



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
SEDE MORONA SANTIAGO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

CO-COMPOSTAJE DE RESIDUOS DE PITAHAYA
PROVENIENTES DEL CANTÓN PALORA-MORONA SANTIAGO

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de

INGENIERA AMBIENTAL

AUTORA:

JENIFER JOHANA RAMÓN MATUTE

Macas - Ecuador

2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
SEDE MORONA SANTIAGO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

CO-COMPOSTAJE DE RESIDUOS DE PITAHAYA
PROVENIENTES DEL CANTÓN PALORA-MORONA SANTIAGO

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de

INGENIERA AMBIENTAL

AUTORA: JENIFER JOHANA RAMÓN MATUTE

DIRECTOR: ING. MIGUEL ANGEL OSORIO MGS

Macas - Ecuador

2022

© 2022, Jenifer Johana Ramón Matute

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Jenifer Johana Ramón Matute, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Macas, 20 de diciembre de 2022



Jenifer Johana Ramón Matute

140132536-8

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
SEDE MORONA SANTIAGO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular: Tipo: Proyecto de Investigación, “**CO-COMPOSTAJE DE RESIDUOS DE PITAHAYA PROVENIENTES DEL CANTÓN PALORA-MORONA SANTIAGO**”, realizado por la señorita: **JENIFER JOHANA RAMÓN MATUTE**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

| | FIRMA | FECHA |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Ing. / MSc. Orlando Efraín Bravo Calle PRESIDENTE DEL TRIBUNAL |  | 2022-12-20 |
| Ing. / MSc. Miguel Ángel Osorio Rivera DIRECTOR(A) DE TRABAJO DE TITULACIÓN |  | 2022-12-20 |
| Ing. / MSc. William Estuardo Carrillo Barahona ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR |  | 2022-12-20 |

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación lo dedico primeramente a Dios, que ha sido mi guía y fortaleza en el transcurso de esta etapa de preparación profesional. A mis padres Ramiro Ramón y Mary Matute, que han sido el pilar fundamental en mi vida, por brindarme su apoyo incondicional, para cumplir mis metas. A mis abuelitos Laura Macas, Adolfina Morocho y Mario Ramón, por amarme infinitamente, por siempre estar pendientes de a dónde voy y por sus consejos. A mi hermano, a mis primos y tíos: Daniel Ramón, Paola Quezada, Jheyson Dután y Samantha Guzmán, por darme su ayuda en el momento indicado, obteniendo de ellos siempre un sí como respuesta, muchas gracias. A mis amigos Erick Riera, Jairo Villavicencio, Paúl Romero, Patricia Chacón, Alejandra Moscoso, Mishell Herrera, Joselyn Medina, Eduardo Maza, Dennis Betancourt, por ser la familia que uno escoge, por darme su apoyo.

Jenifer

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios por darme salud y vida para poder cumplir mis metas en el transcurso de mi vida.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Sede Morona Santiago, por abrirme sus puertas y permitirme utilizar sus instalaciones para poder realizar las diferentes actividades académicas.

A los docentes y técnicos que me aportaron sus conocimientos y experiencias en el transcurso de este período educativo.

A los Ingenieros Miguel Osorio y William Carrillo que con sus conocimientos supieron guiarme en la elaboración de mi trabajo de titulación, muchas gracias.

A mi familia por su amor, su ayuda incondicional, por todos sus consejos y enseñanzas que me han ayudado mucho en esta etapa.

Agradezco a mis amigos, compañeros quienes a lo largo de la carrera aportaron con sus conocimientos, apoyo; para cumplir el sueño de ser profesional.

Jenifer

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|-------------------------------|------|
| ÍNDICE DE TABLAS | x |
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES | xi |
| ÍNDICE DE ANEXOS | xii |
| RESUMEN | xiii |
| ABSTRACT..... | xiv |
| INTRODUCCIÓN | 1 |

CAPÍTULO I

| | |
|---------------------------------------------------------------------|----------|
| 1. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN..... | 3 |
| 1.1. Planteamiento del problema | 3 |
| 1.2. Limitaciones y delimitaciones | 3 |
| 1.2.1. <i>Limitaciones</i> | 3 |
| 1.2.2. <i>Delimitaciones</i> | 4 |
| 1.3. Problema General de Investigación | 4 |
| 1.4. Problemas específicos de investigación (Preguntas)..... | 4 |
| 1.5. Objetivos | 4 |
| 1.5.1. <i>Objetivo general</i>..... | 4 |
| 1.5.2. <i>Objetivos específicos</i> | 4 |
| 1.6. Justificación | 5 |
| 1.6.1. <i>Justificación teórica</i> | 5 |
| 1.6.2. <i>Justificación práctica</i> | 5 |
| 1.7. Hipótesis..... | 6 |

CAPÍTULO II

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS | 7 |
| 2.1. Referencias Teórica | 7 |
| 2.1.1. <i>Compostaje</i> | 7 |
| 2.1.1.1. <i>Factores que interviene en el proceso de Compostaje</i>..... | 8 |
| 2.1.1.2. <i>Insumos utilizados para el proceso de compostaje</i> | 9 |
| 2.1.2. <i>Co-compostaje</i> | 10 |
| 2.1.2.1. <i>Residuos orgánicos compostados con aditivos inorgánicos y bióticos</i> | 11 |
| 2.1.2.2. <i>Co-compostaje de residuos hortícolas con cascara de frutas</i>..... | 12 |

| | | |
|----------|------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1.2.3. | <i>Co-compostaje de estiércol avícola con otros residuos agrícolas</i> | 13 |
| 2.1.2.4. | <i>Microbiota presente en el compost</i> | 13 |
| 2.1.2.5. | <i>Bacterias Promotoras del Crecimiento de las Plantas (BPCP)</i> | 13 |
| 2.1.2.6. | <i>Capacidad Biofertilizante del Compost</i> | 13 |
| 2.1.3. | Fases del proceso de compostaje | 14 |
| 2.1.3.1. | <i>Fase de descomposición</i> | 14 |
| 2.1.3.2. | <i>Fase de maduración</i> | 16 |
| 2.1.4. | Pitahaya | 16 |
| 2.1.4.1. | <i>Origen e Historia de la Pitahaya</i> | 16 |
| 2.1.4.2. | <i>Caracterización Botánica de la Pitahaya</i> | 17 |
| 2.1.4.3. | <i>Composición de la Pitahaya</i> | 18 |
| 2.2. | Bases conceptuales | 19 |
| 2.2.1. | Parámetros Relativos a la naturaleza del Sustrato | 19 |
| 2.2.2. | Los Residuos | 20 |
| 2.2.2.1. | <i>Tipos de Residuos</i> | 20 |
| 2.2.3. | Fases de la Fermentación Anaerobia | 21 |
| 2.3. | Base Legal | 21 |
| 2.3.1. | <i>Constitución de la Republica del Ecuador</i> | 21 |
| 2.3.2. | <i>El Plan Nacional de Desarrollo</i> | 22 |
| 2.3.3. | <i>Marco Legal para el uso del compost en la actividad agrícola</i> | 23 |

CAPÍTULO III

| | | |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3. | METODOLOGÍA | 24 |
| 3.1. | Enfoque de la Investigación | 24 |
| 3.2. | Nivel de Investigación | 24 |
| 3.3. | Diseño de la Investigación | 24 |
| 3.3.1. | <i>Según la manipulación o no de la variable.</i> | 25 |
| 3.3.2. | <i>Según las Intervenciones en el trabajo de campo.</i> | 25 |
| 3.4. | Tipo de Estudio | 27 |
| 3.5. | Población y planificación, selección y cálculo del tamaño de la muestra | 27 |
| 3.5.1. | <i>Área de Estudio</i> | 27 |
| 3.5.2. | <i>Población de Estudio</i> | 27 |
| 3.5.3. | <i>Planificación</i> | 28 |
| 3.6. | Métodos, Técnicas e Instrumentos de Investigación | 28 |
| 3.6.1. | Métodos para Caracterización Físicoquímica y Biológica | 28 |
| 3.6.1.1. | <i>Humedad</i> | 28 |

| | | |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.6.1.2. | <i>PH</i> | 29 |
| 3.6.1.3. | <i>Conductividad Eléctrica</i> | 30 |
| 3.6.1.4. | <i>Materia Orgánica</i> | 30 |
| 3.6.2. | <i>Técnicas de recolección de datos</i> | 31 |
| 3.6.2.1. | <i>Materiales utilizados</i> | 32 |
| 3.6.2.2. | <i>Técnica para la Elaboración del Compost</i> | 33 |
| 3.6.2.3. | <i>Volteo</i> | 35 |
| 3.6.2.4. | <i>Elaboración de las Pilas</i> | 35 |
| 3.6.2.5. | <i>Proceso de Elaboración de Compost con Residuos de Pitahaya</i> | 36 |
| 3.6.2.6. | <i>Recolección de Materia prima (Pencas de Pitahaya)</i> | 36 |
| 3.6.2.7. | <i>Picado de la Materia Orgánica(Pencas de Pitahaya)</i> | 37 |
| 3.6.2.8. | <i>Elaboración de las pilas</i> | 38 |
| 3.6.2.9. | <i>Elaboración de un Sustrato para Activación de los microorganismos</i> | 39 |
| 3.8. | Análisis Estadístico Inferencial | 41 |

CAPÍTULO IV

| | | |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4. | MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS | 42 |
| 4.1. | Caracterización Físicoquímica y biológica de los residuos de pitahaya | 42 |
| 4.1.1. | <i>Características físicoquímicas de los diferentes estiércoles y residuos de pitahaya</i> .42 | |
| 4.1.1.1. | <i>Humedad</i> | 42 |
| 4.1.2. | <i>Características Biológicas de los diferentes estiércoles y residuos de pitahaya.</i> | 42 |
| 4.1.2.1. | <i>Porcentaje de Materia Orgánica</i> | 42 |
| 4.1.3. | <i>Características Físicoquímicas de los diferentes tipos de Compost</i> | 44 |
| 4.1.3.1. | <i>Humedad</i> | 44 |
| 4.1.4. | <i>Características Biológicas de los diferentes tipos de compost</i> | 45 |
| 4.1.4.1. | <i>Porcentaje de Materia Orgánica de los diferentes tipos de Compost</i> | 45 |
| 4.2. | Diseño de las pilas de compost | 61 |
| 4.3. | Determinación de la concentración del compost por análisis físicoquímico | 64 |
| 4.3.1. | <i>Determinación del Carbono Orgánico</i> | 64 |

| | |
|-------------------|----|
| CONCLUSIONES..... | 71 |
|-------------------|----|

| | |
|----------------------|----|
| RECOMENDACIONES..... | 73 |
|----------------------|----|

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1-2: | Marco legal para el manejo de residuos sólidos | 22 |
| Tabla 2-2: | Límites máximos de metales pesados para considerar un buen compost en base a la Norma Chilena | 23 |
| Tabla 3-2: | Valoración de la estabilidad-madurez de un compost. | 23 |
| Tabla 1-3: | Matriz de consistencia | 25 |
| Tabla 2-3: | Operacionalización de las Variables | 26 |
| Tabla 3-3: | Materiales y Equipos para la determinación de la Humedad..... | 28 |
| Tabla 4-3: | Materiales y Equipos para la determinación del pH | 29 |
| Tabla 5-3: | Materiales y Equipos para la determinación de la Conductividad Eléctrica | 30 |
| Tabla 6-3: | Materiales y Equipos para la determinación de la Materia Orgánica | 31 |
| Tabla 7-3: | Instrumentos utilizados en la elaboración de las pilas y toma de datos | 32 |
| Tabla 8-3: | Materiales utilizados en la elaboración de las pilas..... | 35 |
| Tabla 1-4: | Parámetros fisicoquímicos y biológicos de los diferentes estiércoles y Residuos de pitahaya..... | 43 |
| Tabla 2-4: | Características fisicoquímicas de los diferentes tipos de Compost..... | 45 |
| Tabla 3-4: | Temperaturas tomadas desde la primera semana del mes de Abril hasta principios de la semana del mes de julio..... | 46 |
| Tabla 4-4: | pH tomado desde la primera semana del mes de Abril, hasta la semana 2 del mes de Julio. | 53 |
| Tabla 5-4: | Humedad de la semana 1 del mes de Abril, a la semana 7 del mes de Mayo | 59 |
| Tabla 6-4: | Porcentajes de estiércol, penca y aserrín para la construcción de las pilas. | 63 |
| Tabla 7-4: | Determinación de la cantidad de materia para cada capa. | 64 |
| Tabla 8-4: | Concentración del Compost por análisis fisicoquímico | 65 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

| | | |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Ilustración 1-2: | Tendencia de publicaciones que utilizan el término co-compostaje en el título o palabras clave en el período 1980–2018. | 11 |
| Ilustración 2-2: | Variación de la temperatura en un proceso de compostaje. | 14 |
| Ilustración 3-2: | Pitahaya Verde (<i>Hylocereus Megalanthus</i>) | 17 |
| Ilustración 4-2: | Pitahaya Amarilla (<i>Hylocereus Megalanthus</i>) | 18 |
| Ilustración 5-2: | Raíz de la Planta de Pitahaya (<i>Hylocereus Megalanthus</i>) | 18 |
| Ilustración 1-3: | Localización del Centro Agrícola, donde se realizará el compostaje. | 27 |
| Ilustración 2-3: | Pila de Compost | 34 |
| Ilustración 3-3: | Fotos recolección de materia prima | 37 |
| Ilustración 4-3: | Fotos recolección de picado de materia orgánica | 38 |
| Ilustración 5-3: | Fotos elaboración de las pilas | 39 |
| Ilustración 6-3: | Fotos de elaboración de sustrato | 39 |
| Ilustración 1-4: | Variación de la Temperatura en la Pila 1 | 48 |
| Ilustración 2-4: | Variación de la Temperatura en la Pila 2 | 49 |
| Ilustración 3-4: | Variación de la Temperatura en la Pila 3 | 50 |
| Ilustración 4-4: | Variación de la Temperatura en la Pila 4 | 51 |
| Ilustración 5-4: | Variación de la Temperatura en las Pilas de Compostaje | 52 |
| Ilustración 6-4: | Variación del pH en la Pila 1 | 54 |
| Ilustración 7-4: | Variación del pH en la Pila 2 | 55 |
| Ilustración 8-4: | Variación del pH en la Pila 3 | 56 |
| Ilustración 9-4: | Variación del pH en la Pila 4 | 57 |
| Ilustración 10-4: | Variación del pH en las diferentes pilas | 58 |
| Ilustración 11-4: | Variación de la Humedad en las diferentes pilas | 60 |
| Ilustración 12-4: | Diseño de Pilas de compost | 62 |
| Ilustración 13-4: | Pila por cantidad de capas | 63 |
| Ilustración 14-4: | Porcentaje de Carbono en las diferentes muestras de Compost | 65 |
| Ilustración 15-4: | Porcentaje de Nitrógeno en las diferentes muestras de Compost | 66 |
| Ilustración 16-4: | Porcentaje de Potasio (K), en las diferentes muestras de Compost | 67 |
| Ilustración 17-4: | Porcentaje de Fósforo (P), en las diferentes muestras de Compost | 68 |
| Ilustración 18 -4: | Relación Carbono-Nitrógeno de las diferentes muestras de Compost | 69 |

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: ANÁLISIS EN LABORATORIO

ANEXO B: RECOLECCIÓN, PICADO Y CONSTRUCCIÓN DE LAS PILAS DE COMPOST

ANEXO C: ELABORACIÓN SUSTRATO ACTIVACIÓN DE LOS MICROORGANISMOS

ANEXO D: ANÁLISIS FISICOQUÍMICO MUESTRAS ESTIÉRCOL Y RESIDUOS

ANEXO E: VOLTEO DE LAS PILAS Y MEDICIÓN DE PARÁMETROS IN SITU

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo elaborar un compostaje a través del proceso de co-compostaje de residuos de la Pitahaya obtenido de las plantaciones pertenecientes al Cantón Palora-Morona Santiago, a través de pilas por volteo. En lo que respecta a la metodología se empleó un enfoque de investigación mixto, con un nivel explicativo y descriptivo. En el diseño de la investigación se procedió a utilizar el carbono orgánico contenido en los residuos sólidos biodegradables agregados al compost, promoviendo un proceso de descomposición altamente activo y con ello un aumento de la temperatura. Los desechos de pitahaya se co-compostaron con la cascara individualmente para evaluar los efectos de estos desechos orgánicos fácilmente disponibles en el cantón Palora. Cada material de co-compostaje se mezcló con desechos de estiércol de vaca, gallina y la semilla Takakura, en una proporción de peso húmedo de 1:1 y se compostó durante 104 días. Los resultados mostraron que todos los materiales de co-compostaje aceleraron la degradación del carbono total y resultaron en mayores niveles de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en el producto final. La mezcla logró la pérdida total de carbono más rápida, logrando alcanzar la temperatura mínima requerida para la destrucción del patógeno. Se concluyó que el producto final era la mejor fuente de potasio K y tenía un pH más alto que podría usarse para la remediación de suelos ácidos, recomendando el uso del co-compostaje para reducir la cantidad de residuos y aprovechar sus nutrientes permitiendo generar un producto que sirva como ayuda para los terrenos.

Palabras clave: <BIOFERTILIZACIÓN>, <CO-COMPOSTAJE>, <ESTIÉRCOL>, <MATERIA ORGÁNICA>, <PILAS DE VOLTEO>, <RESIDUOS DE PITAHAYA>, <SUELO>

0345-DBRA-UPT-2023



ABSTRACT

The main objective of the current research was to elaborate compost through the co-composting process of Pitahaya residues obtained from the plantations belonging to Palora County-Morona Santiago through turning piles. As methodology, it used a mixed research approach with an explanatory and descriptive level. In the research design used the organic carbon contained in the biodegradable solid wastes added to the compost; promoting a highly active decomposition process and an increase in temperature. The pitahaya wastes were co-composted with the husk individually in order to evaluate the effects of these organic wastes that are available in Palora County. Each co-composting material was mixed with cow dung waste, chicken manure and Takakura seed at a wet weight ratio of 1:1 being composted for 104 days. Results showed that all co-composting materials accelerated in the final product: total carbon degradation and resulted in higher levels of nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K). The mixture achieved the most rapid total carbon loss, reaching the minimum temperature required for pathogen destruction. Finally, it was concluded that the final product was the best source of potassium K, obtaining a higher pH which could be used for the remediation of acid soils therefore; it recommends the use of co-composting to reduce the amount of waste and take advantage of its nutrients to generate a product that serves as an aid for soils.

Keywords: < BIOFERTILIZATION>, <CO-COMPOSTING>, <MANURE, <ORGANIC MATTER>, <TURNING PILES>, <PITAHAYA WASTE>, <SOIL>, <PITAHAYA WASTE>, <SOIL>

0345-DBRA-UPT-2023



By: Mauricio Martinez P

C.I.:0602902504

INTRODUCCIÓN

El cambio climático es un fenómeno mundial, cuyo interés se ve reflejado en varios países comprometidos a disminuir las emisiones de gas de efecto invernadero (GEI) firmando el Acuerdo de París; donde uno de los objetivos de dicha iniciativa, es que los países incorporen plantas de biodigestores de compostaje anaeróbicos para el reciclaje de materia orgánica; así como difundir una conciencia social sobre la gestión medioambiental sustentable sobre el manejo de residuos de basura en la población de cada país.

Por otra parte, el Banco Mundial - BIRF-AIF (2018), indica que apenas el 5,5% de los residuos de basura a nivel mundial se compostan; mientras que, según la Food and Agriculture Organization of the United Nation - FAO (2013), muestra que el compost de origen doméstico puede recuperarse hasta 150 kilos por año por familia. La recolección de los desechos en América Latina y el Caribe tiene una alta cobertura en contraste con los patrones mundiales. Se recolecta alrededor del 85% de los residuos que se generan a nivel metropolitano. Naciones como Colombia o Uruguay llegan al 95% de cobertura en comunidades urbanas; a diferencia de lo que ocurre en las regiones rurales, donde se recolecta apenas el 30%. Algunos estudios muestran que de los residuos producidos en Latino América y el Caribe, dos terceras partes se encuentran en vertederos sanitarios, siendo algunos de ellos solo vertederos debidamente supervisados; por su parte, los vertederos al aire libre actuales abordan en torno al 27% del tratamiento de residuos.

En Ecuador, el 39% de la basura llega a rellenos sanitarios, el 26% a rellenos sanitarios y el 23% se envía a vertederos a la intemperie (INEC y AME, 2014). Este tema de los desechos producidos en las casas se suma a los producidos en el área agropecuario, este gran número de problemas se pueden paliar a través de tratamientos biológicos controlados que permitan atenuar las externalidades ecológicas. Una metodología que se ha utilizado desde la antigüedad para cambiar los desechos naturales y tener la opción de utilizarlos posteriormente en la horticultura es el tratamiento de proceso de compostaje (Cegarra Rosique y Paredes Gil, 2008).

Los principales avances tecnológicos aparecieron alrededor de 1930, pero la interacción no se adoptó por completo hasta la aparición de las plantas de tratamiento de aguas residuales algo recientemente en el siglo XX (Lavado, 2012, p. 83). El tratamiento de compostaje del suelo es un ciclo bio-oxidativo controlado que incluye un sustrato natural heterogéneo, una etapa termófila y creación de materia natural sedimentada (MO) denominada fertilizante (Zucconi y De Bertoldi, 1987), y es actualmente uno de los tipos de administración de residuos naturales más utilizados en todo el mundo.

La falta de administración en la gestión de los residuos sólidos de naturaleza orgánica a partir de la pitahaya en el cantón Palora, zona de Morona Santiago produce contaminación visual, disposición de malos olores y contaminación por lixiviados. Además, los excrementos de los animales sin control de la zona pueden ser utilizados en las plantaciones como abono natural, lo cual es peligroso para el suelo activo por la gran carga bacteriana que contienen, las cuales se multiplicarán, haciendo que se contaminen los cultivos y acidificación del suelo.

El tratamiento del suelo sirve para disminuir significativamente la masa y el volumen de la materia orgánica, eliminar las semillas de malas hierbas, eliminar los organismos patógenos que pueden causar enfermedades en los animales y las personas, reducir los gases de escape posiblemente dañinos y estabilizar los nutrientes (Prono et al., 2010, p. 45). El manejo de los residuos naturales a través de esta estrategia es, por tanto, una opción factible para disminuir una parte de estos problemas y, simultáneamente, crear una opción social para la acción financiera y laboral a través del desarrollo de biofertilizantes. La producción de enmiendas permite mitigar las sustancias nocivas para enmiendas orgánicas y el ozono, produce aportes opcionales y correlativos a los abonos combinados sintéticamente, y por último contribuye a la recuperación de suelos (Corredor y Pérez, 2018).

En base a lo mencionado, la presente investigación pretende diseñar un proceso de co-compostaje para satisfacer las necesidades de la comunidad agrícola que vive en el sector; para lo cual se ha desarrollado los siguientes apartados: en el capítulo I se plantea el problema de investigación, donde se aborda las limitaciones y delimitaciones; así como los objetivos tanto general y específico para posteriormente establecer la justificación teórica del estudio y la hipótesis; en el capítulo II se establecen los fundamentos teóricos donde se conceptualiza las variables; en el capítulo III se detalla la metodología de investigación donde se elabora el compost, se recolecta la materia prima y se realiza el análisis estadístico inferencial; en el capítulo IV se realiza el marco de análisis e interpretación de resultados, donde a través de un estudio químico biológico se determina diversas variables del compost; finalmente se plantean las conclusiones y recomendaciones del estudio.

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

El co-compostaje ha presentado a lo largo de los años una trayectoria pendular; en los últimos tiempos ha vuelto a ser una opción con interés debido al: incremento de la generación y problemática de distintos tipos de residuos orgánicos, así como a legislaciones que demandan la reducción de MO que llega a los vertederos, la protección del suelo y el control de las emisiones relacionadas con el cambio climático (Soliva et al., 2017, p. 24).

En el año 2016, Sudamérica produjo unos 232 millones de toneladas de vegetales (cereales, cítricos y hortalizas), de los cuales 3,4 millones se produjeron en Ecuador. Actualmente en este país no se lleva a cabo una gestión adecuada de los residuos vegetales generados, ya que son comúnmente acumulados en terrenos vacíos cercanos a las explotaciones agrícolas o incinerados (Valverde et al., 2018, p. 73).

Actualmente, la Pitahaya es una de las principales fuentes de ingreso para los agricultores de la provincia de Morona Santiago, en especial de los mayores productores que se encuentran en el cantón Palora (Muñoz, 2018). Según Villón (2021), el Cantón Palora concentra la producción más alta de pitahaya, con alrededor de 3.000 hectáreas de cultivos de esta fruta. Incitando así que las amplias plantaciones de pitahaya del cantón produzcan una cantidad innumerable de residuos. Las pencas de la pitahaya se re acumulan después de cada cosecha (cada tres meses), provocando un amontonamiento desmedido de este desecho. Asimismo, la eliminación y el proceso que se le da al residuo (desde la poda hasta su disposición final), se ha convertido en un inconveniente para los productores, puesto que, se ha pensado en diferentes métodos de expeler, pero sin tener efectividad del proceso y sin poder darle ningún otro beneficio a esta materia prima.

1.2. Limitaciones y delimitaciones

1.2.1. Limitaciones

Entre las limitaciones que se encontraron en la investigación, se presentó la falta de recursos económicos para poder movilizarme al cantón Palora; otro factor limitante se presentó a partir de la segunda semana del mes de junio, hasta inicios del mes de julio, debido a las manifestaciones que se dieron en el país, por lo que me impidió el traslado al cantón Palora y poder efectuar la

toma de datos de las diferentes pilas. Por último, otra limitación fue la falta de reactivos en el laboratorio para la realización del análisis del NPK de los diferentes tratamientos.

1.2.2. Delimitaciones

El proceso de elaboración del Compost se lo realizó en uno de los cantones con el mayor índice de producción de pitahaya a nivel nacional, este es el catón Palora que se encuentra en la provincia de Morona Santiago-Ecuador, principalmente en el área donde se encuentra el Centro Agrícola perteneciente al GAD cantonal de Palora.

1.3. Problema General de Investigación

¿Podría obtener un compostaje de residuos de pitahaya, mediante el método de pilas de volteo?

1.4. Problemas específicos de investigación (Preguntas)

- ¿Se puede evaluar la variación de las variables del compost, mediante la caracterización fisicoquímica y biológica de los residuos de pitahaya?
- ¿Se podría demostrar cual es el método más efectivo, mediante la realización de pilas por volteo y bajo condiciones controladas?
- ¿Realizando la medición de la concentración, se podría determinar si el compost es bueno como uso de enmienda para el suelo?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Elaborar un compostaje a través del proceso de co-compostaje de residuos de la Pitahaya obtenido de las plantaciones pertenecientes al Cantón Palora-Morona Santiago, a través de pilas por volteo.

1.5.2. Objetivos específicos

- Realizar la caracterización de los residuos de pitahaya y los diferentes tipos de estiércol, mediante análisis fisicoquímicos y biológicos.
- Diseñar 4 pilas para la obtención de compost a partir de los residuos de pitahaya y diferentes tipos de estiércol, bajo condiciones controladas.

