



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

TEMA

“ELABORACIÓN DE COMPOSTAJE POR EL MÉTODO DE TAMBOR GIRATORIO,
COMO MODELO DE GESTIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN URBANIZACIÓN
PRIVADA EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL”

AUTORES

TUMBACO PACHECO KARLA ROXANA
VITERI ESPINOZA MIGUEL ÁNGEL

TUTOR

ING. EDDIE ZAMBRANO
GUAYAQUIL – ECUADOR

SEPTIEMBRE 2023

ANEXO X.- FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE INTEGRACION CURRICULAR

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA		
FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE INTEGRACION CURRICULAR		
TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Elaboración de compostaje por el método de tambor giratorio, como modelo de gestión de residuos orgánicos en urbanización privada en la ciudad de Guayaquil	
AUTOR(ES) (apellidos/nombres):	Tumbaco Pacheco Karla Roxana Viteri Espinoza Miguel Ángel	
REVISOR(ES)/TUTOR(ES) (apellidos/nombres):	Ing. Eddie Zambrano	
INSTITUCIÓN:	Universidad de Guayaquil	
UNIDAD/FACULTAD:	Facultad de Ingeniería Química	
MAESTRÍA/ESPECIALIDAD:	Carrera de Ingeniería Química	
GRADO OBTENIDO:	Ingeniero Químico	
FECHA DE PUBLICACIÓN:	Agosto 2023	No. DE PÁGINAS: 111
ÁREAS TEMÁTICAS:	Ciencias básicas, bio conocimientos y desarrollo industrial Tratamiento de desechos líquidos y sólidos	
PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:	Compostera de Tambor giratorio, gestión de residuos orgánicos, compost, Compost, C/N, micronutrientes, macronutrientes.	
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras): El estudio se centró en la elaboración de compost por el método de tambor giratorio, como un modelo de gestión de tratamiento de residuos orgánicos sólidos en una ciudadela privada. Se diseñaron e instalaron tres composteras para ingresar los residuos orgánicos que se recolectaron de 22 familias. Las composteras fueron instaladas dentro de la ciudadela en el parque comunitario. Cada compostera tuvo un sustrato diferente y se mantuvo las revisiones diarias de pH, temperatura y humedad durante 35 días. Se obtuvo al final una cantidad de 67.03 kg de compost. Los análisis de laboratorio nos arrojaron que la muestra de la Compostera 1, tuvo un pH de 7.9; humedad del 46.5%; C/N de 17.1, cantidad de Carbono de 20.6. Los análisis arrojaron que la muestra de la Compostera 2, tuvo un pH de 7.4; humedad del 50 %; C/N de 17.1; cantidad de Carbono de 19.9%. Los análisis arrojaron que la muestra de la Compostera 3, tuvo un pH de 7.6; humedad del 44.9%; C/N de 17.1. El producto de la Compostera 3 fue el de mejor calidad y compite con los parámetros de los compost comerciales.		
ADJUNTO PDF:	SI (X)	NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: 0990301127 0999696535	E-mail: Karla.tumbacop@ug.edu.ec Miguel.viterie@ug.edu.ec
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: Universidad de Guayaquil Teléfono: 04-229 2949 E-mail: http://www.fiq.ug.edu.ec/	



**ANEXO V. - CERTIFICADO DEL DOCENTE-TUTOR DEL TRABAJO DE
INTEGRACION CURRICULAR**

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Guayaquil, agosto 2023

Ing. SANDRA EMPERATRIZ PEÑA MURILLO MSc. DIRECTORA
DE LA CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA FACULTAD
INGENIERÍA QUÍMICA
UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la tutoría realizada al Trabajo de Integración Curricular **“Elaboración de compostaje por el método de tambor giratorio como modelo de gestión de residuos orgánicos en urbanización privada en la ciudad de Guayaquil”** de los estudiantes **Tumbaco Pacheco Karla Roxana y Viteri Espinoza Miguel Ángel**, indicando que han cumplido con todos los parámetros establecidos en la normativa vigente:

- El trabajo es el resultado de una investigación.
- El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.
- El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.
- El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se adjunta el certificado de porcentaje de similitud y la valoración del trabajo de Integración Curricular con la respectiva calificación.

Dando por concluida esta tutoría de trabajo de integración curricular, **CERTIFICO**, para los fines pertinentes, que los estudiantes **Tumbaco Pacheco Karla Roxana y Viteri Espinoza Miguel Ángel** están aptos para continuar con el proceso de revisión final.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:

EDDIE MANUEL ZAMBRANO
NEVAREZ

Ing. Eddie Zambrano
C.I.: 0703169474



ANEXO VII.- CERTIFICADO PORCENTAJE DE SIMILITUD

Habiendo sido nombrado EDDIE MANUEL ZAMBRANO NEVÁREZ, tutor del trabajo de Integración Curricular certifico que el presente trabajo de Integración Curricular ha sido elaborado por TUMBACO PACHECO KARLA ROXANA Y VITERI ESPINOZA MIGUEL ÁNGEL, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de INGENIEROS QUÍMICOS.

Se informa que el trabajo de Integración Curricular: ELABORACIÓN DE COMPOSTAJE POR EL MÉTODO DETAMBOR GIRATORIO COMO MODELO DE GESTIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN URBANIZACIÓN

PRIVADA EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL, ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa anti-plagio TURNITIN quedando el 7% de coincidencia.

<https://ev.turnitin.com/app/carta/es/?lang=es&u=1143820544&o=2146063725&s=1>

TESIS TUMBACO

INFORME DE ORIGINALIDAD

7 %	8 %	0 %	4 %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	redisa.uc.edu.py Fuente de Internet	1 %
2	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	1 %
3	www.revistagestion.ec Fuente de Internet	1 %
4	docplayer.es Fuente de Internet	1 %
5	doczz.es Fuente de Internet	1 %
6	hdl.handle.net Fuente de Internet	1 %
7	Submitted to Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD, UNAD	1 %



Firmado electrónicamente por:

**EDDIE MANUEL
ZAMBRANO NEVAREZ**

EDDIE MANUEL ZAMBRANO NEVÁREZ

C.I. 0703169474

FECHA: 14/08/2023

**ANEXO VIII.- INFORME DEL DOCENTE REVISOR**

Guayaquil, 17 de agosto 2023

Sra.

Dra. Fabiola Villa Sánchez, MSC.

Director de la Carrera de Ingeniería Química

Facultad de Ingeniería Química

Universidad de Guayaquil

Guayaquil

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el informe correspondiente a la REVISIÓN FINAL de la Integración Curricular “ELABORACIÓN DE COMPOSTAJE POR EL MÉTODO DE TAMBOR GIRATORIO, COMO MODELO DE GESTIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN URBANIZACIÓN PRIVADA EN LA

CIUDAD DE GUAYAQUIL” de los estudiantes TUMBACO PACHECO KARLA ROXANA y VITERI ESPINOZA MIGUEL ANGEL. Las gestiones realizadas me permiten indicar que el trabajo fue revisado considerando todos los parámetros establecidos en las normativas vigentes, en el cumplimiento de los siguientes aspectos:

Cumplimiento de requisitos de forma:

El título tiene un máximo de 24 palabras.

La memoria escrita se ajusta a la estructura establecida.

El documento se ajusta a las normas de escritura científica seleccionadas por la Facultad.

La investigación es pertinente con la línea y sublíneas de investigación de la carrera.

Los soportes teóricos son de máximo 5 años.

La propuesta presentada es pertinente.

Cumplimiento con el Reglamento de Régimen Académico:

El trabajo es el resultado de una investigación.

El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.

El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.

El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se indica que fue revisado, el certificado de porcentaje de similitud, la valoración del tutor, así como de las páginas preliminares solicitadas, lo cual indica que el trabajo de investigación cumple con los requisitos exigidos.

Una vez concluida esta revisión, considero que el estudiante está apto para continuar el proceso de Integración Curricular. Particular que comunicamos a usted para los fines pertinentes.

Atentamente,



Enviado electrónicamente por:
SANDRA ELVIRA
FAJARDO MUÑOZ

Sandra Elvira Fajardo Muñoz

TUTOR REVISOR

C.I. 0908631641

FECHA: 24/08/2023



**ANEXO XI.- DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y DE AUTORIZACIÓN DE
LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO EXCLUSIVA PARA EL USO
NO COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES NO ACADÉMICOS**

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO COMERCIAL DE LA OBRA CON
FINES NO ACADÉMICOS**

Nosotros , TUMBACO PACHECO KARLA ROXANA con CI 0953608858 y VITERI ESPINOZA MIGUEL ANGEL con CI 0926284969., certificamos que los contenidos desarrollados en este trabajo de Integración Curricular cuyo título es **“ELABORACIÓN DE COMPOSTAJE POR EL MÉTODO DE TAMBOR GIRATORIO, COMO MODELO DE GESTIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN URBANIZACIÓN PRIVADA EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL”** es de nuestra absoluta propiedad y responsabilidad, en conformidad al Artículo 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN*, autorizo la utilización de una licencia gratuita intransferible, para el uso no comercial de la presente obra a favor de la Universidad de Guayaquil.

Tumbaco Pacheco Karla

C.I.: 0953608858

Viteri Espinoza Miguel

CI.: 0926284969



ANEXO XII.- RESUMEN DEL TRABAJO DE INTEGRACION CURRICULAR

FACULTAD: INGENIERÍA QUIMICA **CARRERA:** INGENIERÍA QUIMICA

“ELABORACIÓN DE COMPOSTAJE POR EL MÉTODO DE TAMBOR GIRATORIO, COMO MODELO DE GESTIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN URBANIZACIÓN PRIVADA EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL”

Autores: TUMBACO PACHECO KARLA ROXANA

VITERI ESPINOZA MIGUEL ANGEL

Tutor: ING. EDDIE ZAMBRANO

Resumen

El estudio se centró en la elaboración de compost por el método de tambor giratorio, como un modelo de gestión de tratamiento de residuos orgánicos sólidos en una ciudadela privada. Se diseñaron e instalaron tres composteras para ingresar los residuos orgánicos que se recolectaron de 22 familias. Las composteras fueron instaladas dentro de la ciudadela en el parque comunitario. Cada compostera tuvo un sustrato diferente y se mantuvo las revisiones diarias de pH, temperatura y humedad durante 38 días. Se obtuvo al final una cantidad de 67.03 kg de compost. Los análisis de laboratorio nos arrojaron que la muestra de la Compostera 1, tuvo un pH de 7.9; humedad del 46.5%; C/N de 17.1, cantidad de Carbono de 20.6. Los análisis arrojaron que la muestra de la Compostera 2, tuvo un pH de 7.4; humedad del 50 %; C/N de 17.1; cantidad de Carbono de 19.9%. Los análisis arrojaron que la muestra de la Compostera 3, tuvo un pH de 7.6; humedad del 44.9%; C/N de 17.1. El producto de la Compostera 3 fue el de mejor calidad y compite con los parámetros de los compost comerciales.

Palabras Claves: Compostera de Tambor giratorio, gestión de residuos orgánicos, compost, Compost, C/N, micronutrientes, macronutrientes



ANEXO XIII.- RESUMEN DEL TRABAJO DE INTEGRACION CURRICULAR

FACULTAD: INGENIERÍA QUÍMICA CARRERA: INGENIERÍA QUÍMICA

“PRODUCTION OF COMPOSTING BY THE ROTARY DRUM METHOD, AS A MODEL FOR ORGANIC WASTE MANAGEMENT IN A PRIVATE URBANIZATION IN THE CITY OF GUAYAQUIL”

Authors: TUMBACO PACHECO KARLA ROXANA

VITERI ESPINOZA MIGUEL ANGEL

Advisor: IND. EDDIE ZAMBRANO

Abstract

The study focused on composting by the rotating drum method as a management model for solid organic waste treatment in a private neighborhood. Three composting units were designed and installed to process organic waste collected from twenty-two families. These composting units were placed within the residential complex in the community park. Each composting unit had a different substrate, and daily measurements of pH, temperature, and humidity were recorded over a span of 38 days. In the end of the project the final amount of compost was 67.03 kg. Laboratory analyses revealed that the sample from Composting Unit 1 had a pH of 7.9, moisture content of 46.5%, C/N ratio of 17.1, and a Carbon content of 20.6. Analyses indicated that the sample from Composting Unit 2 had a pH of 7.4, moisture content of 50%, C/N ratio of 17.1, and a Carbon content of 19.9%. The results also showed that the sample from Composting Unit 3 had a pH of 7.6, moisture content of 44.9%, and C/N ratio of 17.1. The compost produced in Composting Unit 3 exhibited the highest quality and met the standards of commercial compost products.

