de la FAO (2013).

Pag 09

7. PARÁMETROS DEL PROCESO DE COMPOSTAJE

7.1. HUMEDAD

La humedad óptima para el compost es del 50%. Si disminuye la humedad las células de los microorganismos se deshidratan, algunos producen esporas y se detiene la actividad enzimática encargada de la degradación de los diferentes compuestos; también el exceso de humedad causa saturación en la materia la cual desencadena olores desagradables, descenso de temperatura, lavado de nutrientes y prevalecen condiciones anaeróbicas (Silva, et al., s/f.).

Para la prueba de humedad se empleará la técnica del "puño cerrado o capacidad de campo", la cual consiste en introducir la mano en la pila, sacar un puño de material y abrir la mano, el material debe quedar apelmazado sin escurrir agua. Si corre agua, se debe suspender el riego; si el material queda suelto en la mano, entonces se debe humedecer hasta comprobar que tenga una humedad idónea



Fuente: Google Imagen

7.2. AERACIÓN

Una baja aireación, impide la suficiente evaporación de agua, generando exceso de humedad y un ambiente de anaerobiosis. Se producen entonces malos olores y acidez por la presencia de compuestos como el ácido acético, ácido sulfhídrico (H₂S) o metano (CH₄) en exceso. Por tal razón es recomendable realizar aireación si el compost presenta exceso de humedad o mal olor (dos veces a la semana) caso contrario con una frecuencia semanal durante tres meses.

Pag 10



7.3. TEMPERATURA

Debe mantenerse entre 35 y 60 °C para eliminar elementos patógenos, parásitos y semillas de malas hierbas. La variación de la temperatura dependerá del volumen de la pila, de la superficie de esta y de las condiciones ambientales. Con temperaturas demasiado elevadas, mueren determinadas especies que favorecen el compostaje, mientras que otras no actúan por estar en forma de espera.

8. PROBLEMAS Y SOLUCIONES

Los problemas que pueden presentarse durante el proceso de compostaje son mínimos y de fácil solución, entre los más significativos destacamos:

Efecto	Posible causa	Soluciones
Huele a podrido	Falta de oxígeno Exceso de humedad	Sacar el montón o pila, voltear y mezclar con material seco
Hay muchas moscas	Exceso de humedad Resto de material fresco	Cubrir el material con plástico o tierra
Larvas Blancas Presencia de roedores	Larva de mosca Mucha humedad	Reducir la humedad aireando la pila o volteando constantemente

Pag 11

CITAS BIBLIOGRÁFICAS

Cabrera, V y Rossi, M. (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. Lima-Perú. (En línea). Formato PDF. Obtenido de: <http://repositorio.lamolina.edu.pe>

Chávez Porras, A.; Rodríguez González, A. (2016). "Aprovechamiento de residuos orgánicos agrícolas y forestales en Iberoamérica". Revista Academia y Virtualidad, 9, (2), pp. 90-107

FAO, (2013). Manual de compostaje de la agricultura. (En línea). Formato PDF. Obtenido de: <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>

Lindell, L & Astrom, L. (2015). Los efectos de la agricultura de tala y quema sobre la fertilidad de los suelos de la amazonia subandina, Perú. Universidad de Pure y aplicado en Natura Sciences, SE-391 82 Kalmar, Suecia. Obtenido de: www.skb.se/asporesearch/wp-content/uploads/2015/06/02_1-Resumen.pdf

Silva, J; Lopez, P y Valencia, P. (s/f). Recuperación de nutrientes en fase sólida a través del compostaje. Escuela de Ingeniería de los Recursos naturales y del Ambiente (EIDENAR), Universidad del Valle-Facultad de Ingeniería. A.A. 25360 Cali-Colombia. (En línea). Formato PDF. Obtenido de: <http://www.bvsde.paho.org/bvsars/fulltext/compostaje.pdf>

Pag 12



4-H Manual de buenas prácticas para la elaboración de compost a partir de residuos de la soca de maíz

ANEXO 5. REGISTRO FOTOGRÁFICO

5.1. SOCIABILIZACIÓN A LA COMUNIDAD Balsa en MEDIO



5-A Sociabilización a la comunidad balsa en medio



5-B Muestra del compost producido en la investigación



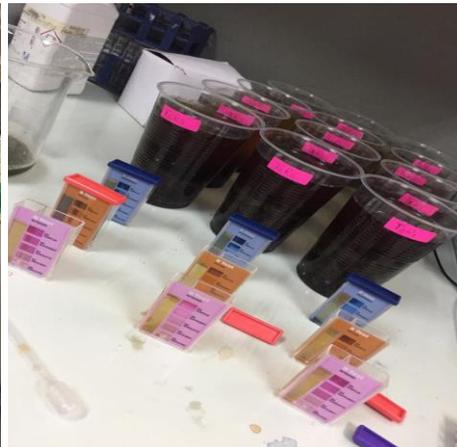
5-C Entrega del manual de buenas prácticas para la elaboración de compost

ANEXO 6. REGISTRO FOTOGRÁFICO

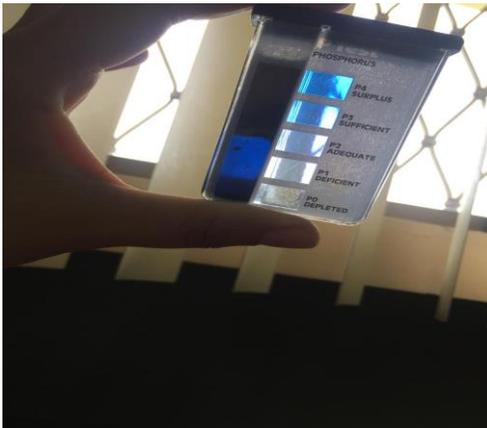
6.1. CONTROL DE LOS PARAMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DURANTE EL PROCESO DE COMPOSTAJE



6-A Medición de pH y temperatura in situ



6-B Análisis de NPK en el laboratorio de suelo de la ESPAM



6-C Análisis de NPK y Conductividad eléctrica en el laboratorio de suelo de la ESPAM

ANEXO 6.2. SEGUIMIENTO EN EL PROCESO DE DEGRADACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA



6-D Incorporación de Microorganismos Eficiente y mezcla del compost

ANEXO 6.3. IMAGENES DE ORGISMOS ENCONTRADOS EN EL COMPOST



6-E Miriápodos (Diplopoda)



6-F Mosca soldado negra (*Hermetia illucens*)

ANEXO 6.4. PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS



6-G Preparación de la muestras para ser enviadas al laboratorio acreditado para su respectivo análisis de contenido nutricional