- Determinar la concentración del compost por análisis fisicoquímico, como uso de enmienda para el suelo.

1.6. Justificación

La pitahaya del género *Hylocereus*, es una fruta muy famosa a nivel mundial por sus increíbles propiedades antioxidantes. Se la conoce como “La Fruta del Dragón”, y en estos últimos años ha llegado a tener una gran aceptación en el mercado, gracias a que es un alimento nutritivo (Ruiz et al., 2020, p. 36). Esta fruta tiene gran aceptación nacional como internacional por lo que cada día incrementa la cantidad de productores de pitahaya. De igual manera las pencas de pitahaya suministran una alta cantidad de nutrientes que son incorporados por medio de fertilizantes y abonos orgánicos que nutren a la planta y la mantienen sana de los patógeno (Vargas et al., 2020, p. 123).

Una de las principales desventajas es que al haber tanta demanda de fruta los precios llegan a bajar rotundamente, teniendo un costo que no cubre ni la inversión que se le da al mantenimiento de la planta. Además, las extensas plantaciones de esta fruta generan una gran acumulación de residuos (pencas de pitahaya), de la cual no se le da una buena gestión, llegando a ser un gran problema para los agricultores de este cantón la eliminación de este residuo.

El compostaje se presenta como la mejor alternativa a implementarse, no requiere de una alta inversión económica; mientras que su beneficio es diverso, razón por la cual, se pretende ejecutar este proyecto a micro escala para de esa manera motivar a los agricultores de la zona para que la implementen a mayor escala.

1.6.1. Justificación teórica

La investigación aporta al conocimiento al implantar una metodología que garantice la calidad del compost, ya que permite garantizar las propiedades del mismo, de igual manera, la producción de abono beneficiará a todo el sector agrícola que se dedica a la venta y producción de la fruta de pitahaya, permitiéndoles tener un beneficio de la fruta rezagada y garantizándoles un producto de calidad que aporte gran rendimiento a los cultivos.

1.6.2. Justificación práctica

La amplia generación de residuos de pitahaya en el cantón Palora implica una molestia para los agricultores, siendo este factor el que dio origen a la necesidad de contribuir con una solución,

para poder enmendar esta gran problemática y de la misma manera implementar un plan de aprovechamiento del material desechado para la elaboración de un método autosustentable.

Para la elaboración de este producto (Compost de Residuos de Pitahaya), se utilizó una metodología de pilas por volteo, que consistió en la elaboración de 4 pilas con los desechos de pitahaya, la utilización de diferentes estiércoles, la semilla de Takakura y aserrín. De la cual consistió en voltear toda la materia orgánica, para de esa forma contribuir a la rápida reproducción de microorganismos anaeróbicos (requieren oxígeno), que permitan degradar para la rápida degradación de la materia orgánica.

1.7. Hipótesis

La hipótesis establecida para la investigación, se detalla a continuación:

¿Si, el tratamiento de los residuos de pitahaya sin el uso de estiércol, aporta mejores propiedades fisicoquímicas al suelo que al utilizar los tratamientos con estiércol?

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Referencias Teórica

2.1.1. *Compostaje*

El compostaje es un método que permite transformar los restos de materia orgánica en un material estable para el ambiente, esto de forma anaeróbica y haciendo uso de agentes microbianos como los microorganismos, los cuales ayudarán a que se acelere el proceso de descomposición, para de ahí poder obtener el abono (López et al., 2017, p. 86).

Según Rodríguez y Córdova (2016), “el nombre correcto del compost es Humus obtenido artificialmente por la descomposición bioquímica en caliente de residuos orgánicos”.

Los objetivos del proceso de compostaje según Campitelli et al., (2019), sostiene que los residuos los objetivos de los recursos orgánicos son los siguientes:

- Eliminación de microorganismos patógenos.
- Eliminación de sustancias orgánicas que puedan llegar a ser dañinas para las plantas.
- Reducción de los contaminantes provenientes del material de partida.
- Obtención de un material orgánico estable.
- Recuperación de la materia orgánica

Además, el compostaje tiene varias ventajas debido a que el compost o más conocido como humus es un perfeccionador del suelo, ya que le proporciona ciertos nutrientes que le hacen falta. A continuación, se describirá las ventajas que posee (Rodríguez y Córdova, 2016, p. 92).

- Ayuda en la retención de líquidos y humedad.
- Permite mejorar la estructura del suelo, por lo que previene la erosión del mismo.
- Mejora la absorción de rayos solares gracias al color oscuro que posee el compost.
- Suministra los nutrientes que le faltan a la planta, y las ayuda a crecer más fuertes.
- Crea un medio donde los microorganismos pueden desenvolverse y ayudar a descomponer más rápido la materia orgánica.

Mientras que los beneficios del compost para el suelo, según lo afirma Rodríguez y Córdova (2016), el compostaje es un componente que ayuda a mejorar el suelo. A continuación, se cita las funciones que aporta el compostaje al suelo:

- Ayuda en la aireación y la humedad del suelo.
- Mejora la estructura del suelo.
- Favorece al desarrollo de microorganismos en el suelo.
- Provee la absorción de los rayos solares, esto debido a su color oscuro (Rodríguez y Córdova 2016).

2.1.1.1. Factores que interviene en el proceso de Compostaje

Según Bohórquez (2019), para que el compostaje se pueda elaborar de la menor manera, se tiene que tener en cuenta ciertos parámetros que permite que los microorganismos puedan realizar de mejor manera su trabajo:

- a. Temperatura.** Este factor es importante debido a que de esta depende la reproducción de los microorganismos, que cuando empiezan a crecer, suele aumentar la temperatura (Moreno Casco et al., 2018). Dependiendo de la temperatura que tenga el compostaje se puede calificar que tan buena fue la estabilidad del proceso de descomposición de la materia orgánica (Bohórquez, 2019, p. 32).
- b. Humedad.** Considerando que el compostaje es un proceso biológico donde el agua es determinante para el mismo (Moreno, 2018, p. 22). Por otra parte, la humedad que posee el compostaje debe ser tal que los poros de la masa no sea ocupada por el agua, para de esa manera permitir que circule libremente el oxígeno u otros gases que se producen en la reacción (Bohórquez, 2019).
- c. PH.** El pH es otra de las variables fundamentales ya que nos permite asimilar el avance que tiene el compost. El PH según Bohórquez (2019), se presenta en tres etapas:
 - **Fase Mesófila (Inicial):** La primera fase es conocida como Mesófila, en esta etapa se da la adopción de los microbios en el medio putrefacto y seguidamente su propagación. Este período dura de 2 a 4 días y se desenvuelven bien las temperaturas superiores a los 50° C. En esta fase los microorganismos se multiplican gracias a su actividad metabólica, provocando que se eleve la temperatura y disminuya gradualmente el pH. En este período son atacadas las sustancias carbonadas fácilmente oxidables como los glúcidos, almidón, aminoácidos y proteínas solubles (Quinatoa, 2015). En esta fase el pH disminuye dado a la acción que producen los microorganismos en la materia orgánica, produciéndose la liberación de ácidos (Bohórquez, 2019).

- **Segunda Fase:** Esta fase es conocida como termofílica, aquí las poblaciones mesófilas son substituidas por las termófilas en ambientes entre 50-70° C, aquí los patógenos, larvas, e inclusive semillas de malezas perecen por estrés térmico. El proceso tarda entre una a ocho semanas según el ritmo de fermentación acelerado o lento, dependiendo de los especímenes que entran a una verdadera pasteurización y excesiva mineralización (Quinatoa 2015). En esta fase se produce la alcalinización del medio y esto se debe a la pérdida de los ácidos orgánicos que se dio en la fase inicial y generándose de esta manera amoníaco el cual se forma por la descomposición de las proteínas (Bohórquez, 2019).
- **Tercera Fase:** La tercera fase es la de finalización del proceso, en donde se tipifica por la ausencia de actividad metabólica. Es decir, va ocurrir una muerte microbiana debido a la falta de nutrientes (Quinatoa 2015). Esta etapa también se la conoce como fase de enfriamiento ya que no existe actividad microbiana, por lo que la temperatura disminuye rotundamente hasta establecerse en una temperatura ambiente, en esta fase el pH se neutraliza gracias a la formación de compuestos húmicos que son muy conocidos por las propiedades tampón que poseen (Bohórquez 2019, p. 53).
- **Aireación:** el oxígeno es uno de los componentes primordiales para la producción del compostaje ya que los microorganismos son aerobios. Se debe tener en cuenta que la falta de oxígeno puede provocar el cambio en los microorganismos de aerobios en anaerobios. Pero si existe un exceso de aireación puede provocar un enfriamiento en de la masa (Bohórquez, 2019).

2.1.1.2. Insumos utilizados para el proceso de compostaje

Entre los insumos utilizados para el proceso del compostaje se encuentran los siguientes:

- **Estiércol:** el estiércol es uno de los componentes que no puede faltar en la elaboración de compostaje. Entre los más utilizados son el estiércol de: ganado, cuyes, pollos, cabras, entre otros (Bongcam, 2016).
- **Forrajes en general:** los forrajes son los residuos que se obtienen de las cosechas o de la cocina y de igual manera se las puede aportar en el proceso de elaboración del compostaje ya que poseen algunos minerales importantes (Bongcam, 2016).
- **El carbón:** una de las propiedades que posee el carbón es que ayuda absorber la humedad, dando una buena oxigenación en la composta (Bongcam, 2016, p.56).
- **Melaza:** la melaza de caña es de gran importancia ya que esta ayuda a que se produzca la fermentación del compostaje, lo que mejora la actividad de los microorganismos (Bongcam, 2016, p. 57).
- **El agua:** el agua es fundamental en el proceso de compostaje, es requerible utilizar agua natural que no contenga ninguna mezcla con algún compuesto como el cloro. Este elemento

será esencial para homogenizar la humedad de los insumos del compost (Bongcam, 2016, p .57).

- **Levadura:** la levadura es el motor de arranque para la fermentación del compostaje ya que interviene en la inoculación de los microorganismos. En caso de carecer de este componente, se puede hacer uso del fermentado de maíz Bongcam, 2016, p. 57).
- **Cal:** se la utiliza principalmente para pasteurizar la materia orgánica que puede llegar contaminada Bongcam, 2016, p. 58).
- **El sitio:** el lugar donde se vaya a desarrollar la actividad (compostaje), debe ser en un lugar cubierto donde no haya exposición con el sol (Bongcam, 2016).

2.1.2. Co-compostaje

El co-compostaje es el proceso de degradación aeróbica de compuestos orgánicos utilizando más de una materia prima. Los materiales iniciales pueden ser de origen industrial, agrícola o doméstico urbano, y todos los materiales pueden reciclarse como bio recursos de acuerdo con la legislación local, considerando que hasta el presente año se han publicado diversos estudios sobre co-compostaje de lodos de depuradora, excretas animales, residuos sólidos urbanos y residuos vegetales, procedentes de diversas actividades piloto experimentales y plantas de tratamiento a escala industrial (Giagnoni et al., 2020 p. 185).

Desde siempre, el compostaje de residuos sólidos orgánicos estuvo orientado al saneamiento y reducción de volumen de los residuos municipales, con amplios esfuerzos dirigidos a las innovaciones mecánicas, la reducción de emisiones y olores durante el proceso de compostaje, y la aceleración de la maduración del compost a través de la consecución de una fase termófila sostenida.

Desde la década de 1990, algunos nuevos enfoques de co-compostaje se han extendido al tratamiento de desechos orgánicos, con la ayuda del uso de matrices minerales, mientras que las técnicas de co-compostaje destinadas a la recuperación de matrices ambientales inorgánicas, como suelos y sedimentos, todavía se informan raramente. Una encuesta bibliográfica en Scopus (Elsevier) reveló que se podían recuperar 596 artículos usando 'co-composting', con una marcada tendencia creciente de publicaciones científicas desde mediados de la década de 2000 en adelante (ver Ilustración.1).

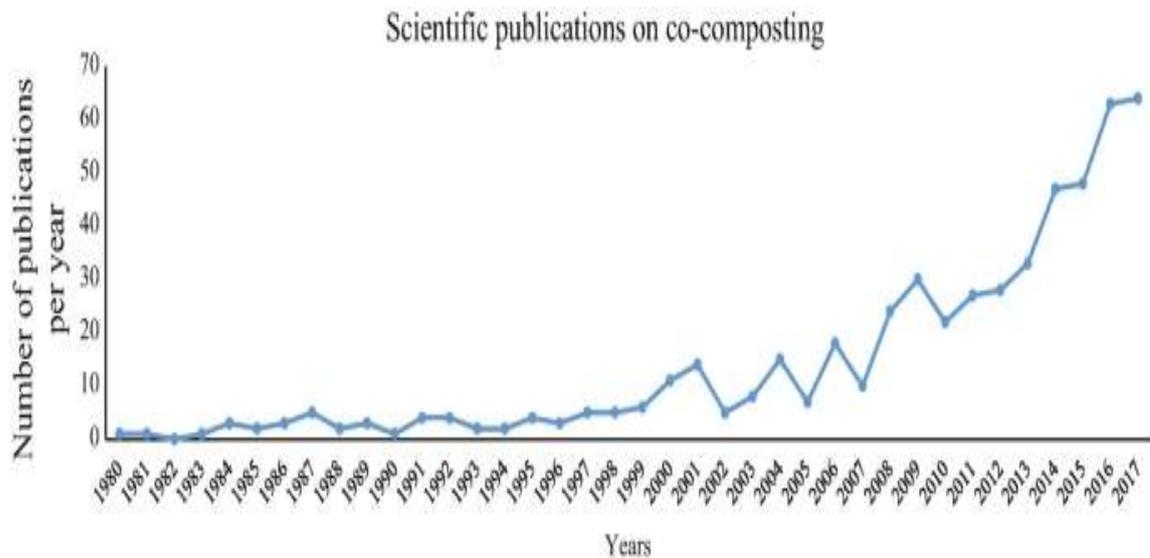


Ilustración 1-2: Tendencia de publicaciones que utilizan el término co-compostaje en el título o palabras clave en el período 1980–2018.

Fuente: (Hoornweg et al., 2000).

Las primeras publicaciones centradas en el co-compostaje se originaron en países de Europa Occidental y América del Norte, el crecimiento sustancial del cuerpo de literatura sobre el tema proviene principalmente de países asiáticos, principalmente China, India y Malasia, donde este enfoque está contribuyendo significativamente a la modernización del manejo de los residuos, sobre todo en países tecnificados y desarrollados (Hoornweg et al., 2000).

2.1.2.1. Residuos orgánicos compostados con aditivos inorgánicos y bióticos

Barthod et al. (2018) ilustra exhaustivamente cómo el compostaje de las cuatro grandes categorías de residuos orgánicos (residuos alimentarios, residuos verdes, residuos sólidos urbanos y lodos de depuradora) se ha realizado principalmente mezclándolos con varios materiales inorgánicos y tipos de residuos, con el objetivo de mejorar aspectos del proceso de compostaje. Donde las características específicas del proceso de compostaje, como saneamiento, maduración del compost y emisión de olores; concentraciones de contaminantes y grado de compost; contenido y disponibilidad de nutrientes; y las emisiones de gases de efecto invernadero han recibido diferentes grados de atención dependiendo de los 'temas candentes' que están siendo discutidos por la comunidad científica y todas las partes interesadas.

El compostaje, como proceso, ha demostrado ser efectivo contra varios contaminantes orgánicos a través de su completa mineralización o conversión en sustancias menos tóxicas. Según Atagana (2004) informó que la adición de 25% de estiércol de aves de corral a un suelo contaminado previamente mezclado con astillas de madera 1:1 podría reducir el porcentaje de concentración

de “hidrocarburos aromáticos policíclicos” (HAP) más que en la mezcla de suelo y astillas de madera solamente, a niveles por debajo de 1 mg/kg, principalmente mediante el ajuste del valor de la relación C:N y el control de la temperatura, lo que favoreció la proliferación microbiana.

Los estudios exitosos respaldan el co-compostaje como una técnica capaz de degradar moléculas orgánicas dañinas incluso en matrices minerales contaminadas, aunque no se ha prestado mucha atención al diseño de tales procesos de co-compostaje. En este contexto, un estudio de co-compostaje realizado por Pucha (2017), quienes adoptaron un enfoque de co-compostaje para producir un tecnosol a base de sedimentos, adecuado para mejorar el desarrollo de las plantas.

El co-compostaje de compuestos orgánicos de desechos en condiciones aeróbicas controladas es en realidad un proceso biotecnológico que ayuda a resolver esta crisis mundial que enfrentamos en términos de gestión de desechos. Es posible encontrar en la literatura científica una gran cantidad de trabajos que tratan sobre el co-compostaje -muchas veces titulado únicamente compostaje- como una tecnología diseñada para lograr mayores beneficios en la desviación de algunos residuos no biodegradables del vertedero. Algunos de esos trabajos son brevemente referidos a lo largo de este texto, con el objetivo de ilustrar la diversidad de residuos que se pueden encontrar en términos de co-compostaje, de manera muy breve.

2.1.2.2. Co-compostaje de residuos hortícolas con cascara de frutas

Aunque se han investigado muchos co-compostaje diferentes, la práctica depende de la disponibilidad de materiales de co-compostaje en el entorno local. Los desechos orgánicos, como las cáscaras de frutas, los residuos de soja y los desechos de alimentos, están fácilmente disponibles y contienen un alto contenido de nutrientes como nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). Pero la mayoría de las veces, estos desechos no se utilizan de manera efectiva y no se eliminan mediante incineración.

Kalemelawa et al. (2012), investigaron sobre cómo mejorar el compostaje de cáscaras de banano mediante el co-compostaje con estiércol animal, cama de aves o lombrices de tierra. Pero el compostaje con desechos hortícolas no se incluyó en el estudio. Wong et al. (1999), estudió la frecuencia de rotación óptima para el co-compostaje de residuos de soja con hojas y aserrín. Sin embargo, no se informaron los principales nutrientes como el fósforo y el potasio. El desperdicio de alimentos está fácilmente disponible y se ha investigado ampliamente, incluido el estudio de diferentes agentes de carga, sistema operativo y control de pH. Por lo tanto, es significativo comparar su efecto con las cáscaras de frutas y los residuos de soja rara vez estudiados.

2.1.2.3. Co-compostaje de estiércol avícola con otros residuos agrícolas

La estabilización de residuos orgánicos a través del compostaje puede prevenir el daño ambiental, presentando un balance positivo cuando se aplica al suelo. Aunque el compostaje ha sido ampliamente estudiado, actualmente no existen informes publicados sobre el compostaje de los desechos producidos en la región amazónica. Esta región se enfrenta a los problemas que conlleva un crecimiento económico significativo, por lo que es necesario aplicar estrategias de gestión sostenible de residuos en el futuro (Rizzo et al., 2013, p. 81).

2.1.2.4. Microbiota presente en el compost

Una de las muchas características que posee el compost es la presencia de microbiota (microorganismos), los cuales cumplen funciones específicas para la aceleración del proceso de producción de composta. Trillas et al., (2019), señala que una investigación realizada por Ryckeboer y col. (2003), pudo demostrar la presencia de 155 especies de bacterias distintas, de las cuales 33 eran pertenecientes a la familia de actinomicetos, 66 pertenecían a géneros diferentes y 408 pertenecían a especies de hongos. Se podría decir que la investigación aportada varía con el pasar de los años ya que en la realización de compost llegan aparecer nuevas especies de microorganismos, pero de lo que sí se tiene en cuenta es que las familias microbianas señaladas anteriormente sí se encuentran en la constitución de las pilas hasta el final del proceso de compostaje (Trillas et al., 2019).

2.1.2.5. Bacterias Promotoras del Crecimiento de las Plantas (BPCP)

Los investigadores Joseph W. Kloepper y Milton N. Schroth fueron los que dedujeron un grupo de bacterias que promovían el crecimiento de las plantas denominadas como (PGPR) por sus siglas en inglés (Trillas et al., 2019). Las cuales eran un grupo de diferentes especies bacterianas que ayudaban a incrementar el desarrollo y la fertilidad vegetal. Se dividen en dos grupos:

- **Agentes PGPR:** interfieren en el crecimiento vegetal.
- **Biocontrol-PGPR:** son aquellas bacterias delegadas a controlar los fitopatógenos Ejm: Azospirillum, Acetobacter, Azotobacter (Trillas et al., 2019).

2.1.2.6. Capacidad Biofertilizante del Compost

La utilización de compost en la agricultura tiene un gran valor, ya que este posee un coste muy importante en el mantenimiento de la planta y el aumento de su productividad, esto debido a los

problemas que tiene las siembras intensivas como los monocultivos (Trillas et al., 2019, p. 89). Por tal motivo hoy en día debido al deterioro de los ecosistemas se ha visto en la necesidad de incorporar nuevas alternativas que permitan asegurar unas tierras ricas donde las plantas crezcan y produzcan, una de ellas es la creación de compost y adaptación de microorganismos a las plantaciones.

2.1.3. Fases del proceso de compostaje

Según Soliva (2001), “en cualquier proceso de compostaje se pueden distinguir al menos dos fases que son las fases de descomposición y la fase de maduración”

2.1.3.1. Fase de descomposición

En la elaboración del compost una de las fases más importantes es la descomposición, debido a que los microorganismos se encargan de descomponer toda la materia orgánica para luego convertirla en dióxido de carbono, en calor, agua y en humus, siendo el producto final orgánico. El compostaje en condiciones adecuadas presenta tres fases: 1) la fase mesófila o de temperatura moderada, que dura un par de días, 2) la fase termófila o de temperatura alta, que dura desde unos días hasta varios meses, y finalmente, 3) una fase de enfriamiento y maduración de varios meses.

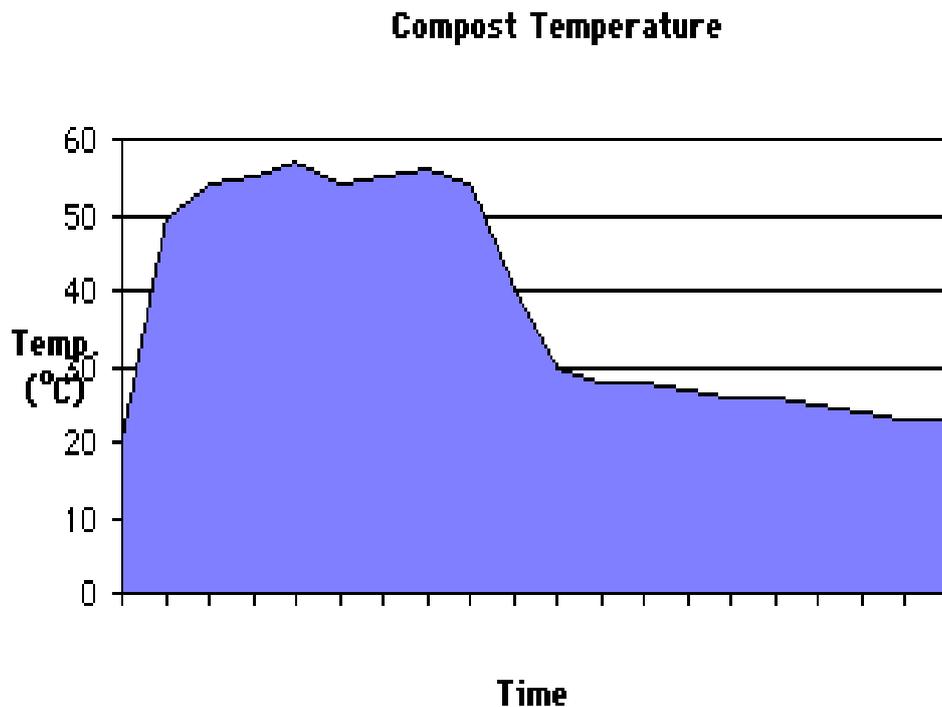


Ilustración 2-2: Variación de la temperatura en un proceso de compostaje.

Fuente: (Arce, 2019).

Es importante mencionar, que, durante las diversas fases de elaboración del compostaje, predominan varias clases de microorganismos, cuya primera fase de la llevan a cabo microorganismos mesófilos, que se encargan de los componentes solubles y de degradación simple; provocando un incremento en la temperatura del compost. Cuando la temperatura empieza aumentar un poco más de los 40°C, es cuando los microorganismos presentes (mesófilos), empiezan a ser menos competitivos y se intercambian por otros diferentes (termófilos), que aprecian el calor. A temperaturas de 55 °C y superiores, se destruyen muchos microorganismos que son patógenos humanos o vegetales. Debido a que las temperaturas por encima de los 65°C matan muchas formas de microbios y limitan la tasa de descomposición, los administradores de compost utilizan la aireación para mantener la temperatura lejos de ese nivel. Durante la fase termófila, la temperatura incrementada provoca la aceleración del proceso de descomposición de proteínas, grasas y carbohidratos complejos como la celulosa y la hemicelulosa, las principales moléculas estructurales de las plantas (Arce, 2019).

A medida que se agota el suministro de estos compuestos de alta energía, se va disminuyendo la temperatura del compost de forma gradual y los microorganismos mesófilos vuelven a tomar el relevo para la fase final de "curado" o maduración de la materia orgánica restante; donde las moléculas complejas se transforman en orgánicas e inorgánicas más sencillas. Este proceso se denomina exotérmico, que se debe a la acción principal que realiza (actividad biológica). La etapa de descomposición se compone de dos fases, una fase mesófila con temperaturas hasta los 45oC, y una fase termófila con temperaturas que pueden llegar a los 70oC (Arce, 2019, p. 54)

Hay dos clases principales de microorganismos de compostaje, conocidos como aerobios y anaerobios, los aerobios son bacterias que requieren niveles de oxígeno de al menos un 5 por ciento para permanecer activos y son considerados como los microorganismos más importantes; además, estas bacterias se alimenta de desechos orgánicos que luego son desprendidos en forma de sustancias químicas como el Magnesio, Fósforo y Nitrógeno que llegan a ser excelentes nutrientes para las plantas (Bermeo, 2021, p. 37).

Los microorganismos anaerobios son bacterias que no requieren oxígeno y tampoco procesan tan bien los desechos orgánicos como lo hacen los microorganismos aeróbicos. Las anaerobias producen sustancias químicas que ocasionalmente son tóxicas para las plantas y hacen que las pilas de compostaje huelan mal porque liberan sulfuro de hidrógeno, que huele a huevos podridos. El compost se encuentra constituido por el 80% y 90% de microorganismos (bacterias), siendo el porcentaje restante algunas especies de hongos que incluyen mohos y levaduras. Además de los microorganismos, otras criaturas útiles, como cochinillas, ciempiés y gusanos, llegarán a la pila de compostaje si las condiciones son las adecuadas. Estos animales descomponen los desechos

de comida, los recortes de jardín y otros elementos orgánicos en la pila de compost y ayudan a convertir el material de desecho en tierra rica en nutrientes (Bermeo, 2021, p. 56).

2.1.3.2. Fase de maduración

Durante un proceso de compostaje, la materia orgánica se biodegrada en un material húmico. La madurez es una medida de la materia del humus y su idoneidad al final de la vida. La actividad de los microorganismos es un indicador de la estabilidad biológica y el compost estable es un indicador de la madurez (Butler et al., 2001, p. 49).