Keywords: Rotating Drum Composter, organic waste management, compost, Compost, C/N, micronutrients, macronutrients

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de investigación a mi amada familia, al esfuerzo de mi mamá y el temple de mi papá, a la compañía de mis hermanos en las noches de estudio. También dedico este proyecto investigativo a mi amado hijo y a mi esposo por esas compañías en las madrugadas durante la escritura de la tesis.

Pero sobre todo me dedico este documento porque es fruto de todos estos años de larga espera, de horas sin dormir, días de corre corre y tantos proyectos por entregar, porque nadie sabe cuánto esfuerzo he metido para llegar hasta este punto de mi vida. Sin embargo, no lo habría logrado sin la ayuda de mi enorme familia y de Dios que me permite tener la sabiduría y la confianza en este proceso.

Karla Tumbaco Pacheco

DEDICATORIA

*A mi madre, quien siempre estuvo presente, apoyándome, comprendiendo cada situación,
siempre orando y deseándome lo mejor cada día.*

A mi familia, quienes fueron fuente de inspiración y refugio en cada etapa de mi vida.

*A la QFB. Andrea Mancheno, quien guio mi camino por esta hermosa carrera y estuvo
siempre al tanto de mi progreso.*

*Esta tesis es un recordatorio de nuestras mayores fortalezas que residen en nuestro interior,
a mantener la llama de la curiosidad y por recordar que cada paso pequeño, por
insignificante que pareciera, contribuía al logro final.*

Miguel Angel Viteri Espinoza

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme vida, sabiduría y paciencia hasta el día de hoy. Agradezco también a mi madre y a mi padre por brindarme su apoyo y hasta el último centavo que tenían para que pudiera terminar la carrera. Agradezco a mis hermanos que me motivaban a mejorar cada día y no rendirme.

Agradezco a mi compañero de tesis por no dejarnos caer durante este proceso. Agradezco a mi pequeña familia a mi hijito que es mi fuente de motivación y a mi esposo por sus palabras de aliento, su ayuda en el cuidado de mi bebe mientras terminaba la escritura del proyecto investigativo, le agradezco tanto por la paciencia por su amor y comprensión.

Agradezco a la vida por permitirme llegar a este punto tan importante e inicio de muchos proyectos futuros.

Karla Tumbaco Pacheco

AGRADECIMIENTO

En el camino del desarrollo de este proyecto, he contado con el apoyo y contribución de muchas personas. Agradezco de manera muy significativa a su orientación y palabras de aliento permitieron que este proyecto sea culminado.

Agradezco a mi familia, quienes me brindaron su apoyo incondicional a lo largo de los años.

Agradezco a mi compañera de tesis, Karla Tumbaco Pacheco, por su paciencia, por su entrega y de buscar una solución a las situaciones.

Agradezco a mis asesores de tesis, Ing. Eddie Zambrano y Dra. Martha Bermeo, su sabiduría y orientación fueron fundamentales en el desarrollo de esta tesis.

Agradezco la colaboración de la administración y familias de la Ciudadela Bellavista Alta, fueron los beneficiarios de este modelo de gestión de residuos.

Estoy muy agradecido con las personas quienes hayan influido en mi camino y brindaron el apoyo en este proyecto. Celebro con ustedes celebro un sueño, que hoy se ha convertido en un logro.

Miguel Angel Viteri Espinoza

Índice de contenido

DEDICATORIA	20
DEDICATORIA	21
AGRADECIMIENTO	22
AGRADECIMIENTO	23
ABREVIATURAS	30
RESUMEN.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
ABSTRACT	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
INTRODUCCIÓN	31
CAPITULO 1 EL PROBLEMA	33
1.2 Formulación y sistematización del problema	34
1.3 Objetivos de la investigación.....	35
1.3.1 Objetivo General.....	35
1.3.2 Objetivos Específicos	35
1.4 Justificación de la investigación.....	35
1.4.1 Justificación Teórica	35
1.4.2 Justificación Practica.....	36
1.5 Delimitación de la investigación	37
1.5.1 Delimitación temporal	37
1.5.2 Delimitación espacial	37
1.6 Hipótesis de la investigación	39
1.7 Operacionalización de las variables	40
CAPITULO II MARCO TEORICO	41

2.1 Marco Referencial.....	41
2.1.1 Antecedentes	41
2.2 Marco Teórico.....	43
2.2.1 Tipos de compostajes	43
2.2.2 Etapas del proceso del compostaje aerobio	47
2.2.3 Índices de calidad del compost.....	48
2.2.4 Parámetros físicos y químicos del proceso.....	49
2.2.4.1 Humedad.....	49
2.2.4 Aireación	50
2.2.4.2 Temperatura	51
2.2.3.3 Tamaño de partícula	53
2.2.3.4 Color y olor	53
2.2.3.5 pH	53
2.2.3.6 Nitrógeno total.....	55
2.2.3.7 Carbono orgánico.....	55
2.2.3.8 Relación C/N.....	55
2.2.3.9 Fosforo total.....	57
2.2.3.10 Potasio total	57
2.2.3.11 Parámetros microbiológicos	58
2.2.3.11.1 Población total de bacterias.....	58
2.2.12 Conductividad Eléctrica	58
2.2.3.13 Densidad Aparente.....	59
2.2.3.14 Otros macronutrientes y micronutrientes	59
2.3 Marco Conceptual.....	59
2.4 Marco Contextual	65
CAPITULO III MARCO METODOLOGICO.....	67

3.1 Metodología de la investigación	67
3.2 Niveles de investigación	67
3.3 Descripción del método de tambor giratorio	67
3.4 Descripción del proceso de elaboración de las composteras	70
3.4.1. Materiales	70
3.4.2 Procedimiento.....	71
3.5 Descripción del proceso de elaboración de compostaje.....	73
3.5.1 Balance de materia de las composteras.....	74
3.6 Monitoreo y control del proceso de compostaje	76
3.6.1 Revisión de temperatura	77
3.6.2 Control de humedad	78
3.6.3 Control de pH.....	80
3.6.3.2 Método de tiritas reactivas	81
3.6.4 Rotación y volteo de las composteras	82
3.6.5 Tamizado.....	82
CAPITULO IV ANÁLISIS DE RESULTADOS	83
4.1 Residuos obtenidos para el compostaje.....	83
4.2 Análisis de las características físicas y químicas del compost.....	84
4.3 Datos del monitoreo	86
4.3.1 Monitoreo de temperatura	86
4.3.2 Monitoreo de Humedad.....	88
4.3.3 Monitoreo de pH	89
4.3.4 Resultados del tamizado	90
4.4 Comparación con compostaje comercial	90
CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	93

Conclusiones	93
Recomendaciones	95
BIBLIOGRAFÍA.....	96
ANEXOS.....	102
Anexo 1: Elaboración de las composteras	102
Anexo 2: Monitoreo de Composteras	104
Anexo 3: Producto del Compost	108
Anexo 4: Compost: Producto final	109
Anexo 5: Documento de sociabilización a la comunidad del proyecto de Compostaje .	111
Anexo 6: Resultados de análisis de laboratorio Agarprojekt.....	115
Anexo 7: Marco Legal	117
Anexo 8: Límites mínimos de concentraciones de nutrientes y máximos permitidos de metales pesados. Tomado de Ministerio de Agricultura y Ganadería	121
Anexo 9: Tolerancias para Fertilizantes o Abonos.....	122

Índice de contenido de tablas

Tabla 1. Especificaciones referenciales de la calidad del compost	49
Tabla 2. Parámetros óptimos de Humedad.....	50
Tabla 3. Control de aireación	50
Tabla 4. Relación de la temperatura y el proceso de compostaje.....	51
Tabla 5. Control de Temperatura y soluciones.....	52
Tabla 6. Parámetros de pH óptimos.	54
Tabla 7. Comparativa de relación de C: N	56
Tabla 8. Parámetro de la Relación Carbono / Nitrógeno.	57
Tabla 9 Balance de materia del compostaje	75
Tabla 10. Recolección de material orgánico	83

Tabla 11 Parámetros que analiza el laboratorio encargado	84
Tabla 12: Datos obtenidos en laboratorio privado	85
Tabla 13 Monitoreo de la Humedad dentro de laboratorio	88
Tabla 14. Monitoreo de pH dentro de laboratorio	89
Tabla 15. Contenido nutricional de compost Bioway marca Indi	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 16. Comparación de parámetros del compost	91
Tabla 17 Mínimos declarables de concentración de Nutrientes	121
Tabla 18 Límites máximos permitidos de metales pesados	121
Tabla 19: Garantía mínima y máxima de Tolerancia para Fertilizante o Abonos	122
Tabla 20: Garantía mínima y máxima de los macronutrientes secundarios de Fertilizantes sólidos.	122

Índices de tabla de ilustraciones

Ilustración 1. Localización de la urbanización escogida	38
Ilustración 2. Vista periférica de la urbanización Bellavista alta	38
Ilustración 3. Diagrama de una compostera de pila estática	43
Ilustración 4. Presencia de lombrices (<i>Eisenia fétida</i>) en la parte superficial de la cama	44
Ilustración 5. Compostera de Volteo	45
Ilustración 6. Procesamiento del método Takakura	46
Ilustración 7. Residuos Sólidos Urbanos	60
Ilustración 8. Conformación de pilas de compostaje.	61
Ilustración 9. Compostera de Tambor Giratorio	62
Ilustración 10. Diagrama de Flujo de la metodología realizada en la investigación	69

Ilustración 11. Planos y medidas de Compostera. Vista Lateral.....	71
Ilustración 12. Planos y medidas de Compostera. Vista Frontal	72
Ilustración 13. Diagrama de Flujo de la recolección de residuos orgánicos	74
Ilustración 14. Balance de materia de la compostera 1	75
Ilustración 15. Balance de materia de la compostera 2	76
Ilustración 16. Balance de materia de la compostera 3	76
Ilustración 17. Termómetro para compost.....	77
Ilustración 18. Higrómetro para compost.....	78
Ilustración 19. Potenciómetro utilizado.....	81
Ilustración 20. Agitador magnético	81

Índices de tabla de ecuaciones

Ecuación 1 Formula de Humedad.....	79
---	----

ABREVIATURAS

Carbono (C)

Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD)

Nitrógeno (N)

Oxígeno (O)

Potasio (K)

Fosforo (P)

Relación Carbono Nitrógeno (C/N)

Material Orgánico (MO)

Residuo Urbano Solido (RUS)

Temperatura (T)

Celsius (°C)

Kilogramo (kg)

Miligramo (mg)

Litros (L)

Potencial de hidrogeno (pH)

Milímetro (mm)

Centímetro (cm)

Mili Siemens sobre Centímetro (mS/cm)

Policloruro de Vinilo (PVC)

Partes por millón (ppm)

INTRODUCCIÓN

Una de las problemáticas que se enfrenta cada ciudad es la gestión de residuos urbanos, el rápido crecimiento de ciudades hace que proporcionalmente crezca desechos y a su vez, estos representan un riesgo a la comunidad y su entorno. Siempre se está en la búsqueda de tener soluciones efectivas, optimizados y de bajo costo para la gestión de residuos.