Cuando el compost madura se oscurece y los olores desagradables iniciales desaparecen (Antil et al., 2014). Un olor desagradable también puede ser un efecto del compostaje anaeróbico (Sullivan y Miller, 2001). El cambio de color se debe a un aumento en la materia humus. El color se puede evaluar utilizando las variables de color CIELAB, que analizan la luminosidad, rojo a verdoso y amarillo a azulado. La estabilidad del compost puede indicarse mediante la estabilización de las variables de color (Rashwan et al., 2020, p. 59).

La prueba de madurez del compost basada en la fitotoxicidad es una metodología bien establecida en todo el mundo. Varios estudios también utilizan la toxicidad para los organismos acuáticos (ecosistemas acuáticos y marinos) y los organismos del suelo para investigar los efectos de la toxicidad del compost en la vida silvestre cuando se esparce el compost. La evaluación in vitro de la citotoxicidad basada en larvas de *Artemia salina* (un crustáceo branquiópodo) fue utilizada por El Fels et al. (2016) como una nueva prueba de rutina simple, sensible y confiable para evaluar la toxicidad del compost inmaduro. *Artemia salina* Tiene la ventaja de un tiempo de generación corto, quistes de eclosión rápida y alto grado de sensibilidad con variabilidad reducida. La correlación positiva entre las propiedades fisicoquímicas asociadas con la madurez del compost (NH_4/NO_3 y C/N) y el índice de citotoxicidad propuesto indicó que el bioensayo de *Artemia* a corto plazo puede constituir una prueba estandarizada confiable y aceptable para la madurez del compost. Se ha utilizado un bioensayo desarrollado en los Estados Unidos para probar la fitotoxicidad del compost debido a herbicidas recalcitrantes (Brinton et al., 2006).

2.1.4. Pitahaya

2.1.4.1. Origen e Historia de la Pitahaya

La Pitahaya es una fruta exótica que tuvo su origen en México, pero se la cultiva en varios países como Taiwán, el sur de China, Israel, Tailandia, Australia, Estados Unidos de América y Malasia.

Uno de los países donde se los cultiva en gran cantidad es en Vietnam, en el cual se la conoce como “Thanh Long” o “El Dragón Verde”, esto debido al color verde que suele tener la fruta cuando aún no está madura y dragón por los soportes de la fruta, es decir las pencas (Ruiz et al., 2020).



Ilustración 3-2: Pitahaya Verde (*Hylocereus Megalanthus*)

Fuente: (Ruiz et al. 2020)

Antiguamente este fruto fue domesticado, especialmente por la cultura precolombina ya que lo utilizaban en su dieta y en forma de medicina, pero ahora en la actualidad este fruto es muy conocido y novedoso debido a que posee gran cantidad de propiedades nutricionales lo cual acapara la curiosidad en el sector alimentario y comercial; además se determinó que la pitahaya es nativa de América Central y del Sur y se cultivan comercialmente en una amplia gama de países en América como México, Nicaragua, Guatemala, Estados Unidos y países Asiáticos como Taiwán, Vietnam, Filipinas e Israel; por su parte, la pitahaya amarilla evolucionó en tierras andinas amazónicas como Perú, Ecuador y Colombia; lo que explica su comportamiento trepador y tallo segmentado con facilidad de emitir raíces secundarias (Ruiz et al., 2020, p. 68).

2.1.4.2. Caracterización Botánica de la Pitahaya

La pitahaya es miembro de la familia “Cactaceae” y sobresale por sus dos géneros que están separados y son los “*Hylocereus*” y “*Selenicereus*”, siendo el primero el más cultivado comercialmente dado que cubre alrededor de 16 especies diferentes; además, la fruta de pitahaya se la conoce como exótica por la apariencia de su cascara y el sabor que lo caracteriza, además en toda la superficie de su cáscara posee unas formaciones sobresalientes llamados bractéolas las cuales resaltan a la vista del consumidor (Ruiz et al., 2020, p. 68).



Ilustración 4-2: Pitahaya Amarilla (*Hylocereus Megalanthus*)

Fuente: (Ruiz et al. 2020).

2.1.4.3. Composición de la Pitahaya

La fruta de pitahaya está compuesta por la cascara la cual contiene escamas donde lleva espinas, también está compuesta de pulpa que es consistente y espumosa, que presenta una coloración blanca con pequeñas y suaves pepas comestibles (Ruiz et al. 2020).

- a. **Soporte.** La planta de la pitahaya requerir un soporte que le permita sostenerse debido que su estructura no lo permite (Sierpowska et al., 2019).
- b. **La Raíz.** Con respecto a la raíz, posee de dos raíces, la primera está constituida por la raíz principal que es poca profunda y sus raíces secundarias las cuales son muy ramificadas y superficiales (Sierpowska et al., 2019).



Ilustración 5-2: Raíz de la Planta de Pitahaya (*Hylocereus Megalanthus*)

Fuente: (Ruiz et al. 2020)

- c. El Tallo.** El tallo es el que receipta y regula el paso de agua, además participa en la fotosíntesis. Es de color verde y posee tres aristas en sus bordes en donde tiene grupos de espinas de 2 a 4 mm (Sierpowska et al., 2019).
- d. La Flor de Pitahaya.** La flor posee un ovario inferior, es tubular, está compuesta por una cámara nectarial, numerosos estambres, brácteas verdes con orillas rojas, pétalos blancos, amarillos o rosados 2 (Sierpowska et al., 2019)

2.2. Bases conceptuales

2.2.1. *Parámetros Relativos a la naturaleza del Sustrato*

Entre los parámetros relativos a la naturaleza del Sustrato se determina los siguientes:

- a. Tamaño de la partícula:** el tamaño de las partículas es importante, pero este depende mucho de la disponibilidad del espacio que se tenga. Se podría decir que si las partículas son finas, el proceso puede aumentar su velocidad (Moreno, 2018, p.56).
- b. Relación C/N C/P:** Moreno (2018), deduce que: “Para que se produzca un buen compostaje debe hacer una relación de C y N, ya que por cada 30 partes de C se requiere una de N”, teniendo en cuenta que intervalo óptico requerido para la composta es de 25-35. En caso de que el porcentaje C-N tenga un valor superior a 40 disminuirá la actividad microbológica. El fósforo al igual que el Carbono y el Nitrógeno es de gran importancia y debe encontrarse en ciertas cantidades en el compostaje para que todo el proceso vaya de la mejor manera (Moreno 2018).
- c. Nutrientes:** los elementos más esenciales para la elaboración de un compost son: el N, P y C, distribuidos de la siguiente manera (Moreno 2018):
- **Nitrógeno(N):** Ayuda en la reproducción celular (Moreno 2018).
 - **Fósforo (P):** Interviene en la formación de compuestos celulares (Moreno 2018).
 - **Carbono (C):** Ayuda en la síntesis celular ya que interviene en la formación del protoplasma (Moreno, 2018, p. 65).
- d. Materia Orgánica:** La materia orgánica es la base para la elaboración del compost ya que de esta depende poder valorar su calidad. En el proceso de compostaje la materia orgánica empieza a mineralizarse para más adelante producirse una gran pérdida de carbono. El porcentaje de perdida que tiene todo este proceso es de un 20% de peso de la masa compostada (Moreno 2018). La pérdida de la materia compostada ocurre en las siguientes etapas:
- **Primera Etapa:** se da una depreciación rápida de los carbohidratos, y aquí se forman las cadenas carbonatadas
 - **Segunda Etapa:** en esta etapa compuestos más resistentes como las ligninas se degradan lento

y se convierten en compuestos húmicos.

- e. **Conductividad Eléctrica:** es aquella que está conformada por todo el material de partida, su concentración de sales, y la presencia de los iones amonio o nitrato (Moreno 2018, p. 57). Además, la conductividad eléctrica tiende a aumentar debido a la mineralización de la materia orgánica.

2.2.2. Los Residuos

El residuo es aquel componente que se generó a partir de una actividad la cual no constituye ningún valor por lo que son desprendidos como un desecho (Moreno 2018). Se dividen en:

- Residuos de las excreciones de los animales:
- Residuos provenientes de la transformación de la madera.
- Residuos Sólidos urbanos (Moreno 2018).

La Ley de los Residuos tiene tres conceptos importantes que son:

- **Reutilización:** es la utilización de mismo producto que ya fue usado.
- **Reciclado:** es el uso o transformación de los residuos del producto que ya fueron desechados o que ya no se utiliza, dándoles otra oportunidad.
- **Valorización:** es la apreciación que se le da a los residuos, pero sin que estos perjudiquen al medio ambiente (Moreno 2018).

2.2.2.1. Tipos de Residuos

Entre los tipos más comunes de residuos se encuentran los siguientes:

- a. **Residuos Ganaderos** Antiguamente se utilizaba los residuos del ganado para poder abonar el suelo y que se fertilice aún más. Con el pasar de los años la agricultura y la ganadería se separaron por lo que se empezó a dar uso a los fertilizantes, y dejando así de dar uso al estiércol de los animales (Moreno 2018). Una de las principales problemáticas que se dio, es la gran acumulación de estiércol de animales lo que ocasionaba olores desagradables y muy elevados. Por esta razón se ha vuelto a tomar en cuenta la utilización de los residuos de los animales como el ganado; uno de los principales aprovechamientos es en el compostaje
- b. **El compostaje de los residuos orgánicos.** Sánchez et al. (2017), describe que el compostaje de residuos orgánicos es una de las técnicas más utilizadas ya que esta permite poder tratar

aquellos restos de depósitos como: vertederos, enterramientos sanitarios, quema de residuos orgánicos, con un fin que es aprovechar de estos residuos y convertirlos en compostaje que se lo podrá utilizar más adelante como un componente para las plantas.

c. La Digestión Anaerobia. Se refiere a la descomposición de materia orgánica, pero en ausencia de oxígeno, lo que hace que se forme un gas inflamable debido a que este contiene una gran cantidad de metano. Según Sánchez et al. (2017), por medio de esta digestión se puede tratar una serie de excrementos como:

- Aguas Residuales
- Residuos orgánicos, excremento de animales.
- Residuos agrícolas o ganaderos.

2.2.3. Fases de la Fermentación Anaerobia

La fermentación anaerobia se divide en cuatro etapas:

- **Etapa Hidrolítica:** en esta etapa los compuestos orgánicos complejos son despolimerizados por la acción de las enzimas hidrolíticas, convirtiéndolas en moléculas más solubles y fáciles de degradar(Sánchez et al. 2017).
- **Etapa Acido génica:** en esta etapa los compuestos solubles que se obtuvieron de la etapa Hidrolítica se transforman en ácidos grasos de cadena corta (Sánchez et al. 2017).
- **Etapa Acetogénica:** en esta etapa los compuestos intermedios son transformados por las bacterias acetogénicas (Campos et al., 2017).
- **Etapa Metanogénica:** es la etapa final en donde los compuestos producidos en la etapa Acetogénica (ácido acético, hidrógeno, dióxido de carbono), se transforman en **CH₄** y **CO₂** (Sánchez et al. 2017).

2.3. Base Legal

Las normas, leyes y reglamentos descritos a continuación conforman el marco jurídico para el sector de los residuos sólidos.

2.3.1. Constitución de la Republica del Ecuador

La Constitución del Ecuador señala que en el art. 14 que “se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak Kawsay...” ; además en el art. 276. “establece que el Régimen de desarrollo

tendrá entre sus objetivos el de: “recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural” (CRE, 2018).

2.3.2. El Plan Nacional de Desarrollo

El Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 “toda una vida”, señala que:

Objetivo 3: “Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones” (SENPLADES, 2017).

Política 3.4: “Promover buenas prácticas que aporten a la reducción de la contaminación, la conservación, la mitigación y la adaptación a los efectos del cambio climático, e impulsar las mismas en el ámbito global” (SENPLADES, 2017).

Tabla 1-2: Marco legal para el manejo de residuos sólidos

| Marco Legal | Artículo |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Constitución política de la República del Ecuador, Registro oficial N°449.2008/10/10 | 1; 3 numeral 5 y 7; 10; 14; 15; 30; 66; 71; 72; 73; 74; 83; 263 |
| Políticas Nacionales de residuos sólidos | 32;33 |
| Ley de Prevención y Control de la contaminación Ambiental. Registro oficial. Suplemento 418,2004/09/10 | 1; 6; 10; 11; 13; 14; 15; y 92 |
| Ley de Gestión Ambiental Registro Oficial. Suplemento 418,2004/09/10 | 1; 2; 5; 7; 8; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 23 |
| Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre. Registro Oficial N° 418; septiembre 10 de 2004. | 1; 2; 3; 4; 6 |
| Ministerio del Ambiente Ecuatoriano N°061, Reforma del Libro VI del texto Unificado de Legislación Secundaria. Año II-N° 316-mayo 2015 | 5; 6; 7 |
| Reglamento de Aplicación de los mecanismos de participación social establecidos en la ley de Gestión Ambiental. D.E.1040,2008/04/22 | 6; 7; 8 literal a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k; 10; 16 Literal a, b, c. |
| Reglamento del Sistema Único de Manejo Ambiental. Registro Oficial N°. 725 diciembre 16 de 2002, rectificación suplemento Registro Oficial 31 de marzo de 2003 | 1; 3; 20; 32; 35; 37 |

Fuente: (Cofre, 2016, pp. 15-18)

2.3.3. Marco Legal para el uso del compost en la actividad agrícola

Según Jiménez (2015), “sobre el manejo y disposición de los residuos sólidos, es necesario aclarar que en Ecuador no se dispone de normativas vigentes en lo que respecta a la realización de abonos orgánicos, de esta manera se ve necesario recurrir a normas internacionales las cuales ayudarán a lograr determinar los límites permisibles de metales pesados, patógenos y vectores” (p.41).

Tabla 2-2: Límites máximos de metales pesados para considerar un buen compost en base a la Norma Chilena.

| Metal pesado | Límites de concentración Sólidos: mg/Kg materia seca | |
|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------|
| | Clase A | Clase B |
| Limitaciones en la aplicación agrícola | Sin limitación conocida | Sin limitación conocida |
| Cadmio | 2 | 8 |
| Cromo (total) | 120 | 600 |
| Cobre | 100 | 1000 |
| Mercurio | 1 | 4 |
| Níquel | 20 | 80 |
| Plomo | 100 | 300 |
| Zinc | 200 | 2000 |

Fuente: Norma Chilena Oficial, 2004.

Tabla 3-2: Valoración de la estabilidad-madurez de un compost.

| Parámetro | Valor Límite | Fuente |
|------------------------------|--------------|----------------------------------------|
| C hidrosoluble | <1 | Hue y Lui (1995) |
| C/N | <20 | Poilcelot (1974) |
| RH (%) | >7 | Roletto y col (1985) |
| IH (%) | >13 | Iglesias Jiménez y Pérez García (1992) |
| Pah (%) | >62 | Iglesias Jiménez y Pérez García (1992) |
| Cah/Caf | >1,6 | Iglesias Jiménez y Pérez García (1992) |
| Índice de Germinación | >50 | Zucconi y col (1981) |
| CCC (MEQ/100G MO) | >60 | Haranda e Inolo (1081) |

Fuente: (Meseguer, 2016, p. 47).

Donde RH: Relación de humificación; IH: Índice de humificación; Pah: Porcentaje de humificación; Cah/Caf: Relación de polimerización

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

3.1. Enfoque de la Investigación

Esta investigación tiene un enfoque mixto, es decir cuantitativo y cualitativo. Es cualitativo porque me permite valorar en cierto modo la calidad que tendrá mi compost y de igual manera poder estimar si tiene un rendimiento bueno para la utilización en los sembríos de pitahaya. Así mismo es cuantitativo, puesto que, en el proceso de elaboración del compost se tomaron en cuenta varios factores: físicos, químicos y biológicos, por lo tanto, se realizaron pruebas cuantitativas para determinar los parámetros del compost, permitiéndome así tener una valoración y calificación del abono que se elaboró.

3.2. Nivel de Investigación

El nivel de esta investigación es de carácter explicativo y descriptivo. Es explicativo por razón de que aquí se escribe el proceso de elaboración del compost, empezando desde la recolección de la materia orgánica, hasta la obtención del producto final que es el compost., de la misma forma, se describe los parámetros que se evaluaron, entre ellos tenemos los físicos, químicos y biológicos. Y es descriptiva, debido a que todos los resultados obtenidos de las pruebas se los cuantificó.

3.3. Diseño de la Investigación

La investigación es de tipo experimental, puesto que se realiza una manipulación dentro de la población estudiada; de igual forma, la muestra fue tomada en diversos periodos de tiempo para plasmar la variación de los componentes, como: el potencial de hidrógeno, la temperatura, la humedad, el nitrógeno total, el carbono total y la relación C/N; con lo que se cumplió un nivel de estudio explicativo y la manipulación de diferentes grupos. En base a lo mencionado, para el proceso de implantación del compostaje se realizaron tres actividades básicas como se detalla a continuación:

- Procesamiento de residuos de pitahaya.
- Descomposición de los residuos de pitahaya
- Preparación del producto (Compost)

El método de compostaje en pilas es el que se llevó a cabo en esta investigación, puesto que es el sistema más económico y el más utilizado. Aquí los materiales se acumularon sobre el espacio cubierto, sin comprimirlos en exceso, teniendo en cuenta que es muy importante la forma y medida de la pila. Mancha (2016), considera que las medidas recurridas para la construcción de las pilas oscilan entre 1,2 a 2m de altura. Para posteriormente ser ventiladas por convección natural, dado que estas deben ser volteadas frecuentemente dependiendo el material que se le proporcionó, la humedad y con la rapidez que se requiera obtener el compost.

Teniendo en cuenta estas características se procedió a elaborar las pilas. Se construyó 4 pilas que tuvieron las mismas dimensiones y la misma cantidad de materia orgánica, como de estiércol, para que en el momento de la obtención de datos sea más fácil poder diferenciar las variaciones de cada una de ellas. Finalmente, se le agrego un sustrato en las 4 pilas, el cual permitió activar el trabajo de los microorganismos y poder acelerar el proceso.

3.3.1. Según la manipulación o no de la variable.

La manipulación de la variable independiente fue, la Elaboración del Compost a partir de residuos de Pitahaya. La investigación se consideró como un diseño experimental puesto que se tomaron valores específicos de la temperatura, el pH, y la humedad, para la verificación de la correcta degradación de la materia orgánica posterior a la construcción del compost.

3.3.2. Según las Intervenciones en el trabajo de campo.

El trabajo de campo que se realizó es de forma transversal, ya que según las fases que posee el compostaje (Fase Mesófila, Fase Termófila, Fase de Enfriamiento, Fase de Maduración), y el tiempo que esta conlleva (120-180 días), se procedió a recolectar la información; permitiéndome de esa manera saber en qué fase se encontraba mi compostaje y asimismo poder determinar la variación de sus parámetros.

Tabla 1-3: Matriz de consistencia

| Problema | Objetivos | Hipótesis | Variables |
|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Problema general: | Objetivo general: | Hipótesis general: | Variable |
| Alta demanda en la producción de pitahaya. | Elaborar un compost con los residuos de Pitahaya obtenidos de las plantaciones pertenecientes al Cantón Palora-Morona Santiago. | Los componentes orgánicos (fruta de pitahaya, pencas de la planta de pitahaya), utilizados en la elaboración del compost, no contribuyen en la obtención | Independiente: Elaboración de Compost Indicadores: Relación 50%- |

| | | | | |
|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| -Mal manejo de los residuos de Pitahaya. | Objetivos | Específicos: | de abono orgánico con gran contenido de nutrientes para las plantas. | 50% |
| -Extensas acumulaciones de residuos de pitahaya. | -Realizar la caracterización fisicoquímica, química y biológica de los residuos de pitahaya. | | Hipótesis Específica: La elaboración de compost no es un proyecto viable que permita recuperar las pérdidas de inversión de las plantaciones de pitahaya. | Variable dependiente: Calidad del Compost |
| | -Diseñar 2 pilas para la obtención de compost a partir de los residuos de pitahaya y microorganismos eficientes, bajo condiciones controladas. | | | Indicadores: -Temperatura -Humedad -Potencial de Hidrógeno(pH) -Carbono -Nitrógeno |
| | -Determinar la concentración de Carbono y Nitrógeno obtenidos del proceso, para garantizar su eficiencia. | | | |

Realizado por: Ramón, Jennifer, 2022.

Tabla 2-3: Operacionalización de las Variables

| Variable | Concepto | Indicador | Instrumento |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Variable Independiente: | Es el proceso de descomposición de la materia orgánica por medio de una gran variedad de microorganismos en un medio húmedo y aireado, para dar en su etapa final un material rico en humus. | -Relación 50% Residuos de Pitahaya 50% de Estiércol. Relación 75% Residuos de Pitahaya 25% de Estiércol. - Relación 25% Residuos de Pitahaya 75% de Estiércol. | Balanza |
| Variable Dependiente: | La calidad viene determinada por las características y propiedades que contenga el compost y el cual pueda proporcionar al suelo. | -Temperatura -Humedad -Potencial de Hidrógeno(pH) -Carbono -Nitrógeno | Termómetro pH-metro |

Realizado por: Ramón, Jennifer, 2022.

3.4. Tipo de Estudio

El estudio de esta investigación es mixto, es decir de tipo Documental y de Campo. Es documental, porque esta investigación se apoyó en la revisión de literaturas para poder conocer ciertas metodologías que me permitieran una buena realización de mi compostaje. Y es de campo, ya que, de acuerdo a la metodología adquirida, se procedió a realizarlo siguiendo los pasos investigados.

3.5. Población y planificación, selección y cálculo del tamaño de la muestra

3.5.1. Área de Estudio

El presente proyecto de investigación se llevará a cabo en el espacio cubierto del Centro Agrícola perteneciente al GAD Municipal del cantón Palora, ubicado en el cantón Palora-Morona Santiago, Ecuador. Según los datos tomados con GPS la localidad se halla a 866 msnm, cuyas coordenadas geográficas son 169067 de latitud Sur y 9813773 de longitud Oeste. Posee un clima lluvioso tropical, y se encuentra ubicada al sur con el Cantón Huamboya (GAD Palora, 2015).

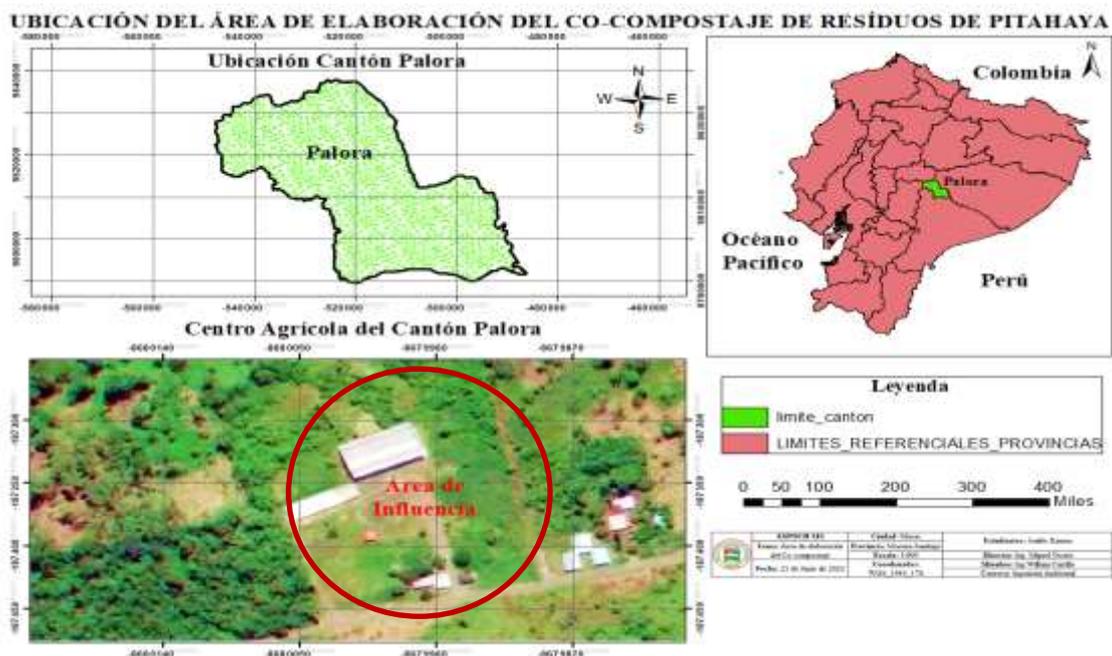


Ilustración 1-3: Localización del Centro Agrícola, donde se realizará el compostaje.

Fuente: Google Maps, 2022

3.5.2. Población de Estudio

En el Cantón Palora existen alrededor de 9936 habitantes (INEC, 2016).

3.5.3. Planificación

El proceso de elaboración del compost se lo llevo a cabo en el mes de Abril del presente año, esto con el propósito de poder obtener los resultados más rápido y de esta manera verificar la cantidad de nutrientes que posee el compost y si es necesario o no la implementación de algún compuesto. Para la elaboración del compost, se hizo uso de la metodología implementada en el “Manual de Compostaje del Agricultor” (Román et al., 2013, p.76)

3.6. Métodos, Técnicas e Instrumentos de Investigación

3.6.1. Métodos para Caracterización Físicoquímica y Biológica

La caracterización de residuos de pitahaya, estiércol de gallina, estiércol de vaca, y semilla de Takakura, fueron los puntos más importantes para esta investigación, ya que, mediante los resultados que se obtuviera de esta investigación, se podría determinar la variación de las variables más importantes como: la humedad, el pH, la conductividad eléctrica, y la cantidad de Materia Orgánica. Para esta caracterización se utilizó la metodología proporcionada por la EPA.

3.6.1.1. Humedad

El contenido de humedad es un punto muy importante, porque de él depende si hubo o no proliferación en la materia orgánica. Para determinación la humedad se utilizó la técnica de la Asociación Oficial de Químicos Analistas - AOAC-925-10, (1990)

Tabla 3-3: Materiales y Equipos para la determinación de la Humedad

| Humedad | |
|------------|----------------|
| Materiales | Humedad |
| | Mandil |
| | Guantes |
| | Bandejas de Al |
| | Mascarilla |
| | Cajas Petri |
| Equipos | Estufa |
| | Balanza |

Realizado por: Ramón, Jennifer, 2022.

Procedimiento

Para el primer punto se coge las cajas Petri que se van a emplear, luego se las ubica a peso constante (secado a 105°C durante 1 hora) previo a su utilización. Se determina el peso inicial de la caja de Petri, posteriormente se añade 1 gramo de muestra. Las muestras se colocan en un horno de secado (estufa), durante 72 horas a 60°C con el propósito de eliminar la humedad que aparezca en el compost. Transcurrido este tiempo las muestras deben ser colocadas a temperatura ambiente en un desecador durante 30 minutos. Finalmente se determina el peso de la caja Petri con la muestra. Las determinaciones se realizan por triplicado. El porcentaje de humedad se determina a través de la formula siguiente:

$$\%H = \frac{P_i - P_f}{P_i} * 100$$

(Ec. 1-3)

%H= Porcentaje de humedad

P_f = Peso Final

P_i = Peso Inicial

3.6.1.2. PH

El pH es un parámetro muy importante en vista de que este nos permite verificar si hay o no actividad biológica degradando la materia orgánica (Bárbaro et al., 2005). Ver Tabla 7-3

Tabla 4-3: Materiales y Equipos para la determinación del pH

| pH | |
|------------|---------------------------|
| Materiales | Mandil |
| | Guantes |
| | Mascarilla |
| | Papel Al |
| | Toallas de papel |
| | Matraz Erlenmeyer (100ml) |
| Equipos | Pizeta |
| | pH metro |
| | Agitadores Magnéticos |

Realizado por Ramón, Jennifer, 2022.

Procedimiento

Se deben pesar 3 o 4 g de muestra (balanza), posteriormente adicionar de 30 o 40 ml de agua destilada en proporción de 1:10, para luego agitar la muestra en un agitador rotatorio por 2 horas, en seguida se retira del agitador, al instante se debe dejar sedimentar y se debe medir directamente en el líquido sobrenadante el pH.

3.6.1.3. Conductividad Eléctrica

La conductividad eléctrica nos permitirá ver la en grado de concentración de sales del material, y de la misma manera la capacidad que tiene el material para poder transmitir la corriente eléctrica (Bárbaro et al., 2005).

Tabla 5-3: Materiales y Equipos para la determinación de la Conductividad Eléctrica

| Conductividad Eléctrica | |
|-------------------------|--------------------------|
| Materiales | Mandil |
| | Guantes |
| | Mascarilla |
| | Papel Al |
| | Toallas de papel |
| | Matraz Erlenmeyer (50ml) |
| | Pizeta |
| Equipos | Balanza |
| | Centrífuga |
| | Conductímetro |

Realizado por: Ramón, Jennifer, 2022.

Procedimiento

Se debe pesar 3 o 4 g de muestra (balanza) en un matraz de 50ml, al instante se debe adicionar 30 o 40 ml de agua destilada (en una proporción 1:10), rápidamente se agita en el agitador rotatorio por 2 horas, pronto se retira del agitador y se centrifuga por 4 minutos a 1000 rpm, se filtra en papel filtro normal en un matraz, finalmente se mide la conductividad eléctrica.

3.6.1.4. Materia Orgánica

A continuación, se detallan los materiales y equipos utilizados para la determinación de la materia

orgánica.

Tabla 6-3: Materiales y Equipos para la determinación de la Materia Orgánica

| Materia Orgánica | |
|------------------|--------------------------|
| Materiales | Mandil |
| | Guantes |
| | Mascarilla |
| | Papel Al |
| | Toallas de papel |
| | Matraz Erlenmeyer (50ml) |
| | Crisol |
| Equipos | Balanza |
| | Mufla |
| | Desecador |

Realizado por: Ramón, Jennifer, 2022.

Procedimiento

Primero se coloca el crisol (105 °C por 2 horas), después se procede a pasar al desecador por 30 minutos, se pesa el crisol vacío y se enumera; posteriormente se registra el peso, antes de añadir 3 g de muestra y se debe anotar el peso; después se coloca en la mufla por 24 horas a 430 grados Celsius, donde la medición de la temperatura dura 2 días dada a su variación gradual en + y -; posteriormente se coloca en el desecador por 30 minutos, para finalmente pesar el crisol con la muestra calcinada.

Fórmula

$$\%MO = \frac{((\text{Peso del crisol vacío} + \text{Muestra seca}) - (\text{Peso del Crisol con Muestra calcinada}))}{((\text{Peso Crisol vacío} + \text{Muestra Seca}) - (\text{Peso del Crisol Vacío}))} * 100$$

(Ec. 2-3)

3.6.2. Técnicas de recolección de datos

Para recolectar la información requerida se tomó los datos de las principales factores; por ejemplo, en la temperatura, los datos se registraron diariamente durante los tres primeros meses; para de esa manera poder verificar la variación de la misma, ya que si esta llegaba a disminuir se le tenía que dar un volteo inmediato, permitiendo así airear a los microorganismos y que estos prosigan realizando su actividad. Otro de los parámetros que se recolectó la información es de la humedad, puesto que, dependiendo del porcentaje en que se encontraba el compostaje se podía saber si había

o no actividad microbiana; los niveles óptimos en los que debía estar el compost es de 40% -60%. Para la recolección de datos, se lo realizó desde el día 1, de la siguiente manera:

- **Día 1:** Toma de los valores de los pesos de la materia orgánica, el aserrín y la cantidad exacta de melaza.
- **Día 8:** Medición del valor de la temperatura y del pH.
- **Día 16:** Medición del valor de la temperatura y el pH, se lo realiza cada 8 días durante todo el proceso de elaboración del compost.

3.6.2.1. Materiales utilizados

Entre los materiales utilizados se detallan en la siguiente tabla

Tabla 7-3: Instrumentos utilizados en la elaboración de las pilas y toma de datos

| Instrumento | Concepto | Imagen |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Termómetro | Para la toma de temperaturas del compost |  |
| pH metro | Se utilizó para poder medir el pH de la muestra |  |
| GPS | Se utilizó para obtener las coordenadas exactas del lugar de referencia |  |
| Calculadora | Se utilizó para calcular datos varios |  |

| | | |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Balanza | Se utilizó para pesar las cantidades exactas que se colorían en cada cama compostada |  |
| Cámara Fotográfica | Se utilizó para capturar las imágenes necesarias que se agregarían en el documento |  |
| Guía de Elaboración de Compost | Se utilizó para la elaboración del compost |  |

Realizado por: Ramón, Jennifer, 2022.

3.6.2.2. Técnica para la Elaboración del Compost

Entre las técnicas para la elaboración del compost se establecen las siguientes:

- **Pilas con volteo.** La tecnología que se implementó en esta investigación, fueron las pilas con volteo, puesto que es uno de los sistemas más económicos y rápidos que se puede implementar para la elaboración de compost. Esta técnica se caracteriza por la actividad periódica que se debe realizar para homogenizar el producto y de esa manera permitir la aireación a los microorganismos (Álvarez, 2006).
- **Metodología para la elaboración de las pilas de volteo.** Para la fabricación de las pilas de volteo, se hizo uso del “Manual de Producción de Compost”, elaborado por (ISF-Cat, 2016). Es necesario resaltar que este manual fue esmerado precisamente para la población del cantón Pastaza, que es una de las provincias vecinas y por lo cual posee las mismas características climáticas que la provincia de Morona Santiago; beneficiando de esta manera en la elaboración del compost.
- **Ubicación de la pila – Procedimiento.** Una de las principales características que se debe tomar en cuenta antes de la elaboración de las pilas, es saber encontrar un buen lugar donde se las puede ubicar, ya que de esto depende que el compost se efectúe en un tiempo menor. El sitio más adecuado para la construcción de las pilas, es un lugar cubierto (bajo techo), para de esa manera poder evitar que las extensas lluvias arrastren con todo el material compostado

y los nutrientes que este posee; además el espacio cubierto permitirá que el sol no llegue directamente al compost, ya que este provocaría que aumente la temperatura del mismo y llegando a matar a los microorganismos presentes.

- **Construcción de la pila.** La construcción de las pilas es otro de los aspectos fundamentales para la obtención del compost. Es importante saber, qué es lo que se va a colocar en la pila, y que cantidad se debe ubicar para que no llegue a influenciar en su descomposición (ISF-Cat, 2016).

Antes de empezar armar las pilas, se recomienda que, en la ubicación de las capas, es fundamental que la materia orgánica más difícil de descomponer vaya sobre las capas inferiores para que los microorganismos que se producen en los lixiviados vayan descendiendo y se ubiquen en los materiales más rígido (ISF-Cat, 2016).

- **Colocación de las capas de materia orgánica para la pila.** Para la colocación de cada capa en las pilas, es importante pesar las cantidades exactas que se van a ubicar en cada una de ella, para que todas lleven las mismas cantidades.

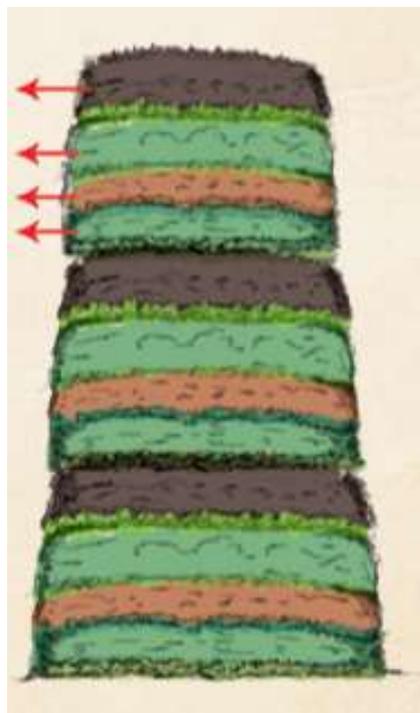


Ilustración 2-3: Pila de Compost

Fuente: (ISF-Cat, 2016)

- En la **primera capa** se debe colocar ramas, aserrín, telas o papel. Esta capa es importante, ya que es la primera capa y es la que ayudará para que los lixiviados no se corran. Por tal motivo se debe colocar un material que sea absorbente y evite el paso de estos líquidos.
- En la **segunda capa** se debe utilizar una cantidad de tierra. La tierra es importante ya que aquí se podrá mezclar de una mejor manera la materia orgánica.

- En la **tercera capa** se debe colocar la materia orgánica. Esta materia orgánica puede ser variada, ya sean restos de comida, verduras, o frutas; todas estas son importantes ya que poseen muchos nutrientes que ayudan para que el compost sea más rico para los suelos.
- En la **última capa** se debe colocar el estiércol. El estiércol que se ubicará en la pila puede ser de ganado vacuno, de gallina, o de cuy. Es importante recalcar que por ser el material más difícil de descomponer se lo coloca en la última capa.

3.6.2.3. Volteo

El volteo es fundamental para este proyecto, cabe recalcar que, si se lleva un correcto volteo, este permitirá acelerar el proceso de compostaje. La ISF-Cat (2016), menciona que después de haber construido las pilas, se debe dejar reposar por aproximadamente 15 días, antes de darle el primer volteo a la pila.

3.6.2.4. Elaboración de las Pilas

Para la elaboración de las pilas de volteo se tomó en cuenta la metodología del Manual de Compost (ISF-Cat, 2016).

Tabla 8-3: Materiales utilizados en la elaboración de las pilas

| Materiales y Equipos | Imagen |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Sacos |  |
| Palas |  |
| Cabo |  |
| Escoba |  |



Realizado por: Ramón, Jennifer, 2022.

3.6.2.5. *Proceso de Elaboración de Compost con Residuos de Pitahaya*

El proceso de elaboración de las pilas para el compost de Residuos de Pitahaya, se lo llevo a cabo en el mes de marzo. Primeramente, se gestionó con del GAD del Cantón Palora, para la adquisición del lugar específico para la elaboración del compost y luego de tener la aprobación se prosiguió a la elaboración de tal. Cabe recalcar que para la elaboración del compost se hizo la utilización de una cantidad determinada de materia orgánica (1 Tonelada de Pencas de Pitahaya), para lo cual se realizó un cuarteo, el cual consistió en dividir la misma cantidad de materia orgánica para cada una de las pilas y de esa manera poder verificar el cambio que llevaría cada una de ellas. Posteriormente se llevó a cabo una serie de procesos importantes para la fabricación de las pilas.

3.6.2.6. *Recolección de Materia prima (Pencas de Pitahaya)*

El primer paso que se realizó, es la recolección de materia orgánica, que este caso fueron las pencas de pitahaya que se habían podado en la hacienda Tapia, ubicada en la parroquia Sangay, perteneciente al cantón Palora Morona Santiago. Para el traslado de las pencas se hizo uso de dos vehículos, los cuales descargaron la materia orgánica en el espacio cubierto del Centro Agrícola, perteneciente al GAD Palora.



Ilustración 3-3: Fotos recolección de materia prima

Realizado por: Ramón, Jennifer, 2022.

3.6.2.7. *Picado de la Materia Orgánica(Pencas de Pitahaya)*

Después de descargar la materia orgánica en el centro de Acopio, se procedió a realizar el picado de la penca, esto con la ayuda de una picadora. Cabe recalcar que es muy importante el picado o triturado de la materia orgánica, ya que esta permite que la degradación de los componentes se lo realice en menor tiempo. La dimensión a la que se llegó con la ayuda de la picadora es de 0.5cm, el cual es una dimensión aceptable para la descomposición de la misma.



Ilustración 4-3: Fotos recolección de picado de materia orgánica

Realizado por: Ramón, Jennifer, 2022.

3.6.2.8. *Elaboración de las pilas*

Para la elaboración de las pilas se procedió a limpiar bien el lugar, seguidamente se midió las dimensiones exactas en las cuales se procedería armar la cama de compostaje. Las dimensiones que se tomaron fueron de (2.0 x 1.5) m y con una altura no superior a 1.0 m. Para la colocación de las capas, se siguió el “Manual de Compostaje” elaborado por (ISF-Cat, 2016), en primer lugar se agregó una capa de aserrín con una cantidad de 250kg, seguidamente se agregó una capa de penca con una cantidad de 250kg, luego se procedió añadir otra capa de aserrín con la cantidad antes mencionada, esto para evitar que se dispersen los lixiviados que se generarían en los días posteriores. Como última capa se añadió el estiércol (vaca, cuy y gallina).





Ilustración 5-3: Fotos elaboración de las pilas

Realizado por: Ramón, Jennifer, 2022.

3.6.2.9. *Elaboración de un Sustrato para Activación de los microorganismos*

El sustrato es un activador de los microorganismos, este se lo debe colocar al siguiente día de la elaboración de las pilas. Para la elaboración del sustrato se utilizó los siguientes materiales: melaza, agua pura, queso, yogurt, levadura, y sal de mesa; Seguidamente se los mezclo en un balde de 20litros y se los dividió para las 4 pilas. Por último, se agregó 5 litros para cada pila y se le dio el respectivo volteo para homogenizar la mezcla.



Ilustración 6-3: Fotos de elaboración de sustrato

Realizado por: Ramón, Jennifer, 2022.

3.6.3. *Control del Proceso de compostaje en la pilas*

Procedimiento

- **Temperatura:** el proceso de control de la temperatura se lo llevó 2 veces por semana, esto se lo hizo con la ayuda de un termómetro de suelo que fue proporcionado por el laboratorio de la Sede Morona Santiago.
El procedimiento consistió en tomar los datos de la temperatura y anotarlos en una agenda, para seguidamente dar el respectivo volteo. Este proceso se lo proporcionó a cada una de las pilas.
- **Humedad:** los valores de la humedad se los realizó una vez a la semana, esto debido a que no se contaba con los instrumentos necesarios para medir la humedad in situ. Por lo que se recogía una muestra del compost y se lo llevaba en termos para calcular los valores en el laboratorio de la Sede Morona Santiago.
- **Conductividad Eléctrica:** la conductividad eléctrica se la tomaba 1 vez por semana, después de tomar el cálculo de la temperatura se pasaba a tomar los valores de la conductividad eléctrica, esto con la ayuda de un Conductímetro.
- **pH:** los valores del pH se los tomó 1 vez a la semana, al igual que la humedad y la conductividad eléctrica. Para obtener los valores del pH se hizo uso de un pH metro “APERAPC400S”, que fue proporcionado por el laboratorio de la Sede Morona Santiago.

3.7. Metodología para calcular la concentración por análisis fisicoquímico del compost.

3.7.1. *Cálculo de la concentración de compost por análisis físico químico*

Para el cálculo de los porcentajes de Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K) y Materia Orgánica (MO), se lo realizó con la ayuda del Laboratorio DSA INIAP.

3.7.2. *Cálculo del carbono orgánico*

Márquez et al. (2018), mencionan que, para la obtención del porcentaje de carbono, se requiere del porcentaje de materia orgánica obtenida del compost, y a esta se le debe multiplicar con el factor de conversión (0.58) y aplicando la siguiente fórmula:

$$\% \text{Carbono Orgánico} = \% \text{Materia Orgánica} * \text{Factor de Conversión (0.58)}$$

(Ec. 3-3)

3.7.3. *Evaluación de la relación Carbono-Nitrógeno*

Para obtener la valoración de la Relación Carbono-Nitrógeno se requiere tener el valor del contenido de Carbono Orgánico y Nitrógeno del compost, para lo cual se debe aplicar la siguiente fórmula (Márquez et al., 2018).

$$C: N = \frac{\% \text{Carbono Orgánico}}{\% \text{Nitrógeno Total}}$$

(Ec. 4-3)

3.8. **Análisis Estadístico Inferencial**

El programa que se utilizó para el análisis Estadístico de esta investigación fue el programa SPSS (González, 2009); el mismo que permitió analizar los datos obtenidos, a través de los muestreos diarios que se realizó para la elaboración del compost; además, este software facultó la obtención de una serie de tablas y gráficos en cual se puede observar la variación de la temperatura, el pH, la humedad, la relación C/N y la conductividad Eléctrica de todo el proceso de elaboración del compost.

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Caracterización Físicoquímica y biológica de los residuos de pitahaya

4.1.1. Características físicoquímicas de los diferentes estiércoles y residuos de pitahaya

4.1.1.1. Humedad

Para la caracterización físicoquímica de los diferentes estiércoles y residuos de pitahaya se evaluó varios parámetros, entre ellos el porcentaje de humedad para lo cual se utilizó la fórmula (Ec. 1-3).

$$\%H = \frac{P_i - P_f}{P_i} * 100$$

$$\%H_{Gallinaza} = \frac{(10g - 8.58g)}{10g} * 100$$

$$\%H_{Gallinaza} = 14.2\%$$

Mendoza (2012), recalca que los porcentajes aceptables en los que deben encontrarse los materiales a compostar son de 40% a 60%. De acuerdo a los porcentajes obtenidos de las muestras de estiércoles y residuos de pitahaya se obtuvo valores fuera del rango establecido, teniendo un porcentaje de 14.2% en las muestras de Estiércol de Gallina, 18.9% en la semilla de Takakura, 75.4% en el Estiércol de vaca y 80.8% en los residuos de pitahaya. El bajo porcentaje de humedad del estiércol de gallina y los residuos de pitahaya, se debió a que no se encontraban frescos, por lo que no existió presencia de humedad. Lo más requerible es que el estiércol sea fresco para el aprovechamiento de su porcentaje de agua.

4.1.2. Características Biológicas de los diferentes estiércoles y residuos de pitahaya.

4.1.2.1. Porcentaje de Materia Orgánica

Para la caracterización biológica de los diferentes estiércoles y residuos de pitahaya se utilizó la fórmula (Ec. 2-3):

$$\%MO = \frac{((\text{Peso del crisol vacío} + \text{Muestra seca}) - (\text{Peso del Crisol con Muestra calcinada}))}{((\text{Peso Crisol vacío} + \text{Muestra Seca}) - (\text{Peso del Crisol Vacío}))} * 100$$

$$\%MO_{\text{Gallinaza}} = \frac{((69.14g + 30g) - (79.41g))}{((69.14g + 30g) - (69.14g))} * 100$$

$$\%MO_{\text{Gallinaza}} = 65.77\%$$

Mendoza (2012), recalca que la calcinación que se le da a la muestra nos permite obtener el valor de materia orgánica que se perdió. Para la obtención del porcentaje de materia orgánica se sumó el peso del crisol + la muestra seca, para posteriormente restarlo con el peso del crisol y la muestra calcinada, seguidamente se dividió para el peso del crisol vacío, sumado a la muestra seca y restado con el peso del crisol vacío. Finalmente se procedió a multiplicarlo por 100 para obtener el porcentaje de humedad.

Tabla 1-4: Parámetros fisicoquímicos y biológicos de los diferentes estiércoles y Residuos de pitahaya.

| Parámetros | Gallinaza | Penca | Takakura | E. Vaca |
|------------------------|-----------|-------|----------|---------|
| pH | 7.4 | 4.6 | 9 | 8.2 |
| MO (%) | 65.77 | 33.23 | 77.1 | 97.23 |
| Humedad (%) | 14.2 | 80.8 | 18.9 | 75.4 |
| Temperatura(°C) | 19.27 | 23.28 | 20.5 | 18.6 |
| Conductividad E.(dS/m) | 0.0209 | 13.99 | 0.0277 | 8.94 |

Realizado por: Ramón, Jennifer, 2022.

En la tabla 1-4 se describen los parámetros fisicoquímicos y biológicos que fueron evaluados en cada tipo de estiércol y residuos de pitahaya. Entre los parámetros más importantes que se evaluaron fueron: el pH, la Temperatura, la Humedad, la Conductividad Eléctrica y el porcentaje de Materia Orgánica.

Mendoza (2012), menciona que los valores que obtuvo de pH en sus materiales a compostar se encontraban en un rango de 6.36 a 7.87, que resultaban ser buenos ya que favorecían al proceso de degradación del compostaje. Los resultados que se obtuvo de esta investigación fueron de: (4.6 residuos de pitahaya), (7.4 estiércol de gallina), (9 semilla de Takakura) y (8.2 Estiércol de Vaca), donde el único valor con un pH ácido fue el de la penca de pitahaya con un pH de 4.6.

Mendoza (2012) sostuvo que los valores que se debe alcanzar en la caracterización fisicoquímica deben tener temperaturas de 55°C y 70°C, para que permitan eliminar ciertos patógenos presentes

en la materia orgánica. Los valores a los que se llegó fueron: (19.27°C estiércol de gallina), (23.28°C residuos de pitahaya), (20.5°C semilla Takakura), (18.6°C estiércol de vaca).

En la verificación de las temperaturas se concluyó que ninguna se encontraba dentro del rango establecido, lo que se debió a que necesitaban de la activación de los microorganismos con la ayuda del sustrato. La activación se la realizó en la construcción de las pilas.

Según López (2010), ratifica que un material a compostar debe presentar un valor por debajo de 1.50dS/m de Conductividad Eléctrica, debido a que si posee un valor mayor significaría que tienen una cantidad excesiva de sales y sería más difícil la absorción de agua. Los valores obtenidos fueron: Conductividad Eléctrica: (0.0209 dS/m estiércol de gallina), (13.99 dS/m penca de pitahaya), (0.0277 dS/m semilla de Takakura) y (8.94 dS/m Estiércol de Vaca). Lo que ilustra que tanto la penca como el estiércol de vaca obtuvieron cantidades muy altas de sales, por lo que sería importante agregarlos en una mínima cantidad.

4.1.3. Características Físicoquímicas de los diferentes tipos de Compost

4.1.3.1. Humedad

Para la caracterización físicoquímica de los tipos de compost se evaluaron algunos parámetros importantes. Entre los parámetros más importantes se encuentra el porcentaje de humedad y se lo calculó con la siguiente fórmula: (Ec. 1-3):

$$\%H = \frac{P_i - P_f}{P_i} * 100$$

$$\%H_{Gallinaza} = \frac{(10g - 8.32g)}{10g} * 100$$

$$\%H_{Gallinaza} = 16.8\%$$

Mendoza (2012), recalca que los porcentajes de Humedad que obtuvo fueron de 40% y 50% en la fase de Maduración, lo que significa que sus tratamientos se encontraban en condiciones ideales. Por el contrario, los resultados obtenidos de las muestras tuvieron: (16.8% Pila 1), (39.10% Pila 2), (25.30% Pila 3), (16.9% Pila 4). Se concluye que los valores de todas las pilas obtuvieron porcentajes bajos de humedad, esto se debió a la fase en que se encontraban las muestras evaluadas. La fase de finalización es la última fase, donde la temperatura y la humedad se

establecen en una temperatura ambiente y un porcentaje >30%, razón por la cual se obtuvieron dichos porcentajes en las pilas.

4.1.4. Características Biológicas de los diferentes tipos de compost

4.1.4.1. Porcentaje de Materia Orgánica de los diferentes tipos de Compost

En la caracterización Biológica de los tipos de compost se evaluó el porcentaje de Materia Orgánica haciendo uso de la formula (Ec. 2-3):

$$\%MO = \frac{((\text{Peso del crisol vacío} + \text{Muestra seca}) - (\text{Peso del Crisol con Muestra calcinada}))}{((\text{Peso Crisol vacío} + \text{Muestra Seca}) - (\text{Peso del Crisol Vacío}))} * 100$$

$$\%MO_{Gallinaza} = \frac{((65.55g + 20g) - (70.98g))}{((65.55g + 20g) - (65.55g))} * 100$$

$$\%MO_{Gallinaza} = 72.85\%$$

El porcentaje de Materia Orgánica que obtuvo (Mendoza 2012) fue de 56% y 44%, lo que refleja que posee un bajo porcentaje de materia orgánica. Mientras los valores que se obtuvo fueron de: (72.85% en la Pila 1), (96.82% en la Pila 2), (85.9% en la Pila 3) y (76.35% en la Pila 4). Lo que indicó que esos valores estuvieron dentro del rango permisible de Materia Orgánica. Recalcando que la Pila con mayor cantidad de Materia Orgánica fue la Pila 2, que se debe a que no se proporcionó ningún otro material más que la penca de pitahaya.

Tabla 2-4: Características fisicoquímicas de los diferentes tipos de Compost

| Parámetros | Pila 1 | Pila 2(Blanco) | Pila 3 | Pila 4 |
|------------------------|--------|----------------|--------|--------|
| pH | 9.9 | 9.7 | 9.9 | 9.8 |
| MO (%) | 72.85 | 96.82 | 85.9 | 76.35 |
| Humedad (%) | 16.8 | 39.1 | 25.3 | 16.9 |
| Temperatura(°C) | 21.77 | 21.22 | 21.38 | 21.88 |
| Conductividad E.(dS/m) | 0.0331 | 0.0317 | 0.0223 | 0.0204 |

Realizado por: Ramón, Jennifer, 2022.

En la tabla 2-4 se presenta las características fisicoquímicas de los tipos de compost y el tratamiento testigo. Los parámetros evaluados fueron: el pH, el porcentaje de Materia Orgánica, la Humedad, la Temperatura y la Conductividad Eléctrica. En cuanto a la temperatura denotaron valores de $\geq 22^{\circ}C$, mientras que (Mendoza 2012) consiguió valores de $37^{\circ}C$ y $27^{\circ}C$ en la etapa

de maduración. Los valores que se obtuvieron en esta investigación fueron: (21.77°C en la pila 1), (21.22 en la Pila 2), (21.38°C en la Pila 3), (21.88°C en la Pila 4) lo que demostró que el rango de temperatura de las diferentes muestras de compost culminaron bien su etapa.

El pH de las muestras finales que obtuvo (Mendoza 2012), fueron superiores a 8, lo que indica que los microorganismos estuvieron en actividad. Los resultados que se obtuvieron fueron: (9.9 en la Pila 1), (9.7 en la Pila 2), (9.9 en la Pila 3), (9.8 en la Pila 4), lo que significa que hubo gran actividad microbiana en las cuatro pilas. El exceso de sales en un compost es un punto importante que se debe tomar en cuenta, puesto que si existe un exceso de salinidad en el compost puede impedir el crecimiento de las plantas y reducir la absorción de agua. Lopez (2010), sugiere que un compost debe mantener valores inferiores a 1.5 dS/m para evitar el exceso de sales en el compost.

Además, señala que en su investigación adquirió valores entre 0.7 y 1.7 dS/m de las dos muestras que realizó, lo que demuestra que se mantuvo dentro del rango establecido. Los valores que se obtuvo en esta investigación fueron de: (0.0331dS/m en la Pila 1), (0.0317dS/m en la Pila 2), (0.0223dS/m en la Pila 3), (0.0204dS/m en la Pila 4), demostrando que la cantidad de sales en el compost es mínima y se encuentra dentro del rango establecido.