El compostaje de tambor giratorio permite una gestión efectiva de los residuos orgánicos porque realiza la transformación de la materia orgánica mediante un proceso aeróbico, apoyado por microorganismos y bacterias, dando como resultado un abono que nutre el suelo y fortificando las plantas. Siendo este un sistema de gestión de residuos, los beneficios son diversos, entre ellos está la baja emisión de gases de efecto invernadero, la disminución visible de los residuos orgánicos y el fomentar la economía circular. Este método permite la aireación y la mezcla eficiente de los residuos usados dentro del reactor, también nos entrega un producto rico en micro y macronutrientes en un lapso entre tres a cinco semanas, muy recomendado para usar en mercados, parques, instituciones, comunidades y ciudadelas.

El compostaje, como una práctica natural y ecológica de transformar los desechos orgánicos en un valioso fertilizante, ha ganado reconocimiento como una solución efectiva para reducir la cantidad de residuos destinados a vertederos y, al mismo tiempo, mejorar la fertilidad del suelo. En este contexto, el presente trabajo se enfoca en la elaboración de compostaje por el método de tambor giratorio como un modelo de gestión de residuos orgánicos en una urbanización privada en la ciudad de Guayaquil. Esta técnica acelera el proceso de descomposición de los materiales orgánicos, permitiendo obtener un compost de alta calidad en un tiempo relativamente corto. Además, el uso del tambor giratorio facilita el

monitoreo y control del compostaje, asegurando condiciones óptimas para la actividad microbiana y la obtención de un producto final seguro y libre de patógenos.

En este estudio, se explorará la implementación del compostaje por el método de tambor giratorio, evaluando su efectividad como modelo de gestión de residuos orgánicos. Se medirán parámetros críticos como la temperatura, humedad y pH a lo largo del proceso de compostaje para comprender y optimizar el desarrollo del compost. Además, se examinarán los beneficios ambientales y económicos que esta práctica sostenible puede aportar a la comunidad y cómo podría ser replicada en otras áreas urbanas de la ciudad.

Con el enfoque en el compostaje por tambor giratorio como un modelo de gestión de residuos orgánicos en la ciudad de Guayaquil, este estudio busca contribuir al avance de prácticas más responsables con el medio ambiente, promoviendo una mayor conciencia sobre la importancia del compostaje como una herramienta efectiva para reducir la huella ambiental y mejorar la calidad de vida en las comunidades urbanas.

CAPITULO 1 EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

La ciudad de Guayaquil enfrenta una crisis en el manejo de residuos orgánicos que amenaza la salud pública y el medio ambiente. La mayor cantidad de residuos sólidos domiciliarios son los residuos orgánicos (56%), mientras que los inorgánicos representan el 44% (Gestion, 2022). En el año 2020, en comparación con el año 2018 y 2019, los residuos orgánicos redujeron proporcionalmente, y aumentó la proporción de cartón, papel y otros (Gestion, 2022). De acuerdo con la información de los GAD municipales, un habitante de la zona urbana produce en promedio 0,83 kg de residuos sólidos al día (Digital, 2022) La cantidad de residuos es aún mayor en provincias con mayor población como Guayas y Pichincha (Digital, 2022).

Guayaquil tiene un aproximado de 1 700 000 de habitantes, que ocupan al redor de 20 000 hectáreas entre barrios periféricos y núcleo de la ciudad. Se dejan casi 600 toneladas de desechos contaminantes sin recoger, de manera diaria que se van multiplicando al pasar de los días (Yagual, 2018). Los guayaquileños no respetan cuándo, dónde y con qué frecuencia se recolecta la basura. Depositán la basura en parterres centrales, en sitios cercanos a escuelas o solares vacíos (Primicias, 2019). El sistema de recolección cuenta con 2.300 colaboradores, de los cuales 90% son operativos. Tiene además 160 camiones recolectores de desechos, para una ciudad de 2.2 millones de habitantes, y que produce 4.000 toneladas de basura al día (Primicias, Primicias, 2019).

Esta mala administración de residuos sólido tanto orgánicos como inorgánicos se van acumulando en las calles o espacios abiertos, generando malos olores, atrayendo plagas y enfermedades. Si la basura orgánica no se gestiona adecuadamente, puede provocar la

contaminación del suelo, el agua y el aire, además la presencia de basura en las calles y áreas verdes de la ciudad afecta la estética del entorno urbano.

En particular, las urbanizaciones privadas, que concentran una gran cantidad de hogares en un espacio limitado, generan grandes cantidades de residuos orgánicos que no son tratados adecuadamente. La mala gestión de la basura orgánica puede tener un impacto económico negativo en las urbanizaciones. La acumulación de residuos puede afectar el valor de las propiedades, desalentar la inversión y perjudicar la actividad comercial. Además, la limpieza y el tratamiento de la basura mal gestionada pueden representar un costo adicional para las autoridades y los residentes. La implementación del compostaje domiciliario como modelo de gestión de residuos orgánicos en las urbanizaciones privadas de la ciudad puede ayudar a salvar este mal. El compostaje domiciliario es un proceso natural de descomposición de materiales orgánicos en el que se utilizan bacterias aeróbicas para convertir los residuos en abono para plantas. Sin embargo, a pesar de los beneficios ambientales y económicos que puede ofrecer el compostaje domiciliario, existen barreras que impiden su implementación a gran escala. Entre ellas se encuentran la falta de conocimiento y conciencia por parte de los habitantes de las urbanizaciones privadas, la falta de infraestructura adecuada para el almacenamiento y manejo de residuos orgánicos, y la falta de regulación y apoyo por parte de las autoridades locales.

1.2 Formulación y sistematización del problema

- ¿Cómo puede el compostaje domiciliario por el método de tambor giratorio convertirse en una práctica sostenible y eficiente para la gestión de residuos orgánicos en una urbanización privada en la ciudad de Guayaquil, considerando las preferencias y percepciones de los residentes, los requerimientos técnicos y los impactos ambientales y económicos?

- ¿Cuál es el potencial del compostaje domiciliario por el método de tambor giratorio para reducir la cantidad de residuos orgánicos destinados a la disposición final y cuáles son las estrategias recomendadas para su escalabilidad y replicabilidad en otros contextos urbanos?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo General

Elaborar compostaje mediante el método de tambor giratorio partiendo de residuos sólidos orgánicos obtenidos de la recolección de las casas de una ciudadela en Guayaquil para revalorizar estos residuos.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Construir las composteras de tambor giratorio con especificaciones previamente escogidas
- Distribuir en cada compostera tres tipos de medios de cultivo diferentes y el residuo orgánico recolectado, en proporciones ya establecidas.
- Determinar los valores de pH, temperatura y humedad del compostaje durante el proceso de descomposición.
- Evaluar mediante análisis de laboratorio las propiedades físicas y químicas del compostaje obtenido de las tres composteras, para garantizar la calidad del abono y comparar los resultados con los parámetros comerciales

1.4 Justificación de la investigación

1.4.1 Justificación Teórica

El compostaje ha sido reconocido como una medida eficiente para la disposición de residuos orgánicos, entre los procedimientos tenemos los métodos de pila airada, de tambor rotatorio, entre otros (Sharma et al., 2018).

El compostaje domiciliario por el método de tambor giratorio es una alternativa sostenible y eficaz para gestionar los residuos orgánicos generados en los hogares. En muchos casos, los residuos orgánicos se depositan en los vertederos y, debido a la falta de oxígeno, producen metano, un gas de efecto invernadero que contribuye al cambio climático. Además, la gestión de residuos orgánicos en vertederos puede generar malos olores, atraer plagas y afectar la salud pública.

El compostaje domiciliario por el método de tambor es un modelo de gestión de residuos orgánicos que permite a los hogares convertir sus residuos orgánicos en compost, un abono natural rico en nutrientes para las plantas, mediante un proceso de descomposición controlado. Este método es fácil de usar, no requiere de mucho espacio y es seguro e higiénico, ya que no genera malos olores ni atrae plagas.

La propuesta de compostaje es una iniciativa que fomenta la educación ambiental y la participación ciudadana en la gestión sostenible de los residuos. Además, puede ser una alternativa para reducir los costos de recolección y disposición de residuos en la ciudad.

1.4.2 Justificación Practica

El compostaje domiciliario por el método mencionado es fácil de implementar y no requiere de mucho espacio ni de equipamiento costoso. Los hogares pueden adquirir su propio compostador y comenzar a gestionar sus residuos orgánicos de manera autónoma y eficaz, aunque se pretende implementarlo a nivel macro para toda la comunidad. Esto reduce la necesidad de depender de servicios de recolección de residuos y evita la generación de residuos que pueden ser destinados al vertedero. Los vecinos pueden compartir sus experiencias, conocimientos y recursos para mejorar la eficacia y el rendimiento del compostaje, además de crear una cultura de cuidado del medio ambiente en la comunidad.

1.5 Delimitación de la investigación

1.5.1 Delimitación temporal

El proceso de investigación y desarrollo experimental se cubrirá dentro de un periodo de cinco semanas, empezando el 31 de mayo del 2023 hasta 10 de julio del mismo año. Dicho proceso corresponde a la elaboración del compostaje por el método escogido. El tiempo tomado en cuenta se debe al correcto desarrollo y estabilidad que se dará al producto terminado.

1.5.2 Delimitación espacial

La investigación se enfoca en la ciudad de Guayaquil, en específico en una urbanización privada al norte de la urbe. La urbanización tiene una dimensión de 2643.34 m de perímetro (42 hectáreas), donde habitan un aproximado de 340 familias, del cual se utilizará el 10% de la población como muestra para la realización del proyecto.

Se limita el problema a la gestión de residuos sólidos orgánicos generados por los hogares de esta urbanización seleccionada. La investigación se basa en implementar un sistema de compostaje domiciliario cuyo fin es gestionar estos residuos sólidos convirtiéndolos en un abono que sea utilizado en la jardinería dentro de la urbanización.

Ilustración 1. *Localización de la urbanización escogida*



Fuente: Google Maps

Ilustración 2. *Vista periférica de la urbanización Bellavista alta*



Fuente: Google Earth

1.6 Hipótesis de la investigación

La implementación de un sistema de compostaje domiciliario mediante el método de tambor giratorio dentro de una urbanización privada en la Ciudad de Guayaquil reducirá significativamente la cantidad de residuos orgánicos generados, además de generar un recurso valioso en forma de abono orgánico para su uso en jardines y huertos, y reducir los costos asociados con la recolección y disposición final de los residuos. Este compostaje será una solución efectiva para el manejo de los residuos orgánicos en una urbanización privada en la Ciudad de Guayaquil, aportando beneficios ambientales, sociales y económicos.

1.7 Operacionalización de las variables

OBJETIVO	VARIABLES	TIPOS DE VARIABLES	CONCEPTUALIZACION	INDICADORES	UNIDADES	INSTRUMENTOS
Elaboración de compostaje por el método de tambor giratorio, como modelo de gestión de residuos orgánicos en urbanización privada en la ciudad de Guayaquil	Compostaje por el método de tambor giratorio	Dependiente	Es un proceso de descomposición de residuos anaeróbico donde se usa un tambor giratorio que se mueve por oscilación.	Volumen	L	Ya definido
	Residuos sólidos orgánicos	Independiente	Son desechos generados por alguna actividad humana realizada y que se pueden descomponer con facilidad.	Peso Temperatura Humedad PH	Kg Celsius Porcentaje De 4 a 6	Balanza Termómetro Higrómetro Tiras de pH

CAPITULO II MARCO TEORICO

2.1 Marco Referencial

2.1.1 Antecedentes

Realizar una transición de una sociedad sostenible es una tarea muy complicada. El agotamiento de los recursos naturales y la generación de desechos no pueden sostenerse indefinidamente, es decir, a medida que aumentan los desechos, los vertederos locales siguen creciendo y la disponibilidad de tierras se reduce (Hidalgo Crespo, 2022). Los residuos orgánicos (RO) han sido un problema que aqueja a muchas comunidades, todas las autoridades están buscando una solución que no genere contaminación ambiental, como la incineración o el uso de relleno sanitario.