Tabla 3-4: Temperaturas tomadas desde la primera semana del mes de Abril hasta principios de la semana del mes de julio.

| Semanas | Pila 1 | Pila 2 | Pila 3 | Pila 4 |
|----------|----------------------|-----------------------|----------------------------|-------------------|
| | Estiércol de Gallina | Blanco (Penca Picada) | Takakura (microorganismos) | Estiércol de Vaca |
| Semana 1 | 35°C | 12°C | 37°C | 39°C |
| | 37°C | 15°C | 38°C | 41°C |
| Semana 2 | 38°C | 17°C | 40°C | 44°C |
| | 39°C | 20°C | 43°C | 47°C |
| Semana 3 | 41°C | 24°C | 44°C | 48°C |
| | 42°C | 27°C | 47°C | 50°C |
| Semana 4 | 43°C | 31°C | 49°C | 53°C |
| | 45°C | 35°C | 52°C | 55°C |
| Semana 5 | 47°C | 36°C | 55°C | 58°C |
| | 49°C | 38°C | 57°C | 61°C |
| Semana 6 | 51°C | 41°C | 60°C | 65°C |
| | 55°C | 46°C | 62°C | 67°C |
| Semana 7 | 58°C | 51°C | 65°C | 70°C |
| | 61°C | 58°C | 67°C | 72°C |

| | | | | |
|------------------|------|------|------|------|
| Semana 8 | 63°C | 61°C | 68°C | 68°C |
| | 69°C | 66°C | 70°C | 66°C |
| Semana 9 | 70°C | 68°C | 67°C | 64°C |
| | 68°C | 65°C | 65°C | 61°C |
| Semana 10 | 61°C | 61°C | 63°C | 56°C |
| | 57°C | 57°C | 59°C | 52°C |
| Semana 11 | 52°C | 51°C | 55°C | 48°C |
| | 46°C | 49°C | 52°C | 45°C |
| Semana 12 | 41°C | 43°C | 47°C | 41°C |
| | 38°C | 37°C | 41°C | 38°C |
| Semana 13 | 36°C | 31°C | 37°C | 35°C |
| | 29°C | 28°C | 30°C | 31°C |
| Semana 14 | 27°C | 25°C | 26°C | 27°C |
| | 24°C | 21°C | 22°C | 25°C |

Realizado por: Ramón, Jennifer, 2022.

En la tabla 3-4, se describen las temperaturas de las 4 pilas, las cuales fueron medidas dos veces por semana, desde el mes de abril hasta el mes de Julio. El primer valor se lo tomó los días lunes y a partir de ahí se realizaba el respectivo volteo. El segundo valor se lo tomó dos días después del primer volteo, que eran los días jueves. Asimismo, se lo realizó las semanas siguientes hasta la fecha de maduración.

En la primera semana se pudo observar la diferencia que existió en las temperaturas de cada pila: (35°C Pila 1), (12°C Pila 2), (37°C Pila 3), (39°C Pila 4), siendo la pila 2 la temperatura más baja con 12°C. Esto se debió a que el blanco no presentó ningún otro material que permitiera absorber los lixiviados al momento de degradarse los residuos de la pitahaya. Además, cabe recalcar que las pilas alcanzaron su etapa Mesófila de la siguiente manera: (Pila 1 en el semana 3), (Pila 2 en el semana 6), (Pila 3 en el semana 2), (Pila 4 en el semana 1), de esta manera se pudo diferenciar la importancia de agregar microorganismos en la obtención de compost, ya que estos degradaron más rápido la materia orgánica y permitieron acortar el tiempo del proceso, tal como se dio en la pila 1, 3 y 4.

Por otro lado, se encuentran las temperaturas máximas a las que alcanzó cada pila: (70°C Pila 1), (68°C Pila 2), (70°C Pila 3), (72°C Pila 4). La pila 4 fue la que alcanzó la temperatura más alta con 72°C, que lo logró en un periodo de 7 semanas. La temperatura mínima estuvo en la pila 2 con 68°C, que lo obtuvo en la semana 8, retrasándose una semana de las otras pilas. Las pilas alcanzaron su etapa Termófila de la siguiente manera: (Pila 1 en el semana 9), (Pila 2 en el semana 9), (Pila 3 en el semana 8), (Pila 4 en el semana 7), teniendo que la Pila 3 y 4 alcanzaron la fase

termófila en menor tiempo, lo que se debe a que mantuvieron una gran actividad microbiana. Finalmente, los valores de la última etapa fueron: (24°C Pila 1), (21°C Pila 2), (22°C Pila 3), (25°C Pila 4). Terminando todas las pilas en una temperatura ambiente y cumpliendo las fases de enfriamiento y maduración.

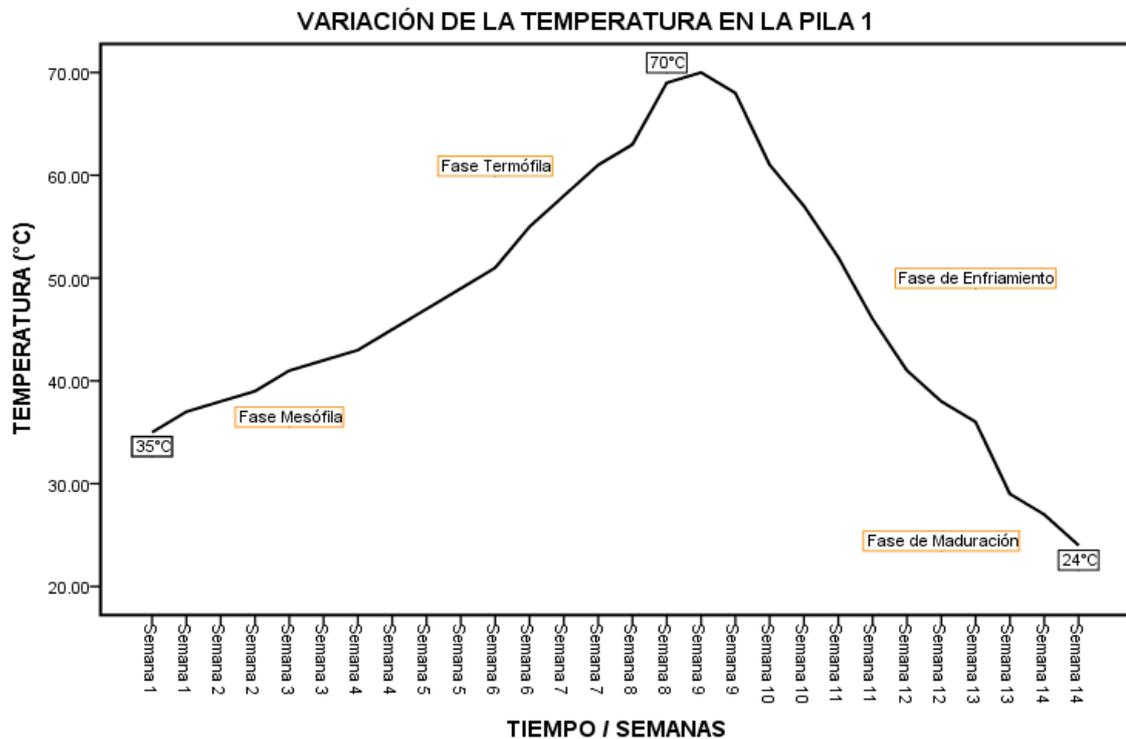


Ilustración 1-4: Variación de la Temperatura en la Pila 1

Realizado por: Ramón, Jennifer, 2022.

La ilustración 1-4 indica la variación de la temperatura en la pila 1, Desde la semana 1 hasta la semana 14. Mendoza (2012) en su investigación se mantuvo en la etapa Mesófila desde el día 1 hasta el día 4 con una temperatura de 29°C y 42°C. La fase mesófila es una de las primeras etapas en las que debe pasar el compost para establecer la activación de los microorganismos y su adaptación en el compost. A partir del día 1 se obtuvo una temperatura de 35°C hasta la semana 3 con una temperatura de 41°C, la cual se encontró en una fase mesófila. Se pudo observar que el tiempo de duración de la etapa mesófila en la pila 1 mantuvo una duración de 17 días, determinando que esta fase se demoró mas tiempo, lo que se debió al estiércol que se proporcionó en la pila, pues este no era fresco.

El autor llegó a la etapa Termófila con una temperatura de 45°C y 66°C. La fase termófila es la consecutiva a la fase mesófila donde empieza haber un aumento del nivel de temperatura que permite llegar a eliminar al patógeno. Bohórquez (2019), menciona que es requerible que la temperatura se mantenga por lo menos 10 días en la fase térmofila, para asegurarse que haya

habido una buena eliminación de patógenos.

La temperatura máxima que alcanzó la pila 1 fue de 70°C la cual la adquirió en un lapso de 45 días, cumpliendo el tiempo establecido por el autor. En la etapa de enfriamiento Mendoza (2012), consiguió valores de 58°C y 38°C desde el día 10 al día 32. En esta fase la temperatura empieza a desender rotundamente hasta llegar a la etapa de maduración. La temperatura que alcanzó la Pila 1 fue de 68°C a 38°C en 24 días, realizándolo con una diferencia de 2 días al que lo realizó el autor

La ultima etapa del compost que es la fase de maduración, se refleja cuando el compost permanece en una temperatura ambiente. El autor obtuvo temperaturas de 35°C y 27°C a partir de día 33 al día 54 que fue cuando la temperatura disminuyó aun mas su condición. Las temperaturas que consiguió la pila 1 fue de 36°C y 24°C, con una duración de 14 días para permanecer en una tempratura ambiente.

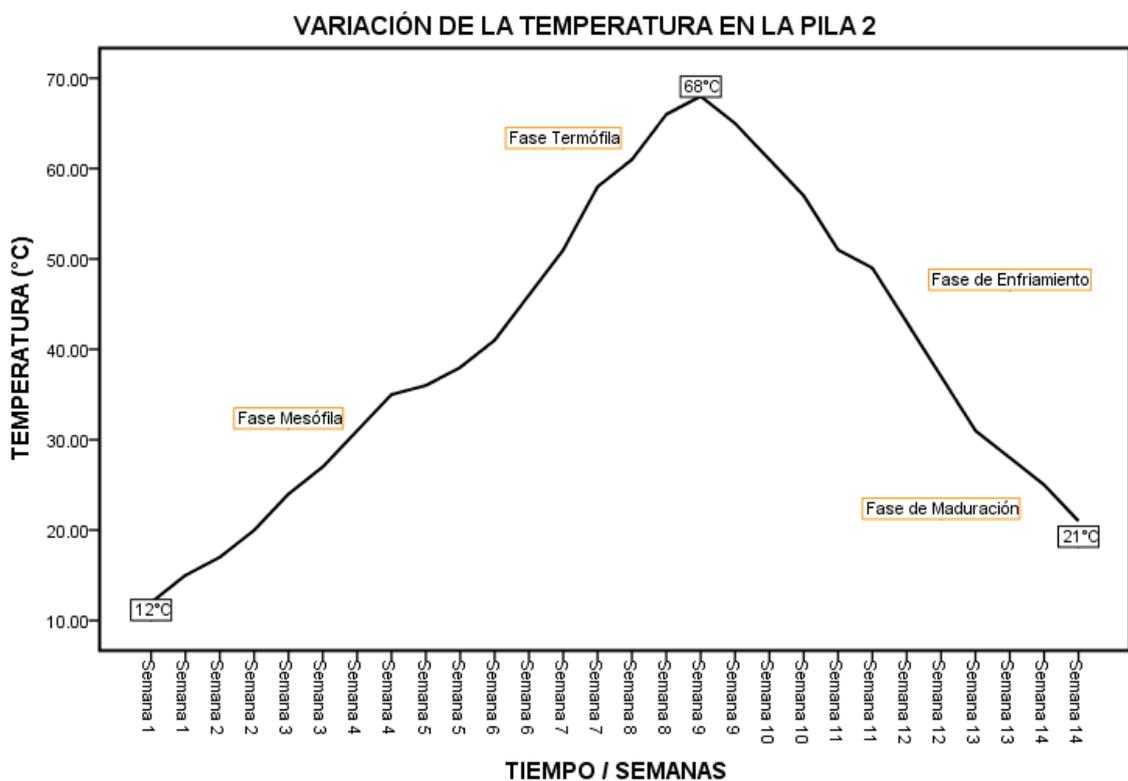


Ilustración 2-4: Variación de la Temperatura en la Pila 2

Realizado por: Ramón, Jennifer, 2022.

La ilustración 2-4 indica la variación de la temperatura en la pila 2. La Pila 2 obtuvo temperaturas iniciales de: 12°C a 41°C, ubicándose en una fase Mesófila en el transcurso de 38 días. A diferencia de la Pila 1 que llegó a esta fase un periodo de 17 días, que se debió a que la Pila 2 no poseía una cantidad determinada de microorganismos que aceleraran su proceso.

A partir de la semana de la semana 6 a la semana 9, la Pila 2 comenzó a aumentar su temperatura alcanzando niveles de 41°C a 68°C en un periodo de 24 días y llegando así a su fase termófila. Se pudo notar que esta pila 2 tuvo una degradación rápida debido a que no poseía materia animal, por lo que no hubo actividad microbiana y lo más recomendable es que tenga una duración de mínimo 10 días para poder eliminar los patógenos presentes en el compost. Haciendo una comparación con la Pila 1, se pudo notar que ésta tuvo mayor rendimiento a la pila 2.

En la etapa de Enfriamiento, la Pila 2 obtuvo temperaturas de 65°C a 37°C en un lapso de 24 días. Comparándolo con la Pila 1, se pudo notar que las dos pilas tuvieron un tiempo de enfriamiento similar. Esto se debió que a partir de alcanzar la temperatura máxima, el descenso de la temperatura no varía en el tiempo transcurrido por las pilas.

Al llegar a la etapa final (fase de Maduración), la Pila 2 obtuvo valores de 31°C a 21°C en el transcurso de 14 días, manteniéndose en una temperatura ambiente. Igualmente la Pila 1 lo alcanzó en 14 días lo que demuestra que cumplieron la última etapa.

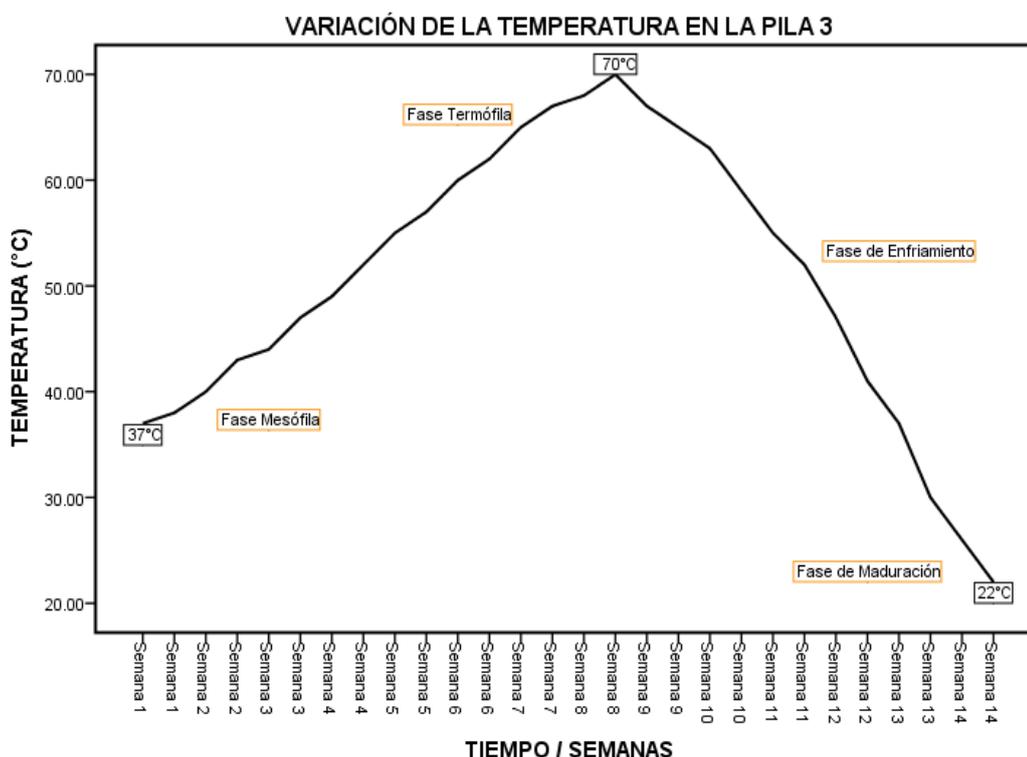


Ilustración 3-4: Variación de la Temperatura en la Pila 3

Realizado por: Ramón, Jennifer, 2022.

La ilustración 3-4, presenta la variación de la temperatura en la pila 3 la cual alcanzó una temperatura inicial de 37°C a 40°C, ubicándose en la fase Mesófila en el transcurso de 8 días.

Relacionando la Pila 1 con la Pila 3, se pudo observar que la Pila 1 alcanzó la fase mesófila en el transcurso de 15 días a comparación de la Pila 3 que lo alcanzó en 8 días. Aquí se puede ver el buen rendimiento que tuvo la Pila 3.

A partir de la semana 2 a la semana 8 la Pila 3 obtuvo una temperatura de 43°C a 70°C que lo estableció en la fase Termófila. La pila 1 alcanzó la fase termófila en un lapso de 41 días a comparación de la Pila 3 que lo adquirió en un periodo de 45 días, manteniéndose dentro del rango de 10 días que ayudaría para que se elimine la mayor cantidad de patógenos del compostaje. En la fase de enfriamiento la Pila 3 obtuvo temperaturas de 67°C a 37°C en el lapso de 31 días, a diferencia de la Pila 1 que alcanzó la fase de maduración en el transcurso de 27 días. Aquí se pudo observar que las dos pilas cambiaron de fase en el mismo lapso de tiempo, con una diferencia de tres días.

La etapa de Maduración se dio en la Pila 3 a partir de la semana 13 a la semana 14, con una temperatura de 30°C a 22°C en un tiempo de 10 días. La Pila 1 alcanzó la fase de maduración en un periodo de 14 días con la diferencia de 4 días de la Pila 3.

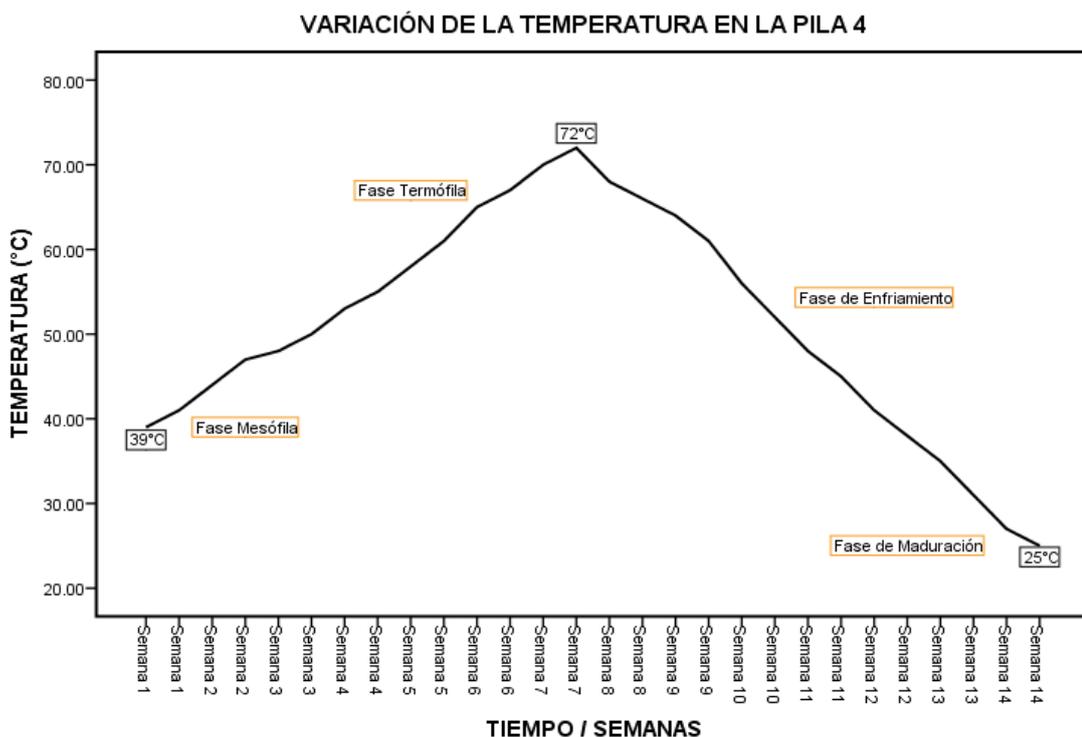


Ilustración 4-4: Variación de la Temperatura en la Pila 4

Realizado por: Ramón, Jennifer, 2022.

La ilustración 4-4, presenta la variación de la temperatura en la pila 4, que alcanzó una

temperatura inicial de 39°C a 41°C, ubicándose en la fase Mesófila en el transcurso de 2 días. Relacionando la Pila 3 con la Pila 4 se pudo observar que la Pila 3 alcanzó la fase mesófila en el transcurso de 8 días a comparación de la Pila 4 que lo alcanzó en 2 días. Aquí se puede ver el buen rendimiento que tuvieron la pila 3 y 4.

A partir de la semana 2 a la semana 7 la Pila 4 obtuvo una temperatura de 44°C a 72°C que lo estableció en la fase Termófila. La pila 3 alcanzó la fase termófila en un lapso de 49 días a comparación de la Pila 4 que lo adquirió en un periodo de 42 días, manteniéndose dentro del rango de 10 días que ayudaría para que se elimine los patógenos presentes en el compost.

En la fase de enfriamiento la Pila 4 consiguió temperaturas de 68°C a 35°C en el lapso de 39 días, a diferencia de la Pila 3 que alcanzó la fase de maduración en el transcurso de 37 días. Aquí se pudo observar que las dos pilas cambiaron de fase en el mismo lapso de tiempo, con la diferencia de dos días.

La etapa de Maduración se dio en la Pila 4 a partir de la semana 13 a la semana 14, con una temperatura de 31°C a 25°C en un tiempo de 9 días. La Pila 3 alcanzó la fase de maduración en un tiempo de 10 días, con la diferencia de un día de la Pila 3.

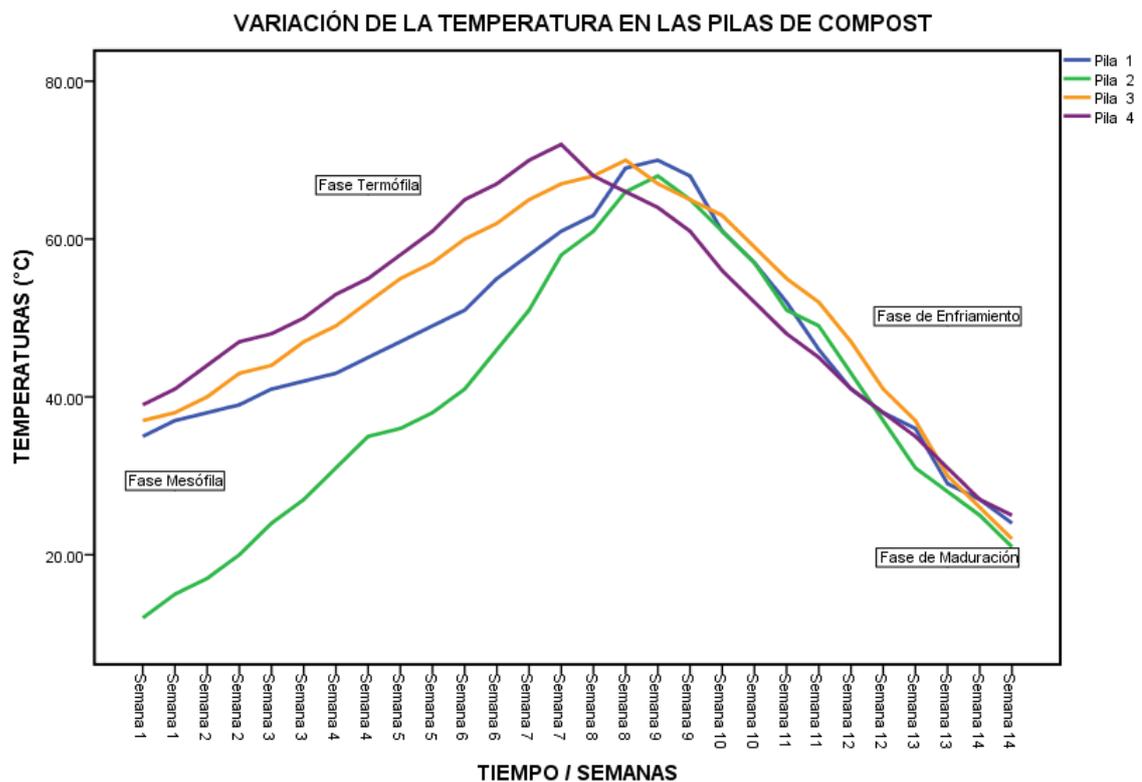


Ilustración 5-4: Variación de la Temperatura en las Pilas de Compostaje

Realizado por: Ramón, Jennifer, 2022.

En la ilustración 5-4 muestra la variación de la temperatura de todas las pilas, del cual se pudo verificar que el mejor rendimiento lo realizó la pila 4, seguido por la pila 3 y la Pila 1. La pila 4 fue la que mejor productividad obtuvo y se lo vio desde el día 1 hasta la semana 14. Esta pila fue la primera en establecerse en la etapa Mesófila con el tiempo de 2 días a comparación de las otras pilas que lo alcanzaron en un tiempo de 17 días, como es el caso de la Pila 1.

Después de haber agregado el activador en las pilas se pudo observar el buen rendimiento que realizaron los microorganismos en la materia orgánica. De igual manera, en la etapa Termófila se pudo identificar que las pilas con mayor temperatura fueron las pilas 1, 3 y 4 con temperaturas de (70°C Pila 1), (70°C Pila 3) y (72°C Pila 4). Concluyendo que las pilas que cumplieron con el tiempo establecido por Bohórquez (2019) para la destrucción del patógeno, fueron las pilas 1, 3 y 4.

Tabla 4-4: pH tomado desde la primera semana del mes de Abril, hasta la semana 2 del mes de Julio.

| Semanas | Pila 1 | Pila 2 | Pila 3 | Pila 4 |
|----------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| | Estiércol de Gallina | Blanco (Penca Picada) | Takakura (microorganismos) | Estiércol Vaca |
| Semana 1 | 5.87 | 5.02 | 6.12 | 5.96 |
| Semana 2 | 6.09 | 5.54 | 6.52 | 6.14 |
| Semana 3 | 6.39 | 5.89 | 6.79 | 6.46 |
| Semana 4 | 6.55 | 6.16 | 6.84 | 6.68 |
| Semana 5 | 6.38 | 6.48 | 7.26 | 6.93 |
| Semana 6 | 7.39 | 6.59 | 7.89 | 7.59 |
| Semana 7 | 7.87 | 6.89 | 8.25 | 7.94 |
| Semana 8 | 8.37 | 7.26 | 8.59 | 8.24 |
| Semana 9 | 8.41 | 7.51 | 8.76 | 8.57 |
| Semana 10 | 8.57 | 7.69 | 8.93 | 8.61 |
| Semana 11 | 8.64 | 8.04 | 8.77 | 8.27 |
| Semana 12 | 8.92 | 8.75 | 9.01 | 9.04 |
| Semana 13 | 9.54 | 9.23 | 9.62 | 9.47 |
| Semana 14 | 9.9 | 9.7 | 9.9 | 9.8 |

Realizado por: Ramón, Jennifer, 2022.