El compostaje es una tecnología eficaz y rentable y usada ampliamente para el aprovechamiento de gran variedades de residuos orgánicos como estiércol, agrícolas, municipales, etcétera (Carbonel & Luciano, 2023). El potencial de este proceso es reciclar todos los desperdicios orgánicos y usarlos de manera más eficiente, a diferencia de la incineración o el uso de relleno sanitario, que genera gases de efecto invernadero y lixiviados. Es importante tener en cuenta que, como en cualquier método de compostaje, se requiere cierto conocimiento y cuidado para obtener un compost de calidad. Es esencial mantener un equilibrio adecuado de materiales "verdes" (ricos en nitrógeno) y materiales "marrones" (ricos en carbono), además de asegurar una buena aireación y humedad para el proceso de descomposición óptimo.

En esta época, Guayaquil continuó enfrentando desafíos en el manejo de residuos sólidos, incluidos los orgánicos. Si bien hubo mejoras en la recolección y disposición, la ciudad todavía se enfrentó a problemas de contaminación ambiental, malos olores y la necesidad de un manejo más sostenible de los residuos. A lo largo de los años, diversas

administraciones municipales han trabajado en programas y proyectos para abordar el manejo de residuos en Guayaquil, incluidos los orgánicos. Estos esfuerzos han incluido la promoción de la separación en la fuente, la implementación de sistemas de compostaje en pequeña escala y la concientización sobre la importancia de reducir y reciclar los residuos orgánicos.

Es importante destacar que el manejo de residuos es un desafío complejo y en constante evolución en muchas ciudades, y Guayaquil no es una excepción. En años posteriores ha habido nuevos desarrollos y enfoques para mejorar el manejo de residuos orgánicos en la ciudad.

2.2 Marco Teórico

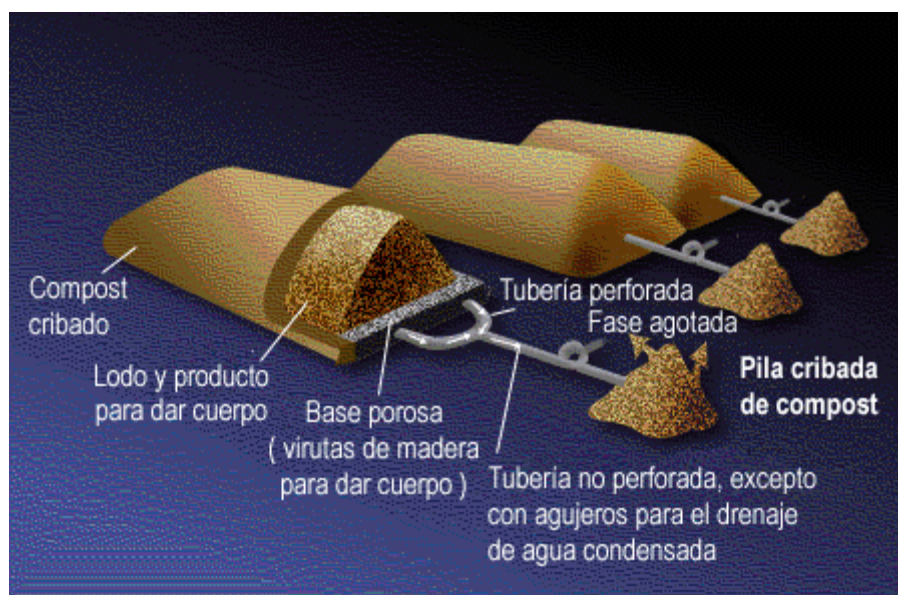
2.2.1 Tipos de compostajes

Dentro del desarrollo investigativo se puede decir que hay varios tipos de compostaje ecológico que se toman en cuenta como los más usados a nivel mundial.

A continuación, se dividen en grupos según la utilidad y el tiempo de realización de la composta

- **Compostaje en pilas estáticas:** Las instalaciones utilizadas en el proceso de compostaje incluyen contenedores con tapa, donde se depositan los residuos orgánicos que serán transformados en compost. Posteriormente, se cubren con una capa de hojas o aserrín para mantener la humedad y se agrega cal para prevenir malos olores (Twenergy, 2020).

Ilustración 3. *Diagrama de una compostera de pila estática*



Fuente: Cidta

- **Compostaje en pilas por volteo:** Es un método de compost aeróbico donde los residuos orgánicos son puestos en pilas o montones, son volteados de manera

periódica para que sea más sencilla unión de los materiales y su respectiva oxigenación.

- **Vermicompost:** Es un método donde utiliza lombrices de tierra y la acción microbiana para acelerar la actividad microbiana en función de la degradación del material orgánico usado.

La lombriz actúa como un molino mecánico tritura el material orgánico, modifica sus características físicas y químicas por la reducción gradual de la relación C:N e incrementa el área superficial expuesta (Vianey Colín-Navarro, 2019). Las lombrices utilizadas en el vermicompost son las lombrices rojas californianas o *Eisenia foetida*.

Ilustración 4. Presencia de lombrices (*Eisenia fétida*) en la parte superficial de la cama



Fuente: (Romero-Figueroa., 2015)

- **Compostaje de tambor giratorio:** Es un método efectivo de compostaje, ayuda a la mezcla adecuada, a la aireación, resultando en un compost estable y maduro (Sharma et al., 2018) . Este proceso utiliza tambores giratorios como biorreactores, estos

tanques son volteados periódicamente durante todo su proceso de compostaje.(Alkoaik et al., 2018)

Ilustración 5. *Compostera de Volteo*



Fuente: (Chaves-Arias., 2019)

- **Compostaje anaeróbico:** Es un proceso donde no involucra oxígeno y comúnmente toma lugar en la naturaleza; la descomposición anaeróbica resulta la descomposición de compuestos orgánicos mediante la aplicación de microorganismos anaeróbicos (Mehta & Sirari, 2018). El compostaje anaeróbico se utilizaba tradicionalmente para compostar estiércol animal y lodos de depuradora, pero recientemente se ha generalizado el tratamiento de algunos residuos sólidos urbanos y residuos verdes (Gonawala & Jardosh, 2018).
- **Compostaje por método de Takakura:** Uno de los métodos más comunes utilizados, inventado por Koji Takakura. Se caracteriza de ser un método sencillo, reduce de manera efectiva el exceso de residuos orgánicos (Al-khadher et al., 2021) . Es un

método que se completa en un periodo corto, puede ser usado en lugares pequeños y no requiere de labores intensivas, sin embargo el resultado es un compost semi maduro (Nuzir et al., 2019).

Ilustración 6. *Procesamiento del método Takakura*



Nota: a. Desecho orgánico, b. Triturado del desecho, c. Pesado de la materia orgánica, d. Inicio de la fermentación, e. Solución salada y dulce, f. presencia de moho, fin del proceso.

Fuente: (Bayas & Garcia, 2022)

2.2.2 Etapas del proceso del compostaje aerobio

Para que exista un proceso óptimo de descomposición de los residuos orgánicos es necesario que ocurran transformaciones en un medio donde esté presente el oxígeno y el agua.

Etapa mesofílica

Es un periodo donde los microorganismos se están aclimatando a un nuevo medio y donde ellos empiezan a multiplicarse. La duración de esta fase ocurre entre dos a cuatro días. La temperatura puede marcar similar al ambiente o aumentar hasta los 45 °C, el aumento ocurre por la actividad microbiana dando consecuencia al desprendimiento del calor. Los microorganismos lo que realizan en esta etapa es la descomposición de azúcares simples lo que provoca un aumento de la energía (AIMPLAS, 2022).

Etapa termofílica

Al superar una temperatura de 45°C los microorganismos mesófilos son sustituidos por microorganismos termófilos (AIMPLAS, 2022). Éstos, en su mayoría son bacterias con capacidad de descomponer fuentes complejas de carbono tales como la celulosa y la lignina, también de degradar ceras y proteínas complejas, produciéndose una rápida degradación del material añadido a la pila (AIMPLAS, 2022). Lleva también por nombre etapa de Higienización, la temperatura puede llegar alcanzar hasta los 70 C. Los microorganismos mesófilos son reemplazados por microorganismos termófilos, estos crecen a temperaturas altas, estos ayudan en que los compuestos orgánicos más complejos puedan ser degradados de manera más sencilla. El pH en esta etapa se incrementa, ya que los microorganismos transforman el nitrógeno dentro del sistema en amoníaco. El tiempo de la duración de esta etapa podrá ser de días o incluso meses, dependiendo de las condiciones del clima y materiales usados.

Etapas de enfriamiento

La temperatura desciende hasta los 40 o 45°C, durante esta etapa continua la degradación de polímeros como la celulosa, y aparecen algunos hongos visibles a simple vista. (Roman et al., 2015). En esta fase, los microorganismos mesófilos vuelven a aparecer y siguen degradando polímeros como la celulosa y lignina, al reiniciar la actividad, el pH de la mezcla desciende, esta vez de forma ligera, pudiendo aparecer hongos visibles a simple vista. Al final, el pH se estabiliza y hay una reducción en la demanda de oxígeno (AIMPLAS, 2022).

Etapas de maduración

Este es un periodo donde requiere semanas o meses a temperatura ambiente, en esta etapa ocurren reacciones secundarias como la polimerización del humus y su condensación. Aquí no existe ningún microorganismo patógeno y su efectividad depende en medida del material orgánico usado.

2.2.3 Índices de calidad del compost

El compost como producto final debe estar basado en unos rangos permisibles de parámetros físicos, químicos y microbiológicos, que puedan asegurar el uso y la comercialización de éste, por lo que deben de cumplir con estándares de calidad que puedan proteger el ambiente y la salud pública (Mendoza, 2012). No se dispone de un único método simple y reproducible, se puede agrupar en diferentes criterios como: características físicas y químicas, índice de humedad, minerales, actividad microbiana, metales, entre otros (Rivas Nichorzon & Silva Acuña, 2020). El total de contenido de metal al final de compost deberían ser bajos y con compuestos nutritivos (K, Ca, Na y Fe) que permite la buena calidad el compost según a estándares internacionales (Kalamdhad & Kazmi, 2009).

Los índices de calidad de un compuesto o compostaje se refieren a las medidas utilizadas para evaluar su eficacia, seguridad y adecuación para un propósito específico. En el contexto de un compostaje (también conocido como compostaje), que es el proceso de descomposición de materia orgánica para obtener compost, algunos de los índices de calidad comunes incluyen:

Tabla 1. *Especificaciones referenciales de la calidad del compost*

Parámetros	Rango permisible
Humedad (%)	40-60
Carbono orgánico (%)	8-50
Nitrógeno total (%)	0,4-3,5
Fosforo (%)	0,3-3.5
Calcio (%)	20-60
Relación C: N	25:1-30:1
pH	6,5-8
Materia orgánica (%)	20-40

Fuente: (Mendoza, 2012)

2.2.4 Parámetros físicos y químicos del proceso

2.2.4.1 Humedad

El parámetro de la humedad es muy sensible dentro del proceso del compostaje ya que los microorganismos y nutrientes necesitan el agua para poder realizar sus actividades y la degradación del material orgánico. La humedad está relacionada con el contenido de agua de los residuos o materiales orgánicos usados. La actividad biológica decrece cuando la humedad está por debajo del 30% y por encima del 70% el agua desplaza al aire en los espacios libres existentes entre las partículas, reduciendo la transferencia de oxígeno y

produciéndose una anaerobiosis(Chaves-Arias et al., 2019). La humedad del compost disminuye mientras se realiza el proceso de compostaje, gracias a la evaporación.