En la tabla 4-4 se describe los valores del pH de cada una de las pilas de compostaje que fueron evaluadas una vez por semana durante tres meses. Aquí se pudo notar los cambios que ha tenido el pH de cada pila en el transcurso de 4 meses consecutivos, hasta permanecer con un pH básico (alcalino) de ± 9 . Mendoza (2012) manifiesta que, en la primera fase del compost, el pH es bajo porque depende de la materia animal que se aplique en la pila, el pH disminuye debido a la

descomposición de las proteínas y lípidos presentes. en su investigación obtuvo valores de pH de 4.5 en las primeras semanas, ubicándose en una fase ácida. Los valores que se obtuvo en esta investigación fueron de: (5.87 Pila 1), (5.02 Pila 2), (6.12 Pila 3) y (5.96 Pila 4) encontrándose todas dentro de la fase ácida.

La fase neutra es la segunda fase a la que debió llegar el compost para saber que los materiales estuvieron homogenizados unos con otros y que la materia orgánica se adaptó al ambiente. Según Olarte (2019), en el transcurso de los días obtuvo valores de 5 hasta establecerse en una fase neutra con un pH de 7.5. De la misma manera, en esta investigación se midió el pH de cada una de las pilas y se obtuvo pH de: (7.39 Pila 1, en la semana 6), (7.26 Pila 2, en la semana 8), (7.26 Pila 3, en la semana 5), (7.59 Pila 4, en la semana 6).

Aquí se pudo observar que la pila 1, 2, 4 tardaron más tiempo en neutralizar el compost lo que se debió a la cantidad alta de material ácido que poseían las pilas (Residuos de Pitahaya + Estiércol). En la última fase que es la alcalina el autor obtuvo un pH de 8.3, donde el pH no subió ni disminuyó, sino que permaneció estable hasta el último día. El pH final que obtuvieron las pilas de esta investigación fueron de: (9.9 Pila 1), (9.7 Pila 2), (9.9 Pila 3), (9.8 Pila 4). Todas las pilas finalizaron con un pH alcalino.

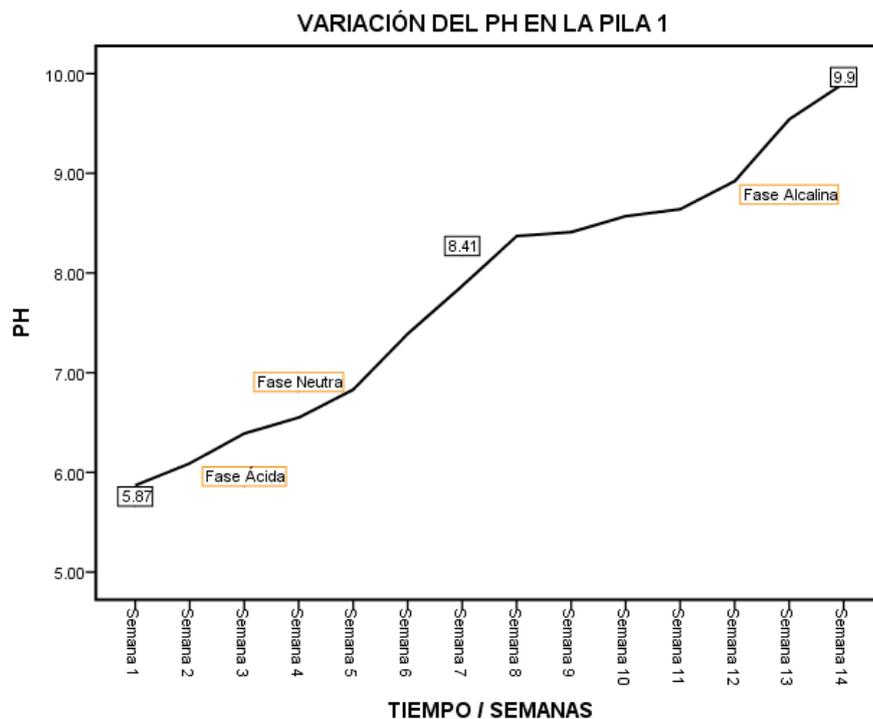


Ilustración 6-4: Variación del pH en la Pila 1

Realizado por: Ramón, Jennifer, 2022.

En la ilustración 6-4 se puede observar la variación que tuvo el pH de la pila 1.

El valor inicial que tuvo la pila 1 es de 5.87 colocándole en un pH ácido desde la semana 1 hasta la semana 5.

En el transcurso de los días llegó alcanzar un pH de 7.39 que se conoce como un pH neutro, el cual estuvo presente desde la semana 6 a la semana 7. Finalmente, la pila 1 en la etapa final (etapa de maduración), permaneció con un pH básico de 9.9.

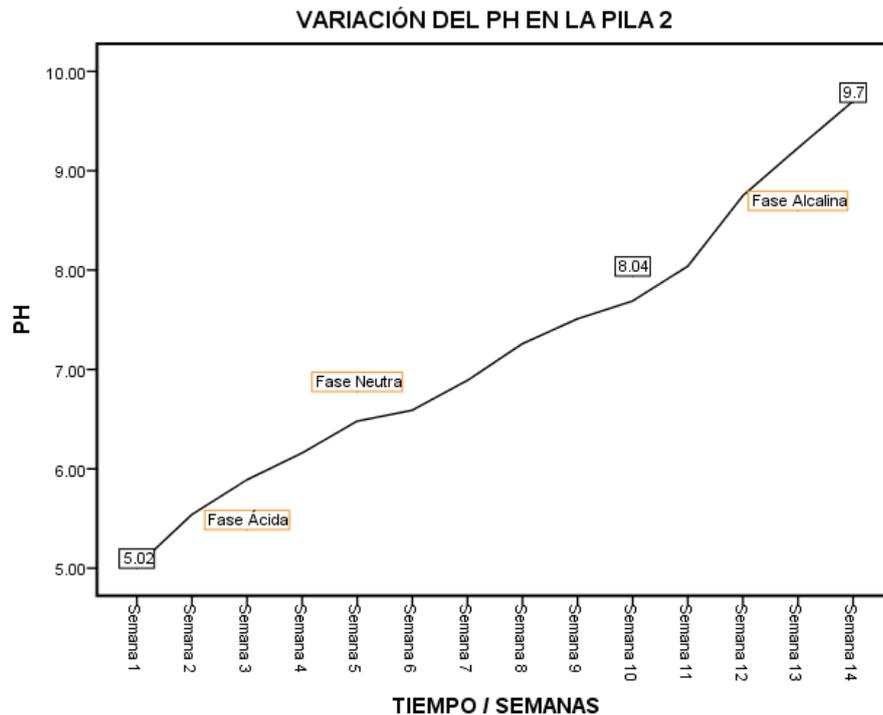


Ilustración 7-4: Variación del pH en la Pila 2

Realizado por: Ramón, Jennifer, 2022.

En la ilustración 7-4 se puede observar la variación que tuvo el pH de la pila 2. El valor inicial que tuvo la pila 2 es de 5.02 colocándose en un pH ácido desde la semana 1 hasta la semana 8. Comparándola con la Pila 1 se pudo verificar que ésta obtuvo el pH más alto que la pila 2 con un valor de 5.87. El pH bajo que alcanzó la pila 2 se debió a que solo poseía penca en la Pila y al degradarse creó un ambiente muy ácido.

En el transcurso de los días la Pila 2 llegó alcanzar un pH de 7.26 que se conoce como un pH neutro, el cual estuvo presente desde la semana 8 a la semana 10 con un tiempo de 21 días. Comparando la Pila 1 con la Pila 2, se pudo verificar que la Pila 1 obtuvo un pH de 7.39 en el transcurso de 7 días que muestra que la pila 2 tardó más tiempo en homogenizar la pila y neutralizar el pH de su medio.

Finalmente, la pila 2 en la etapa final (etapa de maduración), permaneció con un pH básico de 9.7 que lo alcanzó en un tiempo de 42 días. Comparándola con la pila 1 se pudo observar que las dos pilas culminaron con valores similares de pH encontrándose en la fase alcalina.

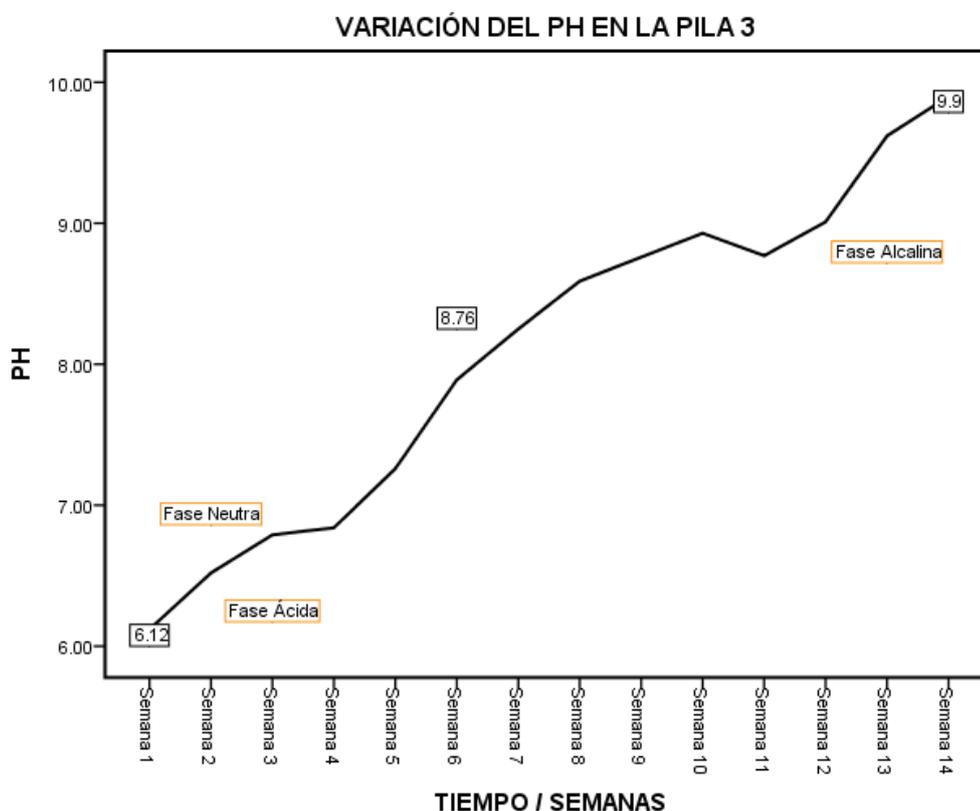


Ilustración 8-4: Variación del pH en la Pila 3

Realizado por: Ramón, Jennifer, 2022.

En el ilustración 8-4 se observa la variación del pH de la pila 3. El valor inicial que tuvo la pila 2 es de 6.12 colocándose en un pH ácido desde la semana 1 hasta la semana 4. Comparándola con la Pila 2 se pudo verificar que ésta obtuvo el pH más bajo que la pila 3 con un valor de 5.02. La pila 3 obtuvo un pH medio, es decir no era ni muy ácido y estaba cerca de ser neutro, lo que se debió a que la pila no poseía estiércol, pero si se le agregó una semilla que le permitió adquirir microorganismos que ayudaron a acelerar el proceso de degradación de la materia orgánica.

En los siguientes días la Pila 3 llegó a alcanzar un pH de 7.26 que se conoce como un pH neutro, el cual estuvo presente desde la semana 5 a la semana 6 con un tiempo de 14 días. Comparando la Pila 1 con la Pila 3, se pudo verificar que la Pila 1 obtuvo un pH de 7.39 en el transcurso de 35 días que muestra que la pila 3 lo realizó en un tiempo más corto a comparación de la pila 2.

Finalmente, la pila 3 en la etapa de maduración, permaneció con un pH básico de 9.9 que lo alcanzó en un tiempo de 49 días. Comparándola con la pila 2 se pudo observar que las dos pilas culminaron con valores similares de pH que fueron de 9.7 y 9.9.

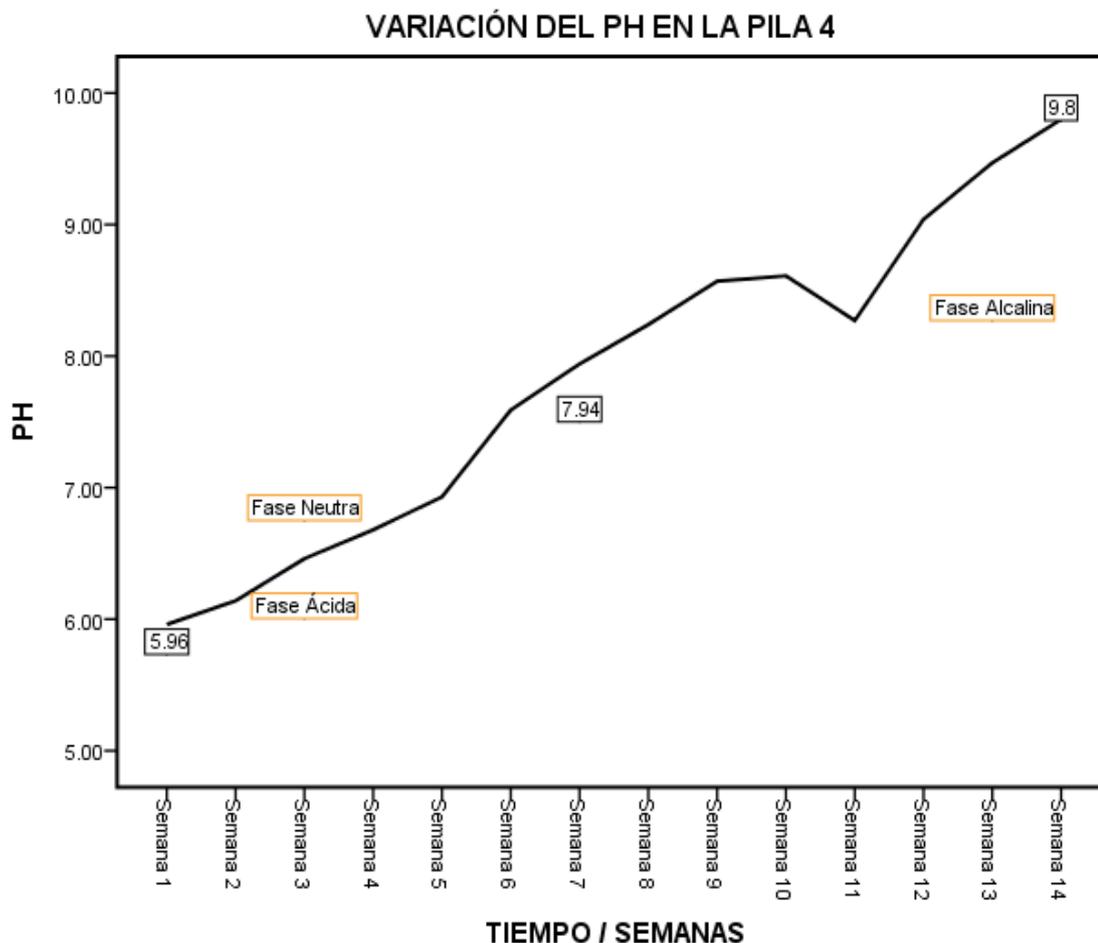


Ilustración 9-4: Variación del pH en la Pila 4

Realizado por: Ramón, Jennifer, 2022.

La ilustración 9-4 se observa la variación del pH que tuvo la pila 4. El valor inicial que tuvo la pila 4 es de 5.96 colocándose en un pH ácido desde la semana 1 hasta la semana 5. Comparándola con la Pila 3 se pudo verificar que la pila 4 obtuvo el pH más bajo que la pila 3 con un pH de 6.12. La pila 4 obtuvo un pH ácido durante 35 días que se debió a la presencia del estiércol de vaca que poseía la pila 4 y que hasta que ocurriera el tiempo en que se homogenice completamente permaneció en un ambiente ácido.

En los siguientes días la Pila 4 llegó a alcanzar un pH de 7.59 que se conoce como un pH neutro, el cual estuvo presente desde la semana 6 a la semana 7 con un tiempo de 14 días. Comparando la Pila 3 con la Pila 4, se pudo verificar que la Pila 3 obtuvo un pH de 7.26 en el transcurso de 14

días que muestra que las dos pilas demoraron el mismo periodo de tiempo.

Finalmente, la pila 4 en la etapa de maduración, permaneció con un pH básico de 9.8 que lo alcanzó en un tiempo de 43 días. Comparándola con la pila 3 se pudo observar que las dos pilas culminaron con valores similares de pH que fueron de 9.9 y 9.8.

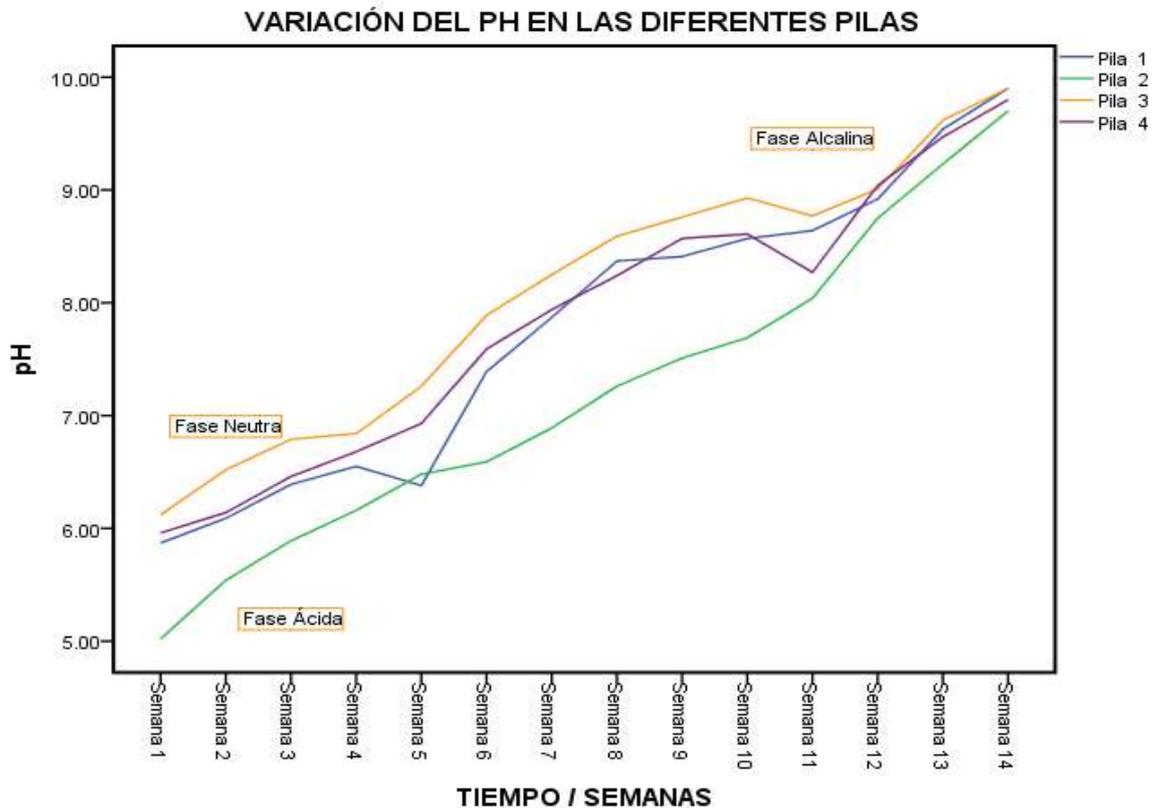


Ilustración 10-4: Variación del pH en las diferentes pilas

Realizado por: Ramón, Jennifer, 2022.

La ilustración 10-4 presenta las variaciones que tuvo el pH en las pilas de compost y el blanco. La pila 1 que fue elaborada con Estiércol de Gallina, presentó un pH inicial de 5.87 que se debió a la degradación de la materia orgánica que en este caso fue la penca, pero con el pasar de los días el pH aumentó hasta llegar a un valor máximo de 9.9 que se lo presentó en su etapa final (semana 14). La pila 2 más conocida como blanco, que se debe a que la pila fue elaborada únicamente con residuos de pitahaya. Tuvo su valor inicial de pH de 5.02, que fue el valor más bajo de todas las pilas por la presencia única de penca. Además, la pila 2 obtuvo valores muy bajos en el transcurso de los días, hasta que llegó a la semana 8 en donde empezó a aumentar su pH con aproximadamente 9.7 en su etapa de maduración.

La pila 3 empezó su etapa de degradación con un pH de 6.12 en la fase de degradación de la materia orgánica, asimismo indicó como fue aumentando rápidamente su valor semana tras

semana, hasta incorporarse con un valor de 9.9 en su etapa final de compostaje. La pila 4 alcanzó un pH de 5.96 en su etapa inicial, lo que se debió a la degradación del estiércol de vaca y a la gran cantidad de amónico que presentó. Con el transcurso de los días su pH fue ascendiendo hasta culminar con un valor de 9.8.

Pillco (2020), agrega que los resultados que obtuvo en sus tratamientos fueron de: 7.05; 7.60 y 7.70 que se encontraban en un nivel alcalino, lo que permitió que sus procesos de descomposición, mineralización y descomposición se llevaran a cabo de manera normal. De la misma manera ocurrió en esta investigación, ya que los valores que se obtuvieron de las pilas llegaron a valores básicos de ≥ 9 , lo que favoreció a la pérdida de amoníaco y pudo determinar que existió una buena degradación de los compuestos.

Tabla 5-4: Humedad de la semana 1 del mes de Abril, a la semana 7 del mes de Mayo

| Semanas | Pila 1 | Pila 2 | Pila 3 | Pila 4 |
|-----------|----------------------|-----------------------|----------------------------|-------------------|
| | Estiércol de Gallina | Blanco (Penca Picada) | Takakura (microorganismos) | Estiércol de Vaca |
| Semana 1 | 18.40% | 35.40% | 29.70% | 31% |
| Semana 2 | 23.20% | 53.20% | 36% | 39.50% |
| Semana 3 | 33.80% | 66.70% | 39.50% | 47% |
| Semana 4 | 38.50% | 74.50% | 44.40% | 52.80% |
| Semana 5 | 48% | 76.20% | 49% | 57% |
| Semana 6 | 53.10% | 73.90% | 53.40% | 64% |
| Semana 7 | 55.80% | 69.40% | 59.90% | 68.70% |
| Semana 8 | 57.90% | 67.10% | 65.20% | 74.10% |
| Semana 9 | 66.90% | 61.50% | 73.60% | 68% |
| Semana 10 | 53.30% | 57.60% | 67% | 61.40% |
| Semana 11 | 49.70% | 55.30% | 59.80% | 56% |
| Semana 12 | 43% | 53.60% | 48.50% | 44.70% |
| Semana 13 | 35.90% | 51.90% | 38.40% | 31.90% |
| Semana 14 | 16.80% | 39.10% | 25.30% | 16.90% |

Realizado por: Ramón, Jennifer, 2022.

La tabla 5-4 presenta los valores que se obtuvieron de Humedad de todas las pilas, y que se tomaron una vez a la semana al igual que los valores del pH. Estos valores fueron cambiando dependiendo el clima y la cantidad de agua que se le proporcionó a cada pila.

En la primera semana se presenciaron valores de humedad de: (18.40% en la Pila 1), (35.40% en la Pila 2), (29.70% en la Pila 3), (31% en la Pila 4), siendo la pila 1 la que obtuvo el porcentaje más

bajo de humedad, pues se debió a que el estiércol que fue proporcionado no estuvo del todo fresco. Asimismo, la pila que mayor porcentaje de humedad tuvo fue la pila 2, esto se debió a la gran cantidad de agua que posee la penca lo que creó un ambiente con bastante humedad.

En la semana 7 los valores de humedad que se obtuvieron las pilas fueron de: (55.80% en la Pila 1), (69.40% en la Pila 2), (59.90% en la Pila 3), (68.70% en la Pila 4).

En esta semana se pudo verificar que todas las pilas aumentaron su porcentaje de humedad, siendo las pilas 2 y 4 las que mayor porcentaje de humedad alcanzaron.

En la última semana (14), el porcentaje de humedad que adquirieron las pilas fue de: (16.80% en la Pila 1), (39.10% en la Pila 2), (25.30% en la Pila 3), (16.90% en la Pila 4). En esta última semana, el compost eliminó su mayor cantidad de agua por lo que el porcentaje de humedad de las pilas 1, 3 y 4 disminuyó un 90% a diferencia de la pila 2 que mantuvo un porcentaje alto hasta la última semana.

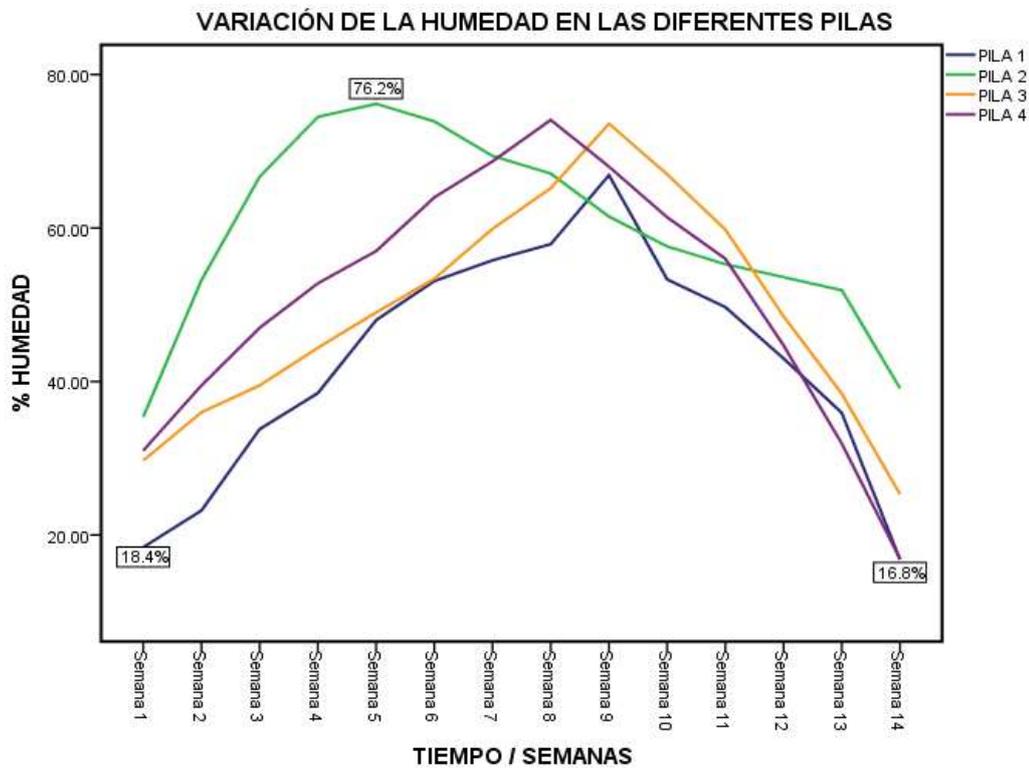


Ilustración 11-4: Variación de la Humedad en las diferentes pilas

Realizado por: Ramón, Jennifer, 2022.