Tabla 2. *Parámetros óptimos de Humedad.*

Porcentaje de Humedad	Problema		Soluciones
<45%	Humedad Insuficiente	Puede detener el proceso de compostaje por falta de agua para los microorganismos	Se debe regular la humedad, ya sea proporcionando agua al material o añadiendo material fresco con mayor contenido de agua (restos de fruta y verduras, césped, purines u otros
45% - 60%	Rango ideal		
>60%	Oxígeno Insuficiente	Material muy húmedo, el oxígeno queda desplazado. Puede dar lugar a zonas de anaerobiosis	Volteo de la mezcla y/o adición de material con bajo contenido de humedad y con alto valor en carbono, como serrines, paja u hojas secas.

Fuente: (Roman., 2015)

2.2.4 Aireación

Para el compost que se están realizando mediante algún método de volteo, la aireación es algo muy importante dentro de su elaboración, porque permite un desarrollo óptimo del compost y los organismos presentes en todo el proceso son aerobios.

Es necesario controlar la aireación del sistema, ya que permite que la descomposición eficiente de los materiales orgánicos y proporcionan de oxígeno a los microorganismos existentes en los contenedores. El aireación excesiva puede dar paso a la pérdida de amoníaco y que el proceso de compostaje sea lento(López Fernández., 2018).

Tabla 3. *Control de aireación*

Porcentaje de aireación	Problema		Soluciones
<5%	Baja aireación	Insuficiente evaporación de agua, generando	Volteo de la mezcla y/o adición de material estructurante que permita

		excesos de humedad y ambiente de anaerobiosis	la aireación
5% - 15%	Rango ideal		
>15%	Exceso de aireación	Descenso de temperatura y evaporación del agua, haciendo que el proceso de descomposición por falta de agua	Picado del material a fin de reducir el tamaño de poro y así reducir la aireación. Se debe regular la humedad, bien proporcionando agua al material o añadiendo material fresco con mayor contenido de agua.

Fuente: (Roman, 2015)

2.2.4.2 Temperatura

La temperatura se define como la magnitud que está relacionada con la energía interna de un cuerpo, sin embargo, esta no depende de la cantidad de materia del cuerpo. A medida que aumenta la temperatura, los procesos metabólicos se aceleran y la tasa de descomposición de la materia orgánica se ve directamente afectada hasta llegar a un punto crítico en el que el proceso se ralentiza (Santana, 2019, pág. 38).

Gracias a la actividad microbiana, ocurre variaciones de temperatura a lo largo del proceso de compostaje. Por esos cambios de temperatura, se determinan las etapas mesófilas, termófila, de enfriamiento y de maduración.

Tabla 4. *Relación de la temperatura y el proceso de compostaje*

Etapas	Temperatura (°C)
Etapas mesofílica	20 a 45
Primera fase de etapa termofílica	45 a 65
Segunda fase de etapa termofílica	65 a 75
Etapas de enfriamiento	75 a 45
Etapas de maduración	45 a 25

Fuente: (Mendoza, 2012)

Tabla 5. *Control de Temperatura y soluciones.*

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

		terminación del proceso.	ralentice el proceso.
--	--	--------------------------	-----------------------

Fuente: (Roman, 2015)

2.2.3.3 Tamaño de partícula

Se refiere a la medida de las partículas individuales que están dentro del material compostado, esta puede variar de acuerdo con el método utilizado, sin embargo, estas partículas pueden ser expresadas en milímetros o en micrómetros. Este parámetro del compostaje es importante debido a que si las partículas son adecuadas permite que la retención de la humedad y una mejor oxigenación del compost, esto permite el desarrollo de microorganismos y la descomposición del sistema. El tamaño del compost difiere del proceso utilizado, no obstante, el tamaño máximo puede estar hasta las 50 mm.

2.2.3.4 Color y olor

El color del compost va a depender de los materiales utilizados dentro del proceso de compostaje, las etapas del compost y la madurez de este. Usualmente el abono tiene un color marrón oscuro similar a la tierra de sembrado.

El olor del compost será algo que irá cambiando mientras vayan pasando las etapas del compostaje, puesto que ocurre la descomposición de material orgánico y la actividad microbiana. Entre los olores que se podrán percibir, serán fuertes y desagradables cuando los microorganismos y bacterias estén descomponiendo la materia orgánica. Cuando el compost se encuentra maduro, este no contiene un olor desagradable

2.2.3.5 pH

El pH del compostaje mide la acidez o la alcalinidad de un compost. Si al realizar la medición, posee un pH de 7, este es neutro. Los valores menores a siete, significa que el compost es ácido, sin embargo, si este se encuentra con valores superiores a 7, este es

alcalino. El pH se sujeta al material orgánico utilizado y es distinto en cada fase del proceso de compost. El pH determina la subsistencia de los microorganismos.

Durante los primeros días, el pH se mantiene en valores nuestros, sin embargo, por la degradación de los carbohidratos, el nivel de pH empieza a bajar por la producción de ácidos orgánicos y el alto nivel de CO₂. Cuando empieza el periodo termófilo del compost, el pH empieza a subir al 9.5, esto sucede por el desprendimiento de amonio durante la degradación de proteínas. Al finalizar el proceso de compostaje, pH puede alcanzar un nivel de 8.8 como máximo por la formación de NH₃.

En resumen, el pH va incrementando a través del tiempo gracias a la actividad microbiana, esta actividad realiza la producción de amonio durante la amonificación y mineralización del nitrógeno orgánico.

Tabla 6. *Parámetros de pH óptimos.*

pH	Causas Asociadas		Soluciones
<4.5	Exceso de Ácidos Orgánicos	Los materiales vegetales como restos de cocina, frutas, liberan muchos ácidos orgánicos y tienden a acidificar el medio.	Adición de material rico en nitrógeno hasta conseguir una adecuada relación C: N.
4.5 – 8.5 Rango Ideal			
>8.5	Exceso de Nitrógeno	Cuando hay un exceso de nitrógeno en el material de origen, con una deficiente relación C: N, asociado a humedad y altas temperaturas, se produce amoniaco alcalinizando el medio.	Adición de material más seco y con mayor contenido en carbono (restos de poda, hojas secas, aserrín)

Fuentes: (Roman, 2015)

2.2.3.6 Nitrógeno total

El nitrógeno es un bloque principal de proteínas y ácidos nucleicos, uno de los elementos más importantes para la vida (Lim et al., 2018). El nitrógeno es el elemento químico más útil para poder justificar la calidad de los abonos orgánicos. El contenido del nitrógeno total va a depender los materiales utilizados y las condiciones a las que fueron sometidas. Para poder cuantificar el contenido total de nitrógeno se utiliza el Método Kjeldahl para suelos.

2.2.3.7 Carbono orgánico

El carbono orgánico es conocido como los materiales marrones, es parte importante del compostaje y estos se encuentran como vegetales, hojas secas, ramas, restos de cultivos, residuos de alimentos y estiércol. El carbono orgánico produce una variación a la gran mayoría de las propiedades del suelo que están relacionadas con la calidad, sostenibilidad y su capacidad de producir, por lo que cual es necesario que esta tenga un manejo sustentable durante el proceso de compostaje.

La descomposición de la materia orgánica se ralentiza sustancialmente a medida que disminuyen las fuentes de carbono accesibles, y los procesos de síntesis de complejos inmediatos y materia orgánica polimerizada priman sobre la mineralización durante todo el periodo de maduración (Buljac et al., 2022).

2.2.3.8 Relación C/N

Este parámetro es fundamental para poder determinar la eficiencia de la descomposición de materia orgánica y la calidad del compost. Se cree que la relación adecuada para iniciar el proceso debe ser de 25 (25 de carbono y 1 de nitrógeno) a 35 (35 de carbono y 1 de nitrógeno)(Bohorquez, 2019).

Las relaciones entre el Carbono y Nitrógeno tienen que ajustarse dependiendo de los componentes del compost. Si existe una relación inicial de C/N de 15, lo que provocaría es una liberación de malos olores producidos por el amoníaco. Por el contrario, si la proporción supera un valor estable, el proceso de compostaje tiende a enfriarse y ralentizar la actividad microbiana.

Tabla 7. Comparativa de relación de C: N

Nivel Alto de Nitrógeno		C: N equilibrado		Nivel alto de Carbono	
1:1 – 24:1		25:1 – 40:1		41:1 – 1000:1	
Material	C: N	Material	C: N	Material	C: N
Gallinaza Pura	7:1	Estiércol Vacuno	24:1	Hierba recién cortada	43:1
Estiércol Porcino	10:1	Hojas de frijol	27:1	Hojas de Árbol	47:1
Desperdicios de cocina	14:1	Pulpa de café	29:1	Paja de caña de azúcar	49:1
Gallinaza Camada	18:1	Estiércol caprino	32:1	Basura Urbana fresca	61:1
		Hojas de plátano	32:1	Cascarilla de arroz	66:1
		Restos de poda	44:1	Paja de Arroz	77:1
				Hierba seca	81:1
				Cartón	500:1
				Aserrín	638:1

Fuente: (Roman, 2015)

Tabla 8. *Parámetro de la Relación Carbono / Nitrógeno.*

C: N	Causas Asociadas		Soluciones
>35:1	Exceso de Carbono	Existe en la mezcla una gran cantidad de materiales ricos en carbono. El proceso tiende a enfriarse y a ralentizarse.	Adición de material rico en nitrógeno hasta conseguir una adecuada relación C: N..
15:1 – 35:1 Rango Ideal			
<8:5	Exceso de Nitrógeno	En la mezcla hay una mayor cantidad de material rico en nitrógeno, el proceso tiende a calentarse en exceso y se generan malos olores por el amoníaco liberado	Adición de material más seco y con mayor contenido en carbono (restos de poda, hojas secas, aserrín)

Fuente: (Roman, 2015)

2.2.3.9 Fósforo total

El fósforo es el nutriente con mayor relevancia, tras el carbono y el nitrógeno, por lo cual también se requiere que esté presente en mínimas cantidades un correcto proceso. La correcta proporción de los principales nutrientes contribuye a la óptima propagación de los microorganismos. El fósforo es una parte muy fundamental en la producción de compuestos ricos en energía, si es parte de material orgánico es liberado mediante el proceso de mineralización donde involucra microorganismo.

2.2.3.10 Potasio total

Es considerado el catión más importante en la fisiología de las plantas, no solo por su contenido en los tejidos vegetales, sino por las funciones que desempeña (Sadeghian Khalajabadi & Arias Suarez, 2017). El potasio no es un riesgo al medio ambiente, ya que no se libera como gas como otros nutrientes, el potasio solo realiza intercambio de iones, la meteorización y otros procesos microbiológicos.

Sobre el potasio, diferentes estudios han demostrado que su disponibilidad en el compost es similar a los fertilizantes minerales (Bohórquez Santana, 2020).

El potasio en las plantas, asiste principalmente en la fotosíntesis y regula la absorción de CO₂, y en la activación de la producción de ATP, la concentración del potasio en el compost incrementa en la asimilación y la inmovilización de microbios (Mishra & Yadav, 2021).

2.2.3.11 Parámetros microbiológicos

Los parámetros microbiológicos son parte importante para poder conocer la calidad del compost, se sigue normas de calidad y estandarización. Los microorganismos que podemos encontrar en el compost pueden ser bacterias Gram negativas como Coliformes termo tolerantes, bacterias patógenas, como *Salmonella spp.*, *E. coli*, *Clostridium perfringens*, *Listeria monocytogenes*, entre otros. Estos tienen límite de aparición y también se eliminarán con la temperatura.

2.2.3.11.1 Población total de bacterias

La población total de bacterias tiene como la función, mientras se realiza el proceso de compostaje, degradar la materia orgánica compleja. Las evaluaciones realizadas se hacen para cuantificar las bacterias heterótrofas aerobias y termófilas.

2.2.12 Conductividad Eléctrica

La Conductividad Eléctrica (EC) uno de los parámetros físicos más importante para identificar la conductividad de las soluciones líquidas. Es un identificador del contenido de la sal soluble, donde se releja el nivel de salinidad en el compost. Los altos niveles de sal en el compost pueden resultar en la reducción en el rendimiento de los cultivos (Rashwan et al., 2021), la inhibición de la germinación de las semillas y problemas de toxicidad en las plantas (Rivas Nichorzon & Silva Acuña, 2020). La EC durante el proceso de compostaje está en un

rango entre 2.67 a 4.53 dS/m. El incremento de EC en la fase de curado podría deberse a la pérdida neta de peso y liberación de sales solubles por descomposición y descomposición de materia orgánica durante el compostaje.

2.2.3.13 Densidad Aparente

La densidad aparente es una propiedad física que muestra una cantidad de compost que se encuentra en un determinado espacio. Esta propiedad es inversamente proporcional a la porosidad (Rivas Nichorzon & Silva Acuña, 2020). El comportamiento de la densidad varía de acuerdo con ciertos factores, como el material compostado, la humedad, el método de compostaje utilizado y la madurez del producto. Si tenemos un compost con una densidad aparente adecuada, este puede brindar una mejor función como fertilizante, ayudar al crecimiento y desarrollo de las plantas.

2.2.3.14 Otros macronutrientes y micronutrientes

Entre esta denominación está el Sodio (Na), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Manganeseo (Mn) son minerales que las plantas requieren para su productividad. El incremento de estos nutrientes toma lugar en la descomposición del sustrato y la mineralización (Kauser et al., 2020). Si se agrega una baja cantidad de sustrato, producirá lixiviados, lo que provoca el deterioro de la calidad del compost, así como la pérdida de macro y micronutrientes. Para los microorganismos intervinientes dentro del compostaje, son muy necesarios estos compuestos para realizar sus actividades y la descomposición de la materia orgánica.

2.3 Marco Conceptual

Residuos sólidos urbanos

Los residuos sólidos urbanos(RSU) son materiales de desechos de carácter heterogéneo, generados por múltiples actividades dentro de la ciudad, que deben ser tratados por razones sanitarias (García Ramos et al., 2019). Estos pueden ser materiales tanto

orgánicos, inorgánicos, peligrosos. Su gestión es importante para minimizar los impactos ambientales.

Ilustración 7. *Residuos Sólidos Urbanos*



Fuente: Unsplash

Compostaje

Es el proceso aerobio de transformación biológica que permite la descomposición de la fracción orgánica de los residuos sólidos municipales, logrando su estabilidad, madurez y sanitización, este es un proceso que imita la descomposición natural que existe en los ecosistemas (Graziani et al., 2020). El uso del compost en la agricultura es una de las prácticas de manejo sustentable del suelo que contribuye en el reciclado de residuos orgánicos (Khwairakpam et al., 2009).

Ilustración 8. *Conformación de pilas de compostaje.*



Fuente: (Sosa Olivier et al., 2017)

Método de tambor giratorio

El método de tambor giratorio para obtener compostaje es una técnica que utiliza un tambor que gira sobre un eje horizontal para mezclar y airear los materiales orgánicos. Este sistema es uno de los prometedores dentro del compostaje, el cual se ha estado estableciendo a nivel mundial, dando avances positivos en sus usos (Rashwan et al., 2021).

El tambor suele tener una capacidad de entre 50 y 500 litros, y puede ser de plástico o metal. Los materiales orgánicos, como hojas secas, restos de comida, papel, cartón y césped, se colocan en el tambor y se agita periódicamente para mezclar los materiales y aumentar la oxigenación.

Ilustración 9. *Compostera de Tambor Giratorio*



Fuente: (Jariwala, 2019)

Compostaje Aerobio

Es un proceso exotérmico de degradación y estabilización biológica del material orgánicos en presencia de oxígeno, mediante la acción combinada de una serie de poblaciones de microorganismos a una sucesión de factores ambientales, obteniendo como principales productos del metabolismo biológico (Salazar, 2014).

La producción de compost aerobio es el método más utilizado en tratamiento de los residuos, es un procedimiento sencillo y rápido, mucho mejor que la incineración de residuos o relleno sanitario. Este tratamiento puede desarrollarse en reactores, pilas estáticas o hileras (Castillo Zavaleta & Del Valle, 2023).

La descomposición aeróbica o aeróbica es un proceso que tiene lugar en presencia de oxígeno, el cual se realiza con aireación regular, lo que acelera el trabajo de las bacterias y microorganismos aeróbicos en la descomposición de la materia orgánica por oxidación (Sanchez-Bernal et al., 2019).

Compostaje Anaerobio

Es la descomposición de la fracción orgánica en ausencia de oxígeno obteniendo como productos finales metano, dióxido de carbono y numerosos productos orgánicos de bajo peso molecular como ácidos y alcoholes (Pizarro, 2022).

Gestión de residuos orgánicos

La gestión de residuos es el proceso de recolección, transporte, tratamiento y eliminación de los residuos generados por una comunidad. Una buena gestión de residuos puede reducir la cantidad de residuos que deben ser eliminados en vertederos y mejorar la calidad de vida de los residentes. La gestión de residuos debería con los procesos de prevención, minimización, clasificación, aprovechamiento, tratamiento y disposición final (Graziani et al., 2020).

Humedad del compostaje

Es una variable estrechamente vinculado a los microorganismos, ya que usan el agua como una forma de transportación de los nutrientes y energía a través de la membrana celular (Roman et al., 2015). La humedad óptima para el crecimiento microbiano converge entre el 50-70%; cuando la humedad decrece por debajo del 30%, la actividad microbiológica decrecerá y si esta sube al 70%, se reducirá la transferencia de oxígeno, lo que ocasionará una anaerobiosis (Pedro Bueno, 2017).

Temperatura de compostaje

Se refiere a la temperatura alcanzada durante la descomposición y transformación de materiales orgánicos. Este es un parámetro muy importante porque las temperaturas elevadas son beneficiosas, se acelera la descomposición de los componentes orgánicos.

Al comenzar la actividad microbiana se genera calor aumentando la temperatura del material, el cual consiste en tres fases de descomposición: mesófila inicial, termófila y mesófila final(De Anda Trasviña et al., 2021).

Biodegradación

Es un proceso de descomposición de un elemento orgánico por la acción de los microorganismos (Graziani et al., 2020). Dentro de los ciclos naturales de la Tierra, la biodegradación es parte fundamental como el ciclo del carbono. Los microorganismos usan como fuente de alimento los residuos orgánicos y los descomponen en dióxido de carbono, agua, partículas más simples y compost.

Fase mesófila

El proceso de compostaje comienza con el material orgánico a temperatura ambiente, y en un corto período, la temperatura se eleva hasta alcanzar los 45 °C. Este aumento de temperatura es debido a actividad microbiana (Román et al., 2015).

Fase termófila

En la fase termófila del compost, la temperatura afecta a los seres patógenos al punto de exterminarlos, estas temperaturas alcanzan los 55 grados Celsius (Niwagaba et al., 2009).

Micronutrientes

En el contexto de los abonos orgánicos, los micronutrientes son aquellos elementos químicos esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas, que se requieren en cantidades relativamente pequeñas en comparación con los macronutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio).

Macronutrientes

Estos nutrientes son fundamentales para el funcionamiento y la estructura de las plantas y son los principales componentes de los fertilizantes y abonos utilizados para mejorar la fertilidad del suelo y aumentar la productividad agrícola.

2.4 Marco Contextual

En los últimos años la población del Ecuador se ha incrementado notablemente. Los residuos sólidos llegaron a ser 4.9 millones de toneladas al año, 58.47% de estos son de tipo orgánico y el 41.53% es de tipo inorgánico(Graziani et al., 2020).

En Ecuador no existe control acerca de la disposición final de residuos sólidos. El Ministerio del Ambiente (2013) afirma, “En el Ecuador se generan alrededor de 11.341 toneladas diarias de residuos, es decir, un aproximado de 4'139.512 Ton/año, de los cuales 61,4% son orgánicos, papel más cartón 9.4%, plástico 11%, vidrio 2.6%, chatarra 2.2%, y otros 13.3%”(Graziani et al., 2020). El compostaje por el método de tambor giratorio es una técnica de gestión de residuos orgánicos que ha ganado popularidad en las últimas décadas debido a su eficacia y conveniencia. En la ciudad de Guayaquil, Ecuador, el compostaje por tambor giratorio puede ser un modelo de gestión de residuos orgánicos efectivo para urbanizaciones privadas y otros espacios. El compostaje es un proceso natural de descomposición de materiales orgánicos que resulta en la producción de un fertilizante

natural rico en nutrientes llamado compost. Según estudios, el compostaje por tambor giratorio puede reducir el tiempo de compostaje en un 50% a 70% en comparación con el compostaje tradicional.

CAPITULO III MARCO METODOLOGICO

3.1 Metodología de la investigación

El presente trabajo de investigación tiene una metodología de tipo experimental y comparativa. De tipo experimental porque implica la manipulación de diferentes variables en el proceso de compostaje, como la temperatura, la humedad, el tipo de residuos orgánicos utilizados y aireación del tambor, mientras que es comparativa también debido a que se utilizan tres sustratos diferentes en 3 muestras de composteras. Cada compostera tendrá un análisis de acuerdo con su temperatura, humedad y pH mientras dure la experimentación. Así mismo, se realizará un análisis de laboratorio del producto terminado de cada uno de los compost.

3.2 Niveles de investigación

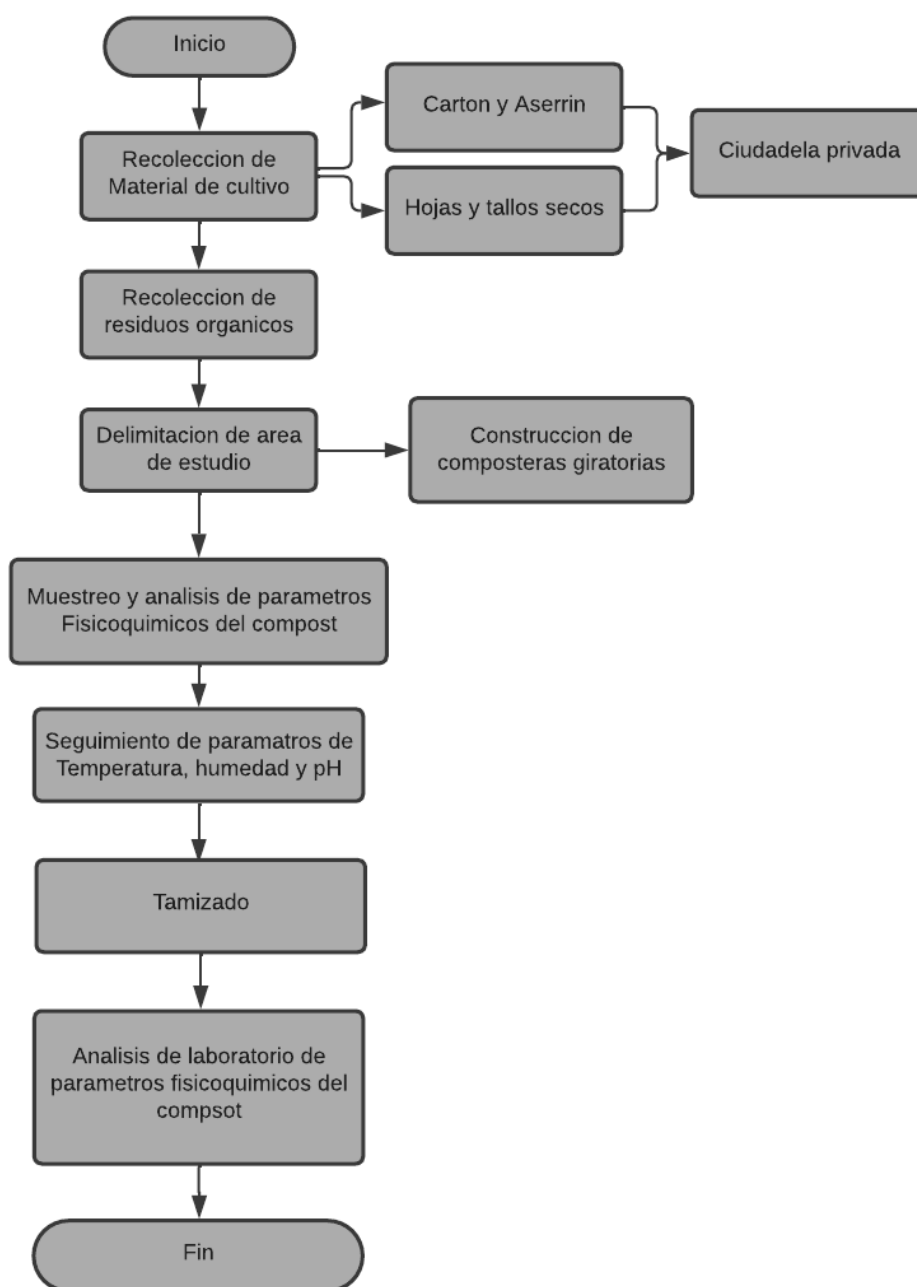
La investigación tiene un enfoque cuantitativo relacionado con la implementación del compostaje por el método de tambor giratorio. Se podrían realizar mediciones y registros de datos cuantitativos, como la cantidad de residuos orgánicos generados en la urbanización, la cantidad del compost producido por los residentes que participaran, el número de miembros de las familias participantes.