Mendoza (2012), en la verificación del tratamiento de sus pilas, sostuvo que todas las pilas se encontraban en condiciones ideales, esto debido a que se localizaban en un rango entre 40% y

60% de humedad durante todo el proceso de compostaje. Los resultados de humedad que se obtuvo al inicio de esta investigación fueron de: 18.4% en la pila 1, el cual estuvo fuera del rango establecido por lo que se procedió a humedecerle con agua en el transcurso de los días posteriores. En el caso de la Pila 2 se obtuvo un porcentaje de 35.4% que fue el valor más cercano del rango establecido y se debió a la alta cantidad de agua que tiene la penca de pitahaya.

El porcentaje de humedad que logró la pila 3 fue de 29.70% que fue un valor cercano, pero no se lo consideró dentro del rango establecido. Finalmente, la Pila 4 adquirió un porcentaje de humedad de 31% que fue alto, pero no estuvo dentro del rango. Se concluyó que en la primera etapa ninguna de las pilas se encontró en el rango permisible de humedad, pero en el transcurso de los días se fue unificando toda la materia orgánica con la materia animal, lo que permitió aumentar el valor de su humedad. Asimismo, con la ayuda del volteo que se les dio a las pilas, ayudó a elevar aún más el valor de la humedad, hasta finalizar con valores de 16.8%; 39.1%; 25.3%; 16.9%.

4.2. Diseño de las pilas de compost

Para este trabajo de titulación (Co-Compostaje de Residuos de Pitahaya), se utilizó la metodología descrita por (ISF-Cat, 2016), donde se realizaron 4 pilas de volteo, con una cantidad de 1 Tonelada de materia orgánica, la cual fue dividida por igual para las 4 pilas.

Mendoza (2012), distribuyó los materiales para cada capa: (30% Residuos de jardín), (20% Hojarasca), (30% Ramillas Algarrobo), (20% Estiércol Vaca). La colocación que se realizó en este trabajo fue:

Pila 1: 30% Penca de Pitahaya, 20% Estiércol de vaca y 50% de Aserrín

Pila 2: 30% Penca de Pitahaya, 20% Estiercol de Gallina y 50% de Aserrín

Pila 3: 30% Penca de Pitahaya, 20% Semilla Takakura y 50% de Aserrín

Pila 4 (Blanco): 30% Penca de Pitahaya

La distribución de la materia en cada pila es la parte más importante, porque de este depende la buena proporción de nutrientes que le proporcionarán al compost. El autor Mendoza (2012), en su pila agregó un porcentaje de 30% de ramillas que son importantes por su gran contenido de Carbono. En esta investigación se agregó aserrín, que de igual manera proporcionan cantidades de carbono al compost y se construyó las pilas de la siguiente manera:

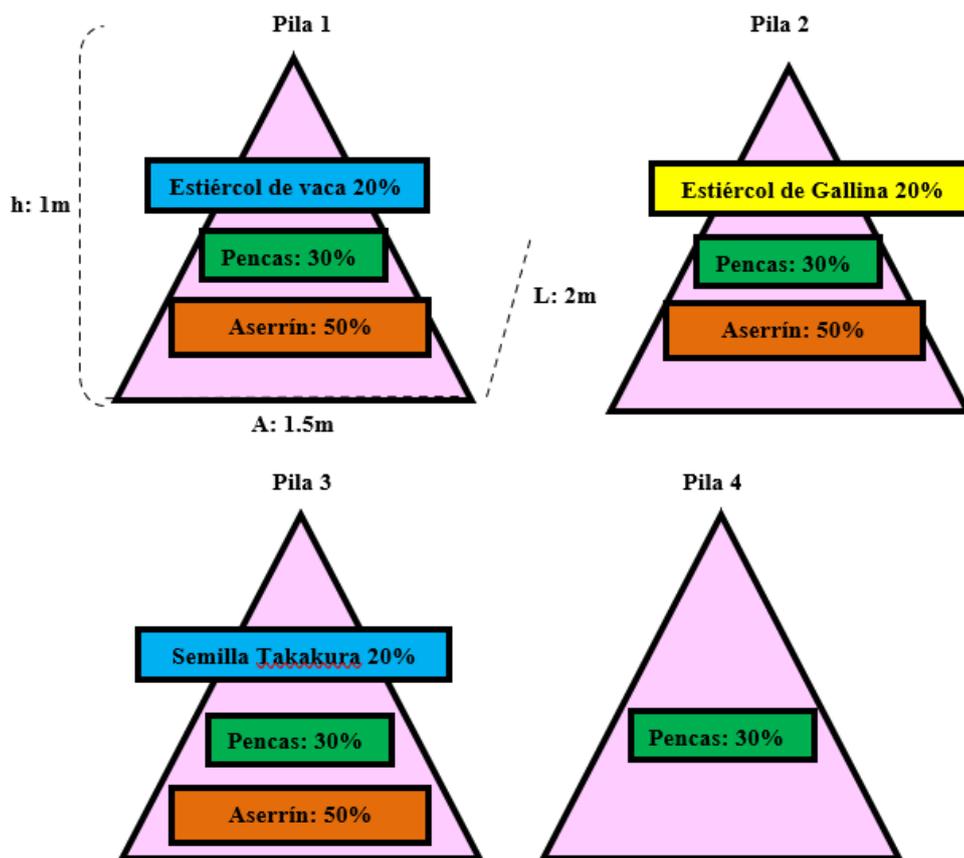


Ilustración 12-4: Diseño de Pilas de compost

Realizado por: Ramón, Jennifer, 2022.

Para la construcción del modelo de las pilas, se procedió a trazar las dimensiones de la pila con la ayuda del flexómetro y un spray color blanco. Las dimensiones fueron 1.5 de Ancho, 2 de largo y con una altura de h: 1m. Mendoza (2012), utilizó las dimensiones de (L=2.2m; A=1.2m; h=0.8m) que son dimensiones similares a las que se utilizó en esta investigación. Para la colocación de las capas de material, se procedió a realizar los siguientes cálculos:

1 Tn (1000kg) de Penca de Pitahaya
 1000kg de Penca → 250kg Para cada pila (4Pilas)

De los 250 kg de penca (30%) que se estableció para cada pila, se realizó una regla de tres para la obtención de los porcentajes para la cantidad de estiércol y aserrín.

$$(%50)Aserrín = \frac{250kg \times 50\%}{30\%} = 416.66$$

(Ec. 1-4)

$$(\%20)Estiércol = \frac{250kg \times 20\%}{30\%} = 166.66$$

(Ec. 2-4)

Tabla 6-4: Porcentajes de estiércol, penca y aserrín para la construcción de las pilas.

| Material | Cantidad (kg) | Porcentaje (%) |
|-----------|---------------|----------------|
| Penca | 250 kg | 30% |
| Estiércol | 166.66 kg | 20% |
| Aserrín | 416.66 kg | 50% |

Realizado por: Ramón, Jennifer, 2022.

Posteriormente, luego de haber calculado los valores que corresponde a cada capa, se procedió a dividirlos para la cantidad de capas que se colocaría en la pila y de esa manera se obtendría la cantidad exacta que se colocaría en cada capa de la pila.

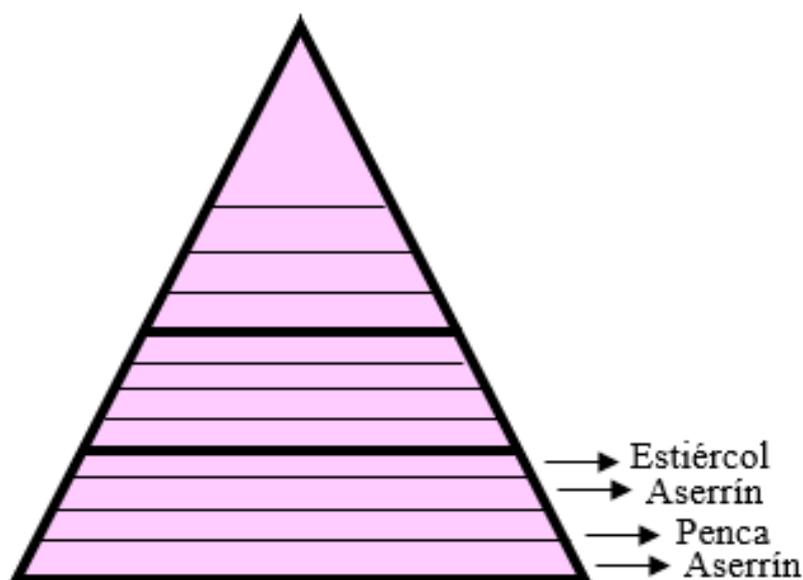


Ilustración 13-4: Pila por cantidad de capas

Realizado por: Ramón, Jennifer, 2022.

En cada pila se colocaron 12 capas de las cuales correspondían a: (Aserrín, Penca, Aserrín, Estiércol). Por lo que en cada pila entraba 6 capas de Aserrín, 3 capas de Penca y 3 capas de Estiércol, de los cuales se obtuvo los siguientes valores:

$$Valor\ para\ cada\ capa = \frac{cantidad\ del\ material}{número\ de\ capas}$$

(Ec. 3-4)

$$\text{Valor para cada capa} = \frac{416.66 \text{ kg Aserrín}}{6 \text{ capas de Aserrín}} = 69.44 \text{ kg de Aserrín}$$

(Ec. 4-4)

Tabla 7-4: Determinación de la cantidad de materia para cada capa.

| Material | Cantidad en capas | Cantidad Kg |
|------------------|--------------------------|--------------------|
| Penca | 3 | 83.33 Kg |
| Estiércol | 3 | 55.55 Kg |
| Aserrín | 6 | 69.44 Kg |

Realizado por: Ramón, Jennifer, 2022.

4.3. Determinación de la concentración del compost por análisis fisicoquímico

4.3.1. Determinación del Carbono Orgánico

Para determinar la concentración del compost se utilizó los porcentajes de carbono orgánico y la relación Carbono-Nitrógeno, el cual se lo determinó con las siguientes formulas:

$$\% \text{Carbono Orgánico} = \% \text{Materia Orgánica} * \text{Factor de Conversión (0.58)}$$

$$\% \text{Carbono Orgánico}_{\text{Gallinaza}}: 30.84\% * (0.58) = 17.89\%$$

El autor determinó a relación Carbono-Nitrógeno de

Determinación de la Relación Carbono-Nitrógeno

$$\% \text{C/N} = \frac{\% \text{Carbono Orgánico}}{\% \text{Nitrógeno Total}}$$

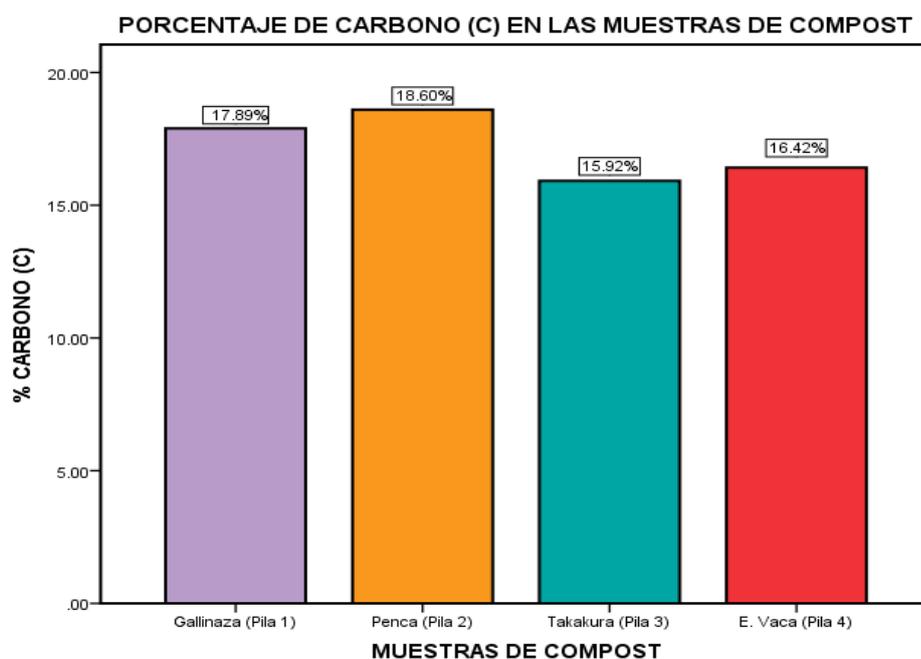
$$\% \text{C/N}_{\text{Gallinaza}} = \frac{17.89\%}{1.09\%} = 16.41\%$$

Tabla 8-4: Concentración del Compost por análisis fisicoquímico

| Análisis Físico-químico de los tipos de Compost | | | | |
|-------------------------------------------------|-----------|--------|----------|---------|
| Parámetros | Gallinaza | Blanco | Takakura | E. Vaca |
| pH | 9.9 | 9.7 | 9.9 | 9.8 |
| MO (%) | 30.84 | 32.07 | 27.44 | 28.31 |
| Humedad (%) | 16.8 | 39.1 | 25.3 | 16.9 |
| Temperatura(°C) | 21.77 | 21.22 | 21.38 | 21.88 |
| Conductividad E.(mS) | 3.31 | 3.17 | 2.23 | 2,04 |
| Carbono Orgánico (%) | 17.89 | 18.60 | 15.92 | 16.42 |
| Nitrógeno (%) | 1.09 | 1.02 | 1.61 | 1.43 |
| Potasio (%) | 1.84 | 0.58 | 2.01 | 1.77 |
| Fósforo (%) | 0.95 | 0.36 | 0.61 | 0.58 |
| C/N (%) | 16.41 | 6.89 | 9.89 | 11.48 |

Fuente: Laboratorio, INIAP, 2022

La tabla 8-4 presenta las características fisicoquímicos que fueron examinados del compost finalizado. Los parámetros que se tomaron fueron: el pH, el porcentaje de Materia Orgánica, la Humedad, la Temperatura, la Conductividad Eléctrica, el porcentaje de Carbono Orgánico presente, el porcentaje de Nitrógeno, el porcentaje de Potasio, el porcentaje de Fósforo y finalmente la relación Carbono-Nitrógeno.

**Ilustración 14-4:** Porcentaje de Carbono en las diferentes muestras de Compost

Realizado por: Ramón, Jennifer, 2022.

La ilustración 14-4 describe el porcentaje de Carbono presentó cada una de las muestras de compost. El porcentaje de Carbono es muy importante en un compost, de acuerdo con (Mendoza 2012) el rango establecido que debe tener un compost es de 25%-40%. Además, manifiesta que obtuvo porcentajes bajos de Carbono, debido al consumo por parte de los microorganismos. El porcentaje que se obtuvo en esta investigación fue de: 17.89% en el tratamiento 1, pero estuvo lejos del rango establecido por lo que se observó que hubo una buena actividad microbiana ya que el porcentaje de carbono fue insuficiente.

El tratamiento 2 obtuvo un porcentaje de 18.60% que es un porcentaje alto de carbono, pero tampoco se encontró dentro del rango establecido. El alto contenido de carbono que obtuvo la pila 2 se debió a que hubo poca actividad microbiana, pues no se había implementado ningún tipo de materia animal, sino solo la penca de pitahaya. En el tratamiento 3 se obtuvo un porcentaje de 15.92% de carbono que es sumamente bajo, pero se pudo verificar que si hubo una excelente actividad de los microorganismos puesto que consumieron gran cantidad de carbono presente en la muestra. Finalmente, el tratamiento 4 presentó un porcentaje de carbono de 16.42% que es un porcentaje bajo y no se encuentra dentro del rango establecido.

Se concluye que ninguna de pilas alcanzó el porcentaje de carbono establecido. La pila 2 obtuvo el porcentaje más alto y lo logró gracias a la poca actividad microbiana que tuvo, pero tampoco llegó al porcentaje ideal. Para evitar el bajo contenido de carbono es necesaria la implementación de materiales con alto contenido de carbono, para que al momento de que los microorganismos actúen no se pierda todo el porcentaje de carbono.

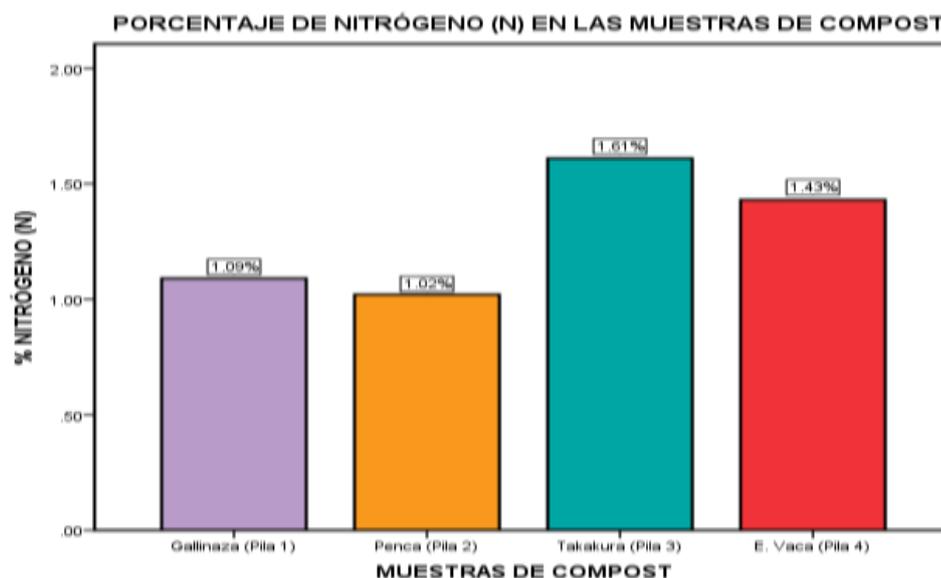


Ilustración 15-4: Porcentaje de Nitrógeno en las diferentes muestras de Compost

Realizado por: Ramón, Jennifer, 2022.

La ilustración 15-4 describe el porcentaje de carbono presento cada una de las muestras de compost. El autor (Pillco 2020) obtuvo valores de 0.75%, 2.74% y 2.85% en sus tres tratamientos, lo que le permitió verificar que el tratamiento 2 y 3 si cumplían con el rango establecido por la Normativa Chilena 2880 (2.4% - 5.0%) y (1.5% - 2%), pero el tratamiento 1 no cumplía con los rangos.

Los datos que se obtuvo de esta investigación fueron: 1.09% en el tratamiento 1, que fue un porcentaje bueno, pero no se encontró dentro del rango establecido por la Norma Chilena.

El tratamiento 2 alcanzó un porcentaje de 1.02% de Nitrógeno, que no le permite llegar al rango establecido y además es el porcentaje más bajo de todos los tratamientos. La Pila 3 es el único tratamiento que alcanzó el porcentaje establecido por la Norma Chilena, con un porcentaje de 1.61% de Nitrógeno.

Finalmente, el tratamiento 4 consiguió un porcentaje de 1.43% de Nitrógeno, que no se encuentra dentro de rango, pero está cerca y por tal se lo considera como un valor aprobado. Se concluye que los tratamientos 1 y 2 no cumplen con los rangos establecidos por la Normativa Chilena 2880, el tratamientos 3 fue el único que cumplió con el rango establecido. Posteriormente el tratamiento 4 no alcanzó el rango establecido, pero estuvo cerca y por tal motivo se lo consideró como aceptable.

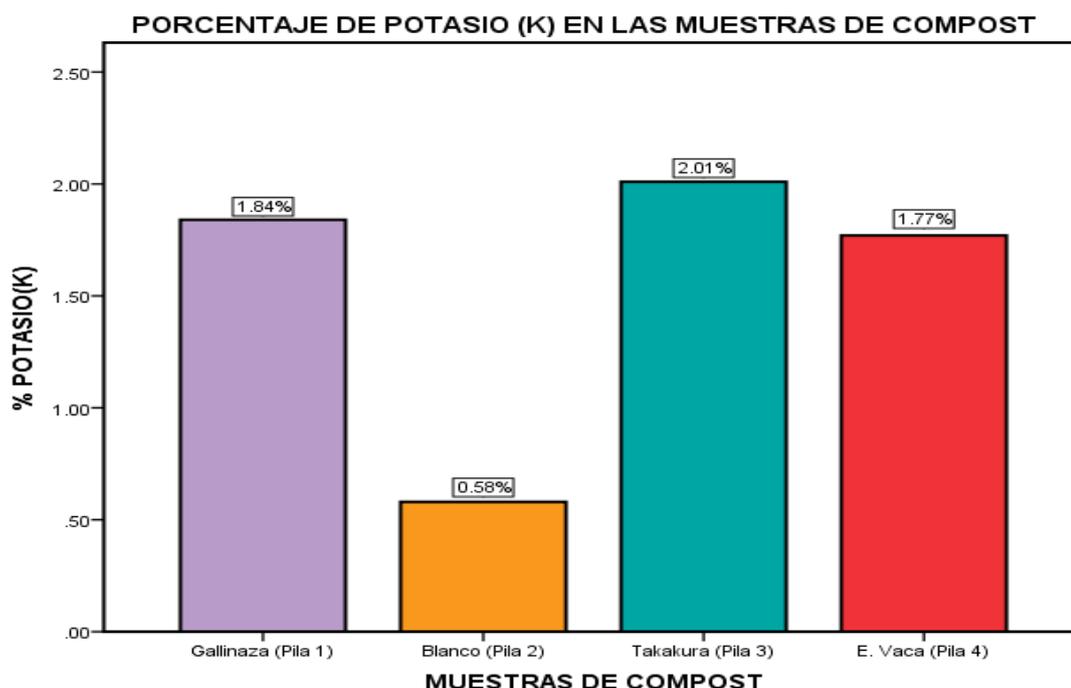


Ilustración 16-4: Porcentaje de Potasio (K), en las diferentes muestras de Compost

Realizado por: Ramón, Jennifer, 2022.

En la ilustración 16-4 describe el porcentaje de Potasio que presentó cada una de las muestras de compost. En los porcentajes de Potasio, Pillco, (2020), obtuvo valores de 0.10%, 0.43% y 0.59% que lamentablemente ninguno cumplió con la Normativa de Bioagro 2011(1% - 1.5%).

Los valores que se obtuvo de Potasio en las muestras de compost fueron: Tratamiento 1 con un porcentaje de 1.84% que sobrepasa el rango establecido, pero no llegaría a dañar a la planta.

El Tratamiento 2 alcanzó un porcentaje muy bajo de potasio con 0.58% y fue uno de los porcentajes más bajos que se obtuvo de todas la muestras. De la misma manera el tratamiento 3 logró un porcentaje de 2.01% que mostró un alto contenido de Potasio en la muestra, llegando a sobrepasar el rango establecido, pero sin ser perjudicial para las plantas.

El tratamiento 4 obtuvo un porcentaje de 1.77% de Potasio que sobrepasa el rango establecido, pero el valor es cercano y se lo considera dentro del rango. Finalmente se sostuvo que los Tratamientos 1 y 4 cumplieron el rango establecido por Bioagro 2011, el tratamiento 2 obtuvo una escasa cantidad de potasio y el tratamiento 3 sobrepasó la cantidad establecida, pero sin llegar a ser perjudicial. La baja cantidad de potasio se debió a la falta de minerales que aportarían los residuos de ciertos alimentos como las papas, los tomates, el brócoli, etc.

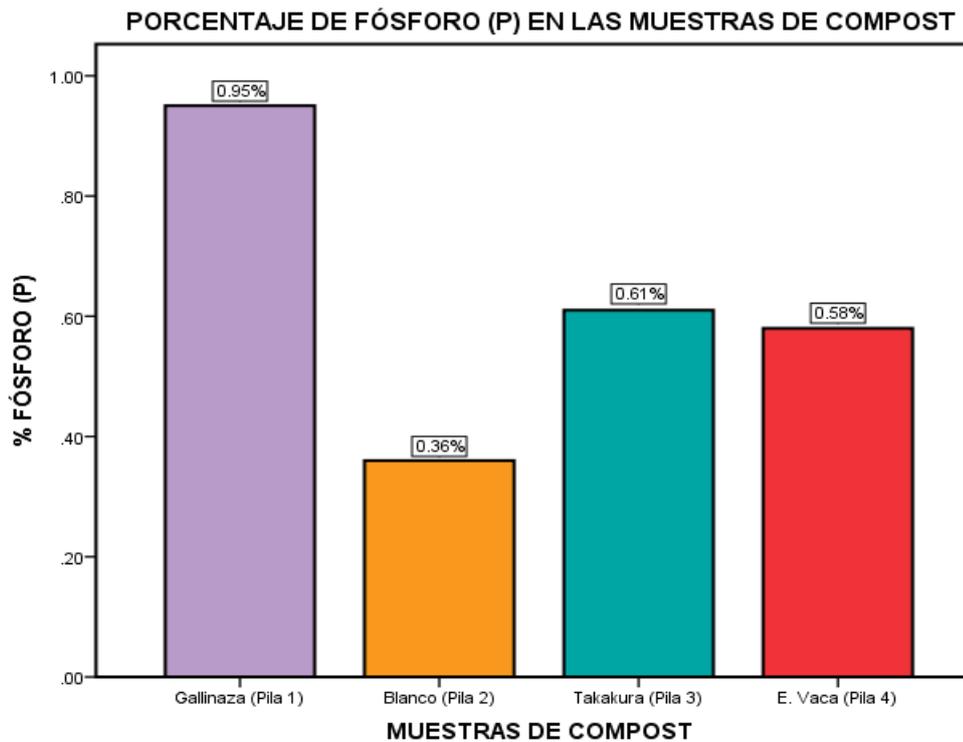


Ilustración 17-4: Porcentaje de Fósforo (P), en las diferentes muestras de Compost

Realizado por: Ramón, Jennifer, 2022.

En la ilustración 17-4 describe el porcentaje de Potasio que presentó cada una de las muestras de compost. Pillco (2020) hace referencia a que los niveles de fósforo en un compost debe encontrarse en los rangos de 0.3% - 1.8%. En los tratamiento 1,2 y 3 (Pillco 2020) obtuvo valores de 0.62%, 0.87%, 0.81% los cuales si cumplieron con la normativa establecida por la OMS.

Los resultados obtenidos de esta investigación fueron de: 0.95% de fósforo en el tratamiento 1 el cual se encuentra dentro del rango establecido. El tratamiento 2 obtuvo un porcentaje de 0.36% de fósforo que es un porcentaje bajo comparándolo con los otros tratamiento; pero se encuentra dentro del rango establecido.

De igual manera, el tratamiento 3 adquirió un porcentaje de fósforo de 0.61%, que no es tan bajo como el que obtuvo la pila 2 y también se encuentra dentro del rango establecido.