3.3 Descripción del método de tambor giratorio

El método de tambor giratorio es un tipo de proceso de obtención de compostaje que consiste en realizar una compostera, tambor o contenedor cerrado que se pueda girar manualmente o mediante un mecanismo eléctrico, esto permitirá que el proceso de descomposición sea más rápido en comparación con otro tipo de procesos. Una vez el tambor este lleno del material necesario para el compost, se comienza a girarlo regularmente. La frecuencia de giros puede variar, pero dentro de la bibliografía encontrada, es recomendable girar el tambor cada dos días. El proceso es aeróbico debido a que el tambor

debe tener huecos de no más de una pulgada de diámetro por sus alrededores para que al momento de rotar haya ingreso de aire y permita que las bacterias tengan un buen medio de cultivo. En general, con el método del tambor giratorio, el compostaje se completa más rápidamente en comparación con otros métodos tradicionales, y se puede obtener compost de buena calidad en unas pocas semanas o meses, en lugar de varios meses o incluso años.

Ilustración 10. Diagrama de Flujo de la metodología realizada en la investigación



Autores: Tumbaco y Viteri (2023)

El método de tambor rotatorio nos brinda como producto terminado, un compost uniforme, debido a que esta aplicación realiza el mezclado, aireación y la agitación de la biomasa a transformar (Buljac et al., 2022). El tambor consta de aspas internas, que permiten

que los materiales orgánicos se mezclen y se aireen constantemente. La rotación del tambor también ayuda a mantener los materiales en movimiento, evitando que se compacten y formen zonas sin aire en el compost (Kalamdhad et al., 2009).

3.4 Descripción del proceso de elaboración de las composteras

Antes de la construcción de las composteras, se realizó una selección de materiales con el fin de elegir los más adecuados para el proceso. Este reactor fue elaborado por los tesisistas y se basó en los modelos propuestos por Kalamdhad & Kazmi, (2008) y Rashwan et al., (2021).

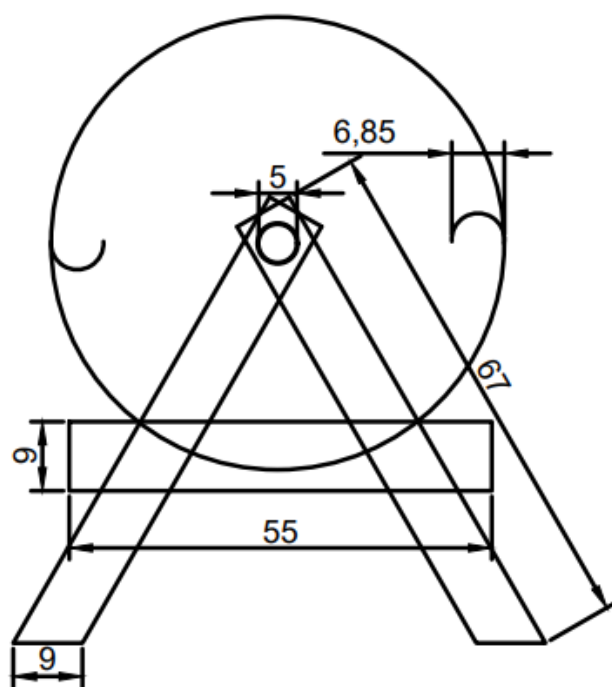
3.4.1. Materiales

- Tres tanques de agua de 54 galones
- Seis pares de bisagras
- Tres tubos de agua de 5cm de diámetro
- Taladro
- 36 tornillos y tuercas $\frac{1}{4}$ de pulgada
- 18 tiras de madera de 67 cm de longitud por 9 cm de ancho
- Tres tubos de agua de cuatro pulgadas de diámetro
- Moledora o cortadora de madera
- Ocho picaportes grandes
- Silicona en barra
- Pistola de silicona

3.4.2 Procedimiento

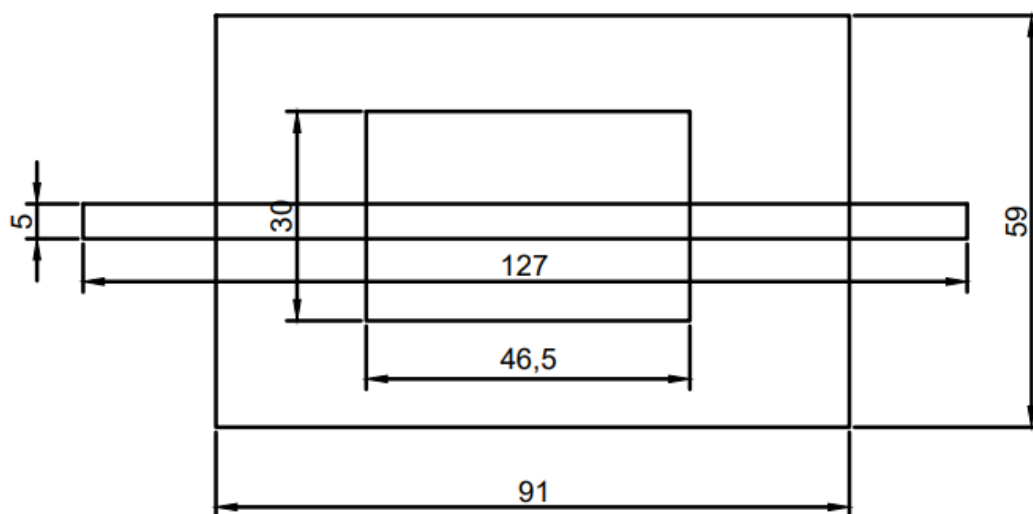
1. Realizar un agujero en el centro de la tapa del tanque y en la parte final del mismo por donde pasara el tubo de agua de 5 centímetros con una longitud de 1,27 metros. Este proceso se realiza para las tres composteras.
2. Perforar agujeros por todo el tambor, estos permitirán el ingreso del aire al momento de rotar el compostaje. Deben ser de 15 a 20 agujeros de una pulgada de diámetro.
3. Cortar en la parte lateral del barril para una puerta donde ingrese el compostaje. Debe ser rectangular, de aproximadamente 30x46.5 centímetros de dimensión. En este proceso se utilizará la cortadora o moledora.
4. Colocar los picaportes y las bisagras para dejar sujeta en la puerta.
5. Cortar por la mitad los dos tubos de agua de 3 pulgadas para que sirvan de hélice y se pueda remover el compost. Debe estar sujeta con tornillo a las paredes del tanque.
6. Las patas de madera deben juntarse formando un triángulo y en la unión de una de las puntas, se debe hacer un orificio por donde pasará el tubo del barril que servirá para poder hacer los giros.
7. Una vez listas las partes de la compostera se procede a armar el tambor y las demás partes.

Ilustración 11. *Planos y medidas de Compostera. Vista Lateral*



Autores: Tumbaco y Viteri (2023)

Ilustración 12. Planos y medidas de Compostera. Vista Frontal



Autores: Tumbaco y Viteri (2023)

3.5 Descripción del proceso de elaboración de compostaje

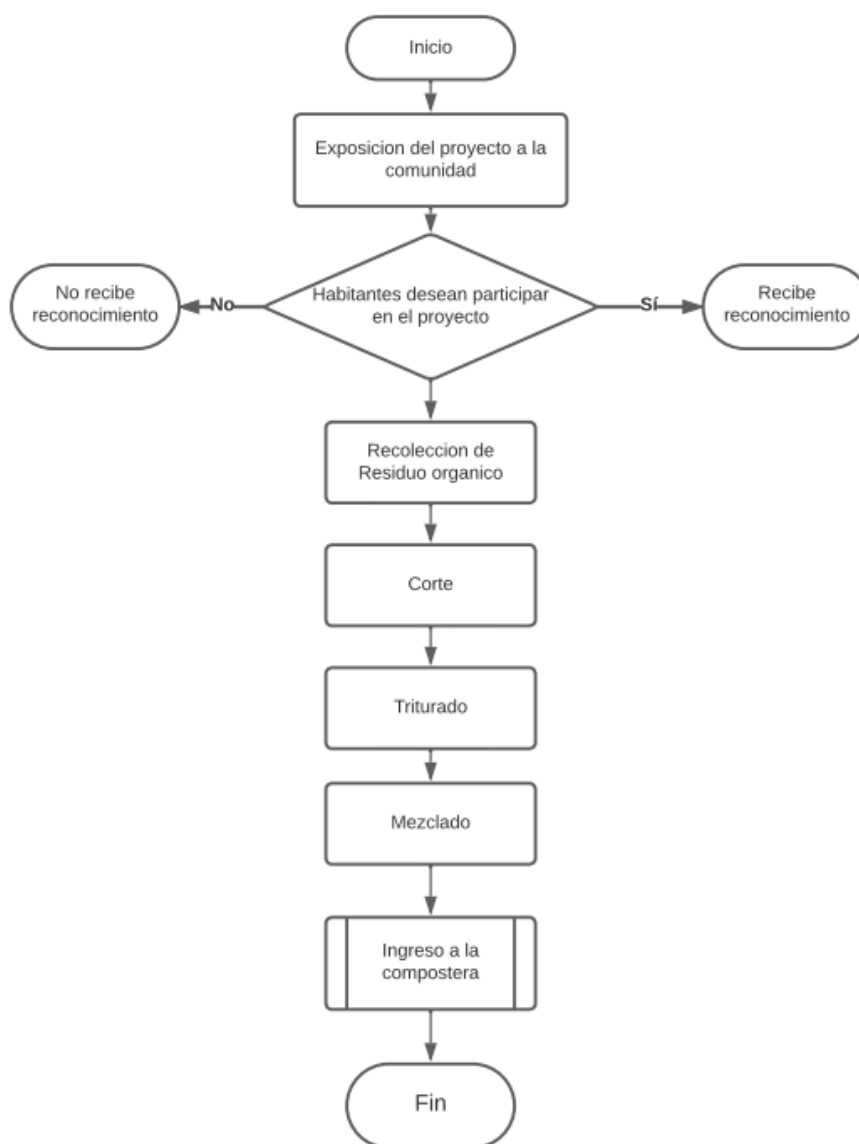
El proceso de elaboración de compostaje implica el llenado de tres tanques composteras con diferentes medios de cultivos. El proceso de compostaje tiene tres variantes de sustratos que se ha determinado para una mayor apreciación de los resultados

Se realizó una sociabilización con los habitantes de la ciudadela, entregando un documento donde se explicaba la finalidad del proyecto, los residuos orgánicos que iban a ser recolectados y los beneficios del compostaje. Este documento está adjuntado en el Anexo 5

Para empezar la realización del compostaje, se obtuvo el residuo orgánico de 22 viviendas residenciales obteniendo un resultado de 31,5 Kg de residuos. Estos residuos serán cortados y triturados para luego ser agregado en cada compostera con la cantidad adecuada de sustratos.

A continuación, se detalla el proceso en el diagrama de flujo realizado para la elaboración del compostaje.

Ilustración 13. Diagrama de Flujo de la recolección de residuos orgánicos



Autores: Tumbaco y Viteri (2023)

3.5.1 Balance de materia de las composteras

Se construyeron tres composteras giratorias con capacidad de almacenamiento de 208 litros. Cada compostera tuvo un mezclado de 25 kilogramos totales de material orgánico. Con la obtención de los residuos orgánicos de los residentes participantes se agregó a cada compostera diez kilogramos y cinco kilogramos de material orgánico como medio de cultivo. Sin embargo, durante la primera semana se tuvo una humedad muy alta debido a las lluvias y

cambios climatológicos que se presentaron en la ciudad, se redujo el contenido de humedad agregando 10 kilogramos de tierra de cultivo a cada compostera además de beneficiar al contenido de nutrientes y microorganismos degradadores para el compostaje.

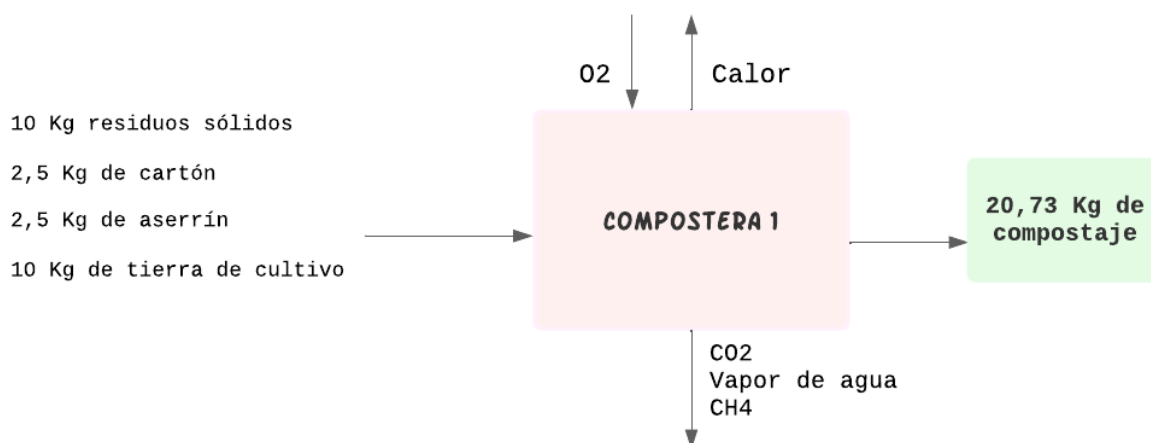
A continuación, se presenta a detalle las cantidades agregadas en cada compostera.

Tabla 9 Balance de materia del compostaje

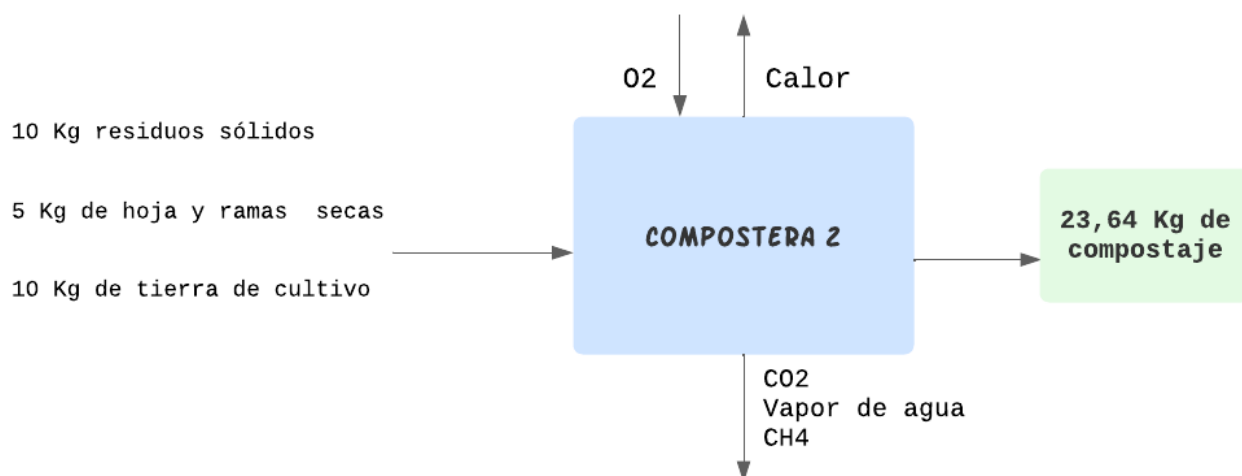
Fecha de inicio del compostaje 30 - 05 -2023	Material orgánico de ingreso	Compostera 1	Compostera 2	Compostera 3	Fecha de finalización del compostaje 07-07-2023
	Residuos orgánicos solidos	10 Kg	10 Kg	10 Kg	
	Medio de cultivo	2,5 Kg de aserrín 2,5 Kg de cartón	5 Kg de hojas y ramas	2,5 Kg de aserrín 2,5 Kg de ramas y hojas	
	Exceso de humedad				
	Ingreso adicional de tierra de cultivo	10 Kg	10 Kg	10 Kg	

Autores: Tumbaco y Viteri (2023)

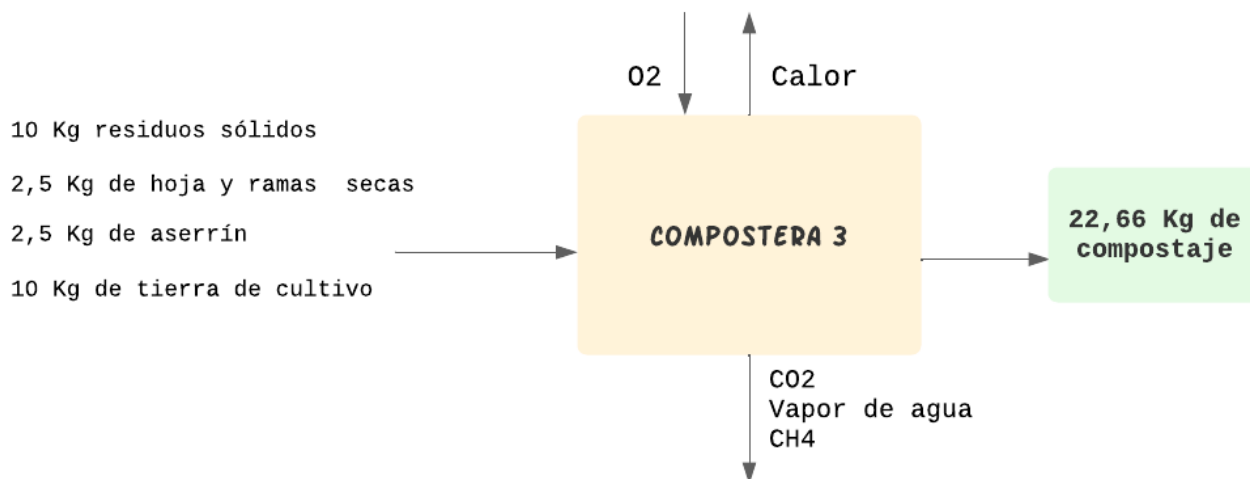
Ilustración 14. Balance de materia de la compostera 1



Autores: Tumbaco y Viteri (2023)

Ilustración 15. *Balance de materia de la compostera 2*

Autores: Tumbaco y Viteri (2023)

Ilustración 16. *Balance de materia de la compostera 3*

Autores: Tumbaco y Viteri (2023)

3.6 Monitoreo y control del proceso de compostaje

Dentro del proceso de compostaje es necesario llevar un monitoreo y control periódico que se debe detallar para posteriores observaciones. En este trabajo de

investigación se hizo un seguimiento a los siguientes parámetros: humedad, temperatura, frecuencia periódica de los volteos.

El proceso de elaboración de compostaje tiene una duración de cinco semanas que cumple con las fases de descomposición y maduración adecuadas. Durante este tiempo se monitorea la temperatura, la humedad y la regulación de volteo de manera diaria, con ayuda de un higrómetro y un termómetro para suelos se revisa la humedad y temperatura de acuerdo con cada fase de compostaje.

3.6.1 Revisión de temperatura

De acuerdo con la revisión bibliográfica, la temperatura tanto como la humedad se convierten en un medio importante para el desarrollo e inicio de la descomposición, por eso se debe mantener un monitoreo adecuado y de manera diaria durante las tres primeras semanas. Después de la tercera semana se monitorea la temperatura cada dos días hasta finalizar el proceso de maduración del compostaje. Se utiliza un termómetro para suelos marca VIVOSUN.

Ilustración 17. *Termómetro para compost*



Fuente: Mercado libre (2020)

3.6.2 Control de humedad

El contenido óptimo de humedad permite una descomposición adecuada de la materia orgánica. El rango recomendado es típicamente del 40 al 60%. Para determinar la humedad se estableció la revisión diaria con ayuda de un termohigrómetro de marca VIVOSUN que permitirá revisar el avance de la temperatura y la humedad para que los microorganismos empiecen la descomposición. Sin embargo, al finalizar las semanas se realiza un análisis de humedad en el laboratorio, para constatar con mayor seguridad la cantidad de agua presente en el compost, dando un resultado de cinco análisis de humedad durante la elaboración del compostaje.

A continuación, se detalla el procedimiento seguido en el laboratorio para obtener los valores de las cinco semanas de análisis. Se escoge el método de la estufa, que es ideal para el contenido de humedad en residuos vegetales que contiene el compost.

Ilustración 18. *Higrómetro para compost*



Fuente: AgroMarket.pe

- **Aparato y equipos**
 - Balanza analítica

- Desecador
- Placas Petri
- Estufa
- **Procedimiento**
 - Lavar las placas Petri y colocarlas en la estufa junto con su tapa por separado a 120°C durante dos horas para quitarle la humedad que hayan adquirido. Después de ese tiempo, se colocan las placas en el desecador por 20 minutos.
 - Pesar la placa y su tapa al mismo tiempo con ayuda de la balanza analítica. Se debe anotar estos valores para posteriores cálculos.
 - Colocar de 20 a 30 gramos de muestra en cada placa, se coloca la tapa y se pesa. Se anota este dato para posteriores cálculos.
 - Introducir la placa tapada con la muestra en la estufa a una temperatura de 105 °C por dos horas, después de eso se retira de la estufa y se deja enfriar por 20 minutos en el desecador. Después de este tiempo se tiene que pesar la muestra de nuevo y ese valor mantenerlo anotado.
 - Repetir el mismo proceso hasta que el peso sea constante a la temperatura de 105 °C para poder realizar los cálculos determinados (Mendoza, 2012).
- **Cálculo**

Para determinar la humedad se relaciona los pesos obtenidos en la siguiente ecuación:

Ecuación 1 *Formula de Humedad*

$$W(\%) = \frac{Mh - Ms}{Mh} \times 100$$

Donde:

W = Porcentaje de humedad

Mh = Peso de la muestra húmeda

Ms = Peso de la muestra seca

3.6.3 Control de pH

Para determinar el pH se ha utilizado el método del potenciómetro una vez a la semana en el laboratorio. Mientras que los demás días se requiere utilizar las tiras de pH para monitorear como se encuentra la acides del suelo. Ambos procedimientos cuentan con una explicación adecuada que se detalla a continuación:

3.6.3.1 Método de potenciómetro

- **Aparatos y equipos**
 - Balanza analítica
 - Potenciómetro
 - Vasos de precipitación de 250 ml
 - Agua destilada
 - Espátula