El tratamiento 4 alcanzó un porcentaje de 0.58% de fósforo y se encuentra dentro del rango establecido. Comparando el contenido de fósforo de las pilas se concluyó que todas cumplen con el rango establecido de fósforo que debe contener un compost. Asimismo, hago referencia a que el tratamiento 1(Estiercol de gallina), posee el porcentaje más alto de fósforo.

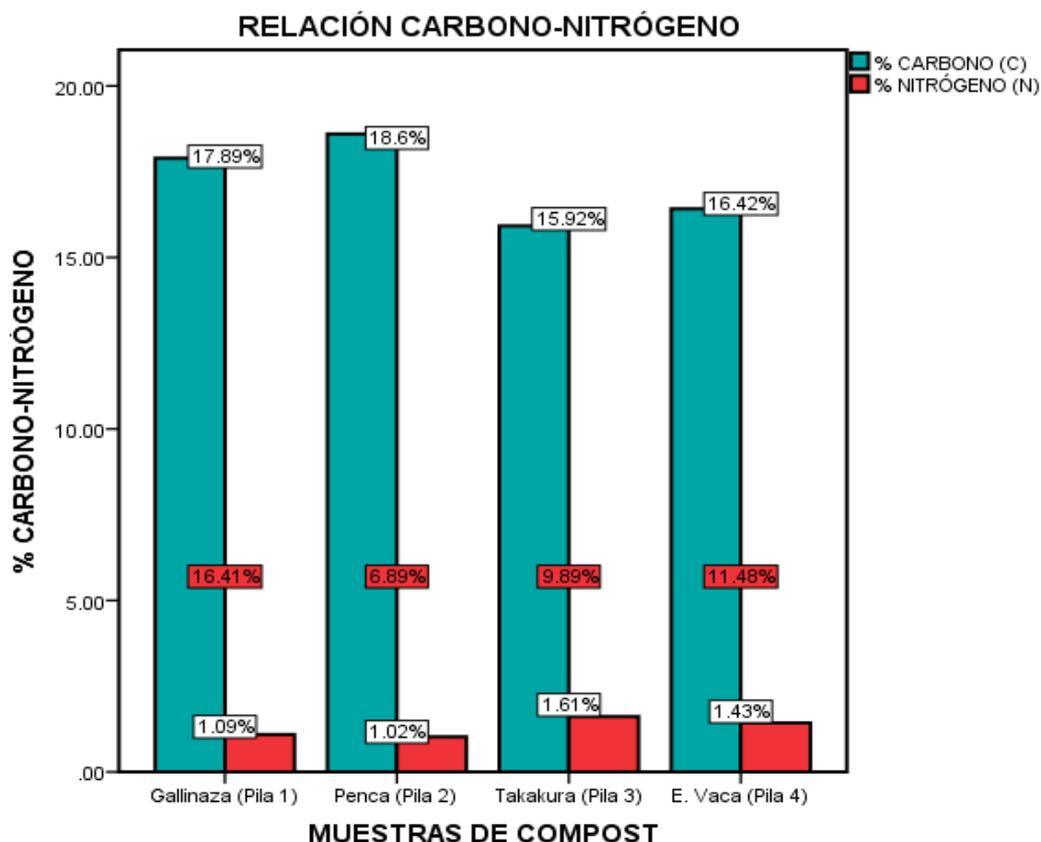


Ilustración 18-4: Relación Carbono-Nitrógeno de las diferentes muestras de Compost

Realizado por: Ramón, Jennifer, 2022.

La ilustración 18-4 describe la Relación C/N que presentó cada una de las muestras de compos Pillco (2020), en su proceso de compostaje consideró que la relación Carbono-Nitrógeno debería establecerse en un categoría de (25:1 a 30:1) y teniendo en cuenta que de sus tres tratamientos solo el número tres demostró cumplir con los rangos permisibles, a comparación del primer tratamiento que se encontraba muy lejos del rango establecido. Un caso muy particular ocurrió con el tratamiento 2, ya que poseía un valor de 24.89% que se encontraba cercano al rango, por lo que también se consideró a ese valor dentro del rango aceptable.

En cuanto a los resultados que se obtuvo de la relación Carbono-Nitrógeno, los valores que se alcanzaron fueron de: (16.41% en la Pila 1), (70.3% en la Pila 2), (9.89% en la Pila 3) y (11.48% en la Pila 4). Concluyendo que ninguno de los tres tratamiento se encuentran dentro del rango permisible. Esto se debe a su bajo contenido de Carbono en las pilas.

Para que exista una buena relación Carbono-Nitrógeno, los porcentajes de carbono deben cumplir el rango establecido según (Pillco 2020), por lo que se debería proporcionar más materiales con alto contenido de carbono.

CONCLUSIONES

- Se elaboró las pilas por volteo para el proceso de co-compostaje de residuos de pitahaya, mediante el uso de la Metodología de Pilas por Volteo, misma que permitió acelerar el proceso de degradación de la materia orgánica y acortar el tiempo de maduración del compost. El tiempo que se necesitó para que el compost llegue a su etapa final fue de tres meses y medio. Esto se comprobó mediante la evaluación de los diferentes parámetros como la temperatura y el pH; Las pilas pasaron por las diferentes etapas como: Mesófila, Termófila, Fase de Enfriamiento y Fase de Maduración, hasta permanecer en una temperatura ambiente, lo que demostró que si cumplieron todas sus etapas y se puede dar aprobación a esta técnica.
- Se realizó la caracterización fisicoquímica y biológica de los residuos de pitahaya y diferentes estiércoles, siendo la temperatura, el pH y la humedad los parámetros más fundamentales para la correcta degradación de la materia orgánica; se obtuvo valores en la temperatura de: (23.28°C Penca; 19.27°C Gallinaza; 20.5°C Semilla Takakura; 18.6°C Estiércol Vaca), valores del pH de: (4.6 Penca; 7.4 Gallinaza; 9 Semilla Takakura; 8.2 Estiércol de Vaca), valores de la humedad de: (80.8% Penca; 14.2% Gallinaza; 18.9% Semilla Takakura; 75.4% Estiércol de Vaca). Donde se evidenció que todos los estiércoles presentaron buenas condiciones para el compost, a diferencia de los residuos de pitahaya que presentó un pH muy ácido, por lo que se indica que es muy importante adicionarle un material (tierra, aserrín) para nivelar el pH y obtener una mejor calidad en el compost. Los valores de conductividad eléctrica que se lograron fueron de: (13.99 dS/m Penca; 0.0209 dS/m Gallinaza; 0.0277 dS/m Semilla Takakura; 8.90 dS/m Estiércol Vaca), y el porcentaje de Materia Orgánica fue de: (33.23% Penca; 65.77% Gallinaza; 77.1% Semilla Takakura; 97.23% Estiércol de Vaca), lo que demuestra que la semilla de Takakura y el Estiércol de Gallina se encuentran dentro del rango establecido por (Lopez 2010), a comparación de los residuos de pitahaya y el estiércol de gallina que sobrepasaron el rango; dando como resultado un exceso de sales que pueden alterar el compost.
- Se construyó cuatro pilas para la obtención del compost y fueron diseñadas según el manual proporcionado por (ISF-Cat, 2016). Cada pila poseía las mismas dimensiones (h: 1m; A: 1.5; L: 2m) y cantidades variables: penca (30%), estiércol (20%) y aserrín (50%), las cuales se encontraban distribuidas de la siguiente manera: Pila 1 (estiércol de gallina, penca y aserrín). Pila 2 (solo penca), Pila 3 (semilla de Takakura, penca y aserrín), Pila 4 (estiércol de vaca, penca y aserrín). Asumiendo que, el mejor rendimiento se pudo apreciar en la pila 3 y 4 puesto que, en el transcurso de las semanas fueron las que mayor actividad tuvieron y alcanzaron las temperaturas más altas (70°C y 72°C), en un lapso de tiempo más corto de 7 y 8 semanas.

- Se determinó la concentración por análisis fisicoquímico de los nutrientes tales como %N, %K, %P, y %C, presente en las diferentes muestras de compost. Los porcentajes que se obtuvieron de Nitrógeno fueron: (1.09% Pila 1; 1.02% Pila 2; 1.61% Pila 3; 1.43 % Pila 4). Concluyendo que la P₃ y P₄, se encuentran dentro del rango establecido por la Normativa Chilena 2880, lo que corrobora que el porcentaje de Nitrógeno presente en esas dos muestras es muy bueno.
- Los porcentajes de Potasio que se tuvieron fueron de: (1.84% Pila 1; 0.58% Pila 2; 2.01% Pila 3; 1.77% Pila 4). Considerando que el rango permisible se encuentra entre 1% - 1.5% se concluye que la pila 1, 3 y 4 si se encuentran dentro del rango, pero con un porcentaje alto de potasio en la pila 3. Otro parámetro evaluado fue el fósforo con porcentajes de: (0.95% Pila 1; 0.36% Pila 2; 0.61% Pila 3; 0.58% Pila 4) y el porcentaje de carbono: (17.89% Pila 1; 7.03% Pila 2; 15.92% Pila 3; 16.42% Pila 4). Según la Normativa Chilena 2880, se evidencia que las cuatro pilas obtuvieron un porcentaje dentro del rango de Fósforo, pero no alcanzaron al porcentaje de Carbono establecido. En definitiva se observó que la relación C/N en: Pila 1(17.89% ± 1.09%), se presentó en menor cantidad por lo que se estima que hubo mayor actividad de los microorganismos que actuaron sobre la Materia Orgánica y disminuyeron el porcentaje de Carbono; de igual manera ocurrió en la Pila 2(18.60% ± 1.02%) y Pila 3(15.92% ± 1.61%). En la Pila 4(16.42% ± 1.43%), se observó que no hubo mucha actividad microbiana, por lo que el porcentaje de Carbono fue mayor. Teniendo como resultado que las muestras de las pilas 1, 3 y 4 poseen gran cantidad de nutrientes y una buena relación C/N, razón por la cual son aptos como uso de enmienda para el suelo.

RECOMENDACIONES

Es importante valorizar y utilizar los residuos de Pitahaya para diferentes métodos de elaboración de materia prima como el compost.

Se debe aprovechar de los resultados obtenidos y llevar este proyecto a gran escala, para de esa manera minimizar los impactos al ambiente.

Es impotente que se valué inicialmente los valores de Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Carbono que contienen los materiales a compostar, para de esa manera conocer que posee cada material y si le falta o no aumentar algún componente. De esa manera se obtendrá un compost rico en nutrientes.

Se recomienda que al momento de podar las pencas de pitahaya se realice el picado correspondiente para la formación de las pilas y no se debe dejar almacenar por periodos largos de tiempo, debido a que tiende a secarse y pierde su humedad.

Para certificar que el compost es recomendable para el suelo es muy necesario que se realice una evaluación de los parámetros fisicoquímicos y biológicos más importantes como: el pH, la Temperatura, la Humedad, la Conductividad Eléctrica, el porcentaje de Materia Orgánica

Es recomendable que para la elaboración de las pilas se debe escoger un lugar bajo techo para impedir que las lluvias alteren la forma de la pila, también utilizar un buen material que ayude a filtrar los lixiviados y no permita que estos se corran de la pila.

BIBLIOGRAFÍA

AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ENERGÍA Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES-(ARCOM). *Morona Santiago: 24,5 millones de dólares en tributación* [En línea]. Quito: 2015. [Consulta: 20 octubre 2022]. Disponible en: <http://www.controlminero.gob.ec/morona-santiago-245-millones-de-dolares-en-tributacion-minera-durante-el-2015/>

AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ENERGÍA Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES-(ARCOM). *Regulariza y controla la minería en Macas* [En línea]. Quito: 2013. [Consulta: 20 octubre 2022]. Disponible en: <http://www.controlminero.gob.ec/arcom-regulariza-y-controla-la-mineria-en-macas/>

ÁLVAREZ, José. *Sistema de Compostaje. Manual de Compostaje para Agricultura Ecológica.* Andalucía - España: Junta de Andalucía, 2006.

AOAC-925-10. 1990. *Determinación de Humedad o contenido de agua en alimentos. Asociación Oficial de Químicos Analistas - AOAC* [En línea]. Disponible en: <https://www.aoac.org/>

ASSOCIACIÓ CATALANA D'ENGINYERIA SENSE FRONTERES. *Manual de producción de compost* [En línea]. Quito, Ecuador: 2016. [Consulta: 30 mayo 2022]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/587995254/1-Manual-de-produccion-de-compost-autor-Associacio-Catalana-d-Enginyeria-Sense-Fronteres>

BANCO CENTRAL DEL ECUADOR–(BCE). *Reporte de minería* [En línea]. Quito: Publicaciones económicas, 2016. [Consulta: 29 agosto 2022]. Disponible en: <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/Hidrocarburos/ReporteMinero072016.pdf>

BANCO CENTRAL DEL ECUADOR–(BCE). *Reporte de minería* [En línea]. Quito: Gestión Analítica e Inteligencia de Datos, 2021. [Consulta: 29 agosto 2022]. Disponible en: <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/Hidrocarburos/ReporteMinero012021.pdf>

BANCO MUNDIAL-(BM). *Los desechos 2.0: Un panorama mundial de la gestión de desechos sólidos hasta 2050* [Página web]. 2018. [Consulta: 16 agosto 2022]. Disponible en: <https://www.bancomundial.org/es/news/infographic/2018/09/20/what-a-waste-20-a-global-snapshot-of-solid-waste-management-to-2050>

BÁRBARO, L.; KARLANIAN, M.; & MATA, D. *Importancia del pH y la Conductividad Eléctrica (CE) en los sustratos para plantas* [En línea]. 1ª ed. Buenos Aires: Ediciones INTA, 2018. [Consulta: 28 octubre 2022]. Disponible en: <https://inta.gob.ar/documentos/importancia-del-ph-y-la-conductividad-electrica-ce-en-los-sutratos-para-plantas>

BOHÓRQUEZ SANTANA, Wilson. *El proceso de compostaje*. Santiago de Chile: Universidad de La Salle. Ediciones Unisalle, 2019. ISBN 978-958-5486-67-6.

BONGCAM VÁSQUEZ, E. *Guía para compostaje y manejo de suelos* [En línea]. Bogotá: Convenio Andrés Bello, 2003. [Consulta: 15 agosto 2022]. Disponible en: <https://books.google.co.ve/books?id=BUDmjTQxKhQC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>

CAMPITELLI, Paola. *Compostaje: obtención de abonos de calidad para las plantas*. Córdoba: Editorial Brujas, 2014. ISBN 987-591-492-4, p. 8.

CAMPOS POZUELO, Elena; et al. *Procesos biológicos: digestión anaerobia y compostaje*. Barcelona: Editorial de Santos, 2014.

CHANG PEÑARANDA, Luis Alex. Estructuración de un modelo de aplicación de la NIIF 6 para compañías de exploración y evaluación de recursos minerales en el Ecuador [En línea] (Trabajo de titulación). (Tesis de Licenciatura) Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ciencias Administrativas y Contables, Licenciatura en Contabilidad y Auditoría. Quito, Ecuador. 2013. pp. 1-126. [Consulta: 2021-04-05]. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/6307>

CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR-(CRE). *Registro Oficial 229 del 20 octubre del 2008 modificado el 01 agosto 2018. Ministerio del Medio Ambiente. [En línea] Asamblea General del Ecuador, 1 de agosto de 2018.* Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/09/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador.pdf>

GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DEL CANTÓN PALORA. *Historia del Gobierno de Palora* [Página Web]. Palora: 2015. [Consulta: 2021-04-05]. Disponible en: <https://palora.gob.ec/>

GONZÁLES, Juan Antonio. *Manual Básico SPSS. Manual de Introducción a SPSS* [En línea]. Maule, Chile: Universidad de Talca, 2009. [Consulta: 30 abril 2022]. Disponible en: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjKnYi3lIr9AhWsRzABHa3ADeIQFnoECBQQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.fibao.es%2Fmedia%2Fuploads%2Fmanual_basico_spss_universidad_de_talca.pdf&usg=AOvVaw1yzpYFSeNf_EBE00ThZCFk

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSOS-(INEC). *Compendio Estadístico* [En línea]. Quito: 2016. [Consulta: 30 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/compendio-estadistico-2016/>

LÓPEZ BRAVO, Elvis; et al. “Propiedades de un compost obtenido a partir de residuos de la producción de azúcar de caña”. *Centro Agrícola* [En línea], 2017, 44(3), pp. 49-55. [Consulta: 15 junio 2022]. ISSN 0253-5785. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852017000300007

LÓPEZ WONG, Wendy. Estudio del uso de residuos industriales no peligrosos a través del proceso de compostaje y su aplicación para el cultivo de maíz y frijol [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Instituto Politécnico Nacional, Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada Tlaxcala, Maestría en Biotecnología Aplicada. Tlaxcala, México. 2010. p. 146. [Consulta: 2022-06-15]. Disponible en: <https://www.repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/6940>

MANCHA MULATO, Magaly. Elaboración de compost con diferentes fuentes, proporciones y evaluación de la calidad en el distrito de San Jerónimo de Tunán. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Continental, Facultad de Ingeniería, Escuela Académica Profesional de Ingeniería Ambiental. Huancayo, Perú. 2018. pp. 1-96. [Consulta: 2022-06-20]. Disponible en: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/4693?locale=es>

MÁRQUEZ ALCÍVAR, María Indelira; & ARREGUI ARRELLANO, María José. Evaluación de bioabonos obtenidos a partir de residuos animales provenientes del Camal Municipal de Guaranda [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas. Riobamba, Ecuador. 2018. pp. 1-89. [Consulta: 2022-06-20]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/10147>

MENDOZA JUÁREZ, Marcos Antonio. Propuesta de compostaje de los residuos vegetales

generados en la Universidad de Piura [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería, Área Departamental de Ingeniería Industrial y Sistemas. Piura, Perú. 2012. pp. 69-80. [Consulta: 2022-08-18]. Disponible en: <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/1728>

MORENO CASCO, Joaquín (ed). *Avances en la investigación sobre compost. Materias primas, procesos, calidad y usos* [En línea]. Santiago de Compostela: Miguel Silva, 2014. [Consulta: 18 agosto 2022]. Disponible en: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjW07LCoIr9AhXhSDABHTgJDGEQFnoECAwQAQ&url=http%3A%2F%2Fwww.compostandociencia.com%2Fwp-content%2Fuploads%2F2018%2F06%2FIII_Jornadas-de-la-REC.pdf&usg=AOvVaw1J5-QIhRf0tybZ1DN12fJw

OBSERVATORIO LATINOAMERICANO DE CONFLICTOS AMBIENTALES-(OLCA). *La lucha contra las mineras en Morona Santiago* [Página Web]. Santiago de Chile: Alonso Ovalle, 2007. [Consulta: 18 agosto 2022]. Disponible en: <https://olca.cl/oaca/ecuador/mineras012.htm>

OLARTE ZAMORA, Andrea Stefanía. Diseño y construcción de una despulpadora de café para el recinto Estero del Plátano, Parroquia Galera, Cantón Muisne, Provincia Esmeraldas [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, Carrera de Ingeniería Mecánica. Quito, Ecuador. 2016. pp. 1-116. [Consulta: 2022-08-18]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/11996>

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN-(FAO). *Food wastage footprint. impacts on natural resources* [En línea]. 2013. pp. 1-63. Disponible en: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjx2d2xkYr9AhXFRDABHcpJcXoQFnoECDUQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.fao.org%2F3%2Fi3347e%2Fi3347e.pdf&usg=AOvVaw36jZzbaFsAP1sqRLHg6W1O>

PILLCO MAMANI, Katia. Evaluación del proceso de compostaje de residuos orgánicos, aplicando microorganismos eficaces [En línea] (Trabajo de titulación). (Licenciatura) Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias Biológicas, Escuela Profesional de Biología. Puno-Perú. 2020. pp. 1-95. [Consulta: 2022-08-22]. Disponible en: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwj55WtpIr9AhXQSZABHVjqDHEQFnoECBAQAQ&url=https%3A%2F%2Ftesis.>

unap.edu.pe/handle/20.500.14082/14508&usg=AOvVaw3sgG4_aUIWmUzpk2ij4GW2

PUCHA CURICHUMBI, Marcía Ximena. Elaboración de bioabono a partir de los residuos generados del proceso de faenamiento en el Camal Municipal de Colta [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas. Riobamba, Ecuador. 2017. p. 90. [Consulta: 2022-08-22]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/8550>

QUIMBITA NARANJO, Rosa Guadalupe. Estudio de factibilidad para la creación de una empresa industrial dedicada a la fabricación e instalación de aluminio y vidrio, ubicada en el barrio Edén del Valle, del Distrito Metropolitano de Quito [En línea] (Trabajo de titulación). (Licenciatura) Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Administrativas, Carrera de Gestión de Microempresas. Quito, Ecuador. 2016. pp. 1-165. [Consulta: 2021-08-21]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/15378>

QUINATO MEDINA, Manuel Javier. Estandarización del proceso de producción de compost con fines comerciales utilizando tres fuentes de inóculo con la asociación Santa Catalina del cantón Pillaro [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Agronómica, Ingeniería Agronómica. Ambato, Ecuador. 2012. pp. 1-113. [Consulta: 2021-08-21]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/2463?mode=full>

RAMÓN MATUTE, Jenifer Johana. Co-Compostaje de residuos de pitahaya provenientes del cantón Palora-Morona Santiago mediante pilas por volteo. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Sede Morona Santiago, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas. Macas, Ecuador. 2022.

RODRÍGUEZ SALINAS, Marcos Arturo; & CÓRDOVA Y VÁZQUEZ, Ana. *Manual de compostaje municipal. Tratamiento de residuos sólidos urbanos* [En línea]. México: 2016. [Consulta: 20 agosto 2022]. Disponible en: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwi1rKGCrIr9AhWETjABHU1rBwEQFnoECAsQAQ&url=http%3A%2F%2Fwww.resol.com.br%2Fcartilha5%2FManual%2520de%2520Compostaje-SERMANAT-Mexico.pdf&usg=AOvVaw3bDLX6jd5dmVySQG2vH19N>

ROMÁN, Pilar; et al. *Manual del compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina*

[En línea]. Santiago de Chile: 2013. [Consulta: 20 agosto 2022]. Disponible en: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiH_eqqrYr9AhXPRTABHQPMAfkQFnoECAkQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.fao.org%2F3%2Fi3388s%2Fi3388s.pdf&usg=AOvVaw02U56jzZMUKOfABqZSzRrE

SÁNCHEZ, Mercedes; et al. *Residuos Ganaderos*. Madrid: Ediciones Prainfo, 2017.

SECRETARIA NACIONAL DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO-(SENPLADES). *Plan Nacional de Desarrollo*. Quito: 2017.

SIERPOWSKA, Joanna; et al. Pitahaya Cosecha y Postcosecha. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), (2019). pp. 1689-1699.

TRILLAS, Isabel; et al. *Compost y control biológico de las enfermedades de las plantas*. Madrid: Mundi-Prensa Libros, 2019.

VARGAS TIERRAS, Yadira Beatriz; et al. *Manual del cultivo de pitahaya para la Amazonia Ecuatoriana* [En línea]. N° 17. La Joya De Los Sachas: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 2020. [Consulta: 20 octubre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5551>

VERONA RUIZ; et al. “Pitahaya (Hylocereus Spp.): Cultivo, características fisicoquímicas, composición nutricional y compuestos bioactivos”. *Scientia Agropecuaria* [En línea], 2020. (Perú) 11(3), pp. 439-453. [Consulta: 20 noviembre 2022]. ISSN 2077-9917. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.16>

VILLÓN REYES, Jorge. “Municipio de Palora Asume cobro de tasa para la pitahaya, que funcionará como monitoreo de mosca de la fruta”. *El Universo* [En línea], (Ecuador), Economía. 2021. [Consulta: 20 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.eluniverso.com/noticias/economia/municipio-de-palora-asume-cobro-de-tasa-para-la-pitahaya-que-financiara-monitoreo-de-mosca-de-la-fruta-nota/>



ANEXOS

ANEXO A: ANÁLISIS DEL PORCENTAJE DE CARBONO, NITRÓGENO, MATERIA ORGÁNICA, POTASIO Y FÓSFORO DE COMPOST, POR EL LABORATORIO DSA INIAP.

MC-LASPA-2201-01



ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
 LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS PLANTAS Y AGUAS
 Panamericana Sur Km. 1, S/N CuitoCayo
 Tels. (02) 3007284 / (02)2504240
 Mail: laboratorio.dsa@inia.gov.ec



INFORME DE ENSAYO No: 22-8442

NOMBRE DEL CLIENTE: Ramón Matute Jennifer Johana
 PETICIONARIO: Ramón Matute Jennifer Johana
 EMPRESAINSTITUCIÓN: Ramón Matute Jennifer Johana
 DIRECCIÓN: Ciudad de Macas

FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 21/07/2022
 HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 13:57
 FECHA DE ANÁLISIS: 25/07/2022
 FECHA DE EMISIÓN: 26/07/2022
 ANÁLISIS SOLICITADO: Patasio+NT.+MO.+Fosforo

21/07/2022

13:57

25/07/2022

26/07/2022

Patasio+NT.+MO.+Fosforo

| N° muestra | N | P | K | Ca* | Mg* | S* | B* | Zn* | Ca* | Fe* | Mn* | Na* | Cl* | NO ₃ - | CE* | Humedad* | Materia orgánica | Carbono orgánico* | pH* | CIN* | Identificación de la muestra |
|------------|------|------|------|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------------|-------|----------|------------------|-------------------|-----|------|------------------------------|
| | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (ppm) | ppm | mg/cm | (%) | (%) | (%) | | | |
| 22-1602 | 1,09 | 0,95 | 1,84 | | | | | | | | | | | | | | 30,84 | | | | Tratamiento 1 |
| 22-1603 | 1,61 | 0,61 | 2,01 | | | | | | | | | | | | | | 33,07 | | | | Tratamiento 2 |
| 22-1604 | 1,43 | 0,58 | 1,77 | | | | | | | | | | | | | | 28,31 | | | | Tratamiento 3 |
| 22-1605 | 1,02 | 0,36 | 0,58 | | | | | | | | | | | | | | 12,12 | | | | Tratamiento 4 |

OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente.



JOSE ALONSO
 LUCERO
 MALATAY

LABORATORISTA



Elyah RODRIGO
 SAMARTIGO
 PAIGUA

RESPONSABLE DEL LABORATORIO

ANEXO B: RECOLECCIÓN, PICADO Y CONSTRUCCIÓN DE LAS PILAS DE COMPOST.





ANEXO C: ELABORACIÓN DEL SUSTRATO DE ACTIVACIÓN DE LOS MICROORGANISMOS.



ANEXO D: ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE LAS MUESTRAS DE ESTIÉRCOL Y RESIDUOS DE PITAHAYA.





ANEXO E: VOLTEO DE LAS PILAS Y MEDICIÓN DE PARÁMETROS IN SITU.





esPOCH

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 22 / 02 / 2023

| |
|------------------------------------------------------------------------------|
| INFORMACIÓN DEL AUTORA |
| Nombres – Apellidos: Jenifer Johana Ramón Matute |
| INFORMACIÓN INSTITUCIONAL |
| Facultad: Ciencias |
| Carrera: Ingeniería Ambiental |
| Título a optar: Ingeniera Ambiental |
| f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo |
| Código de resumen : 0345-DBRA-UPT-2023 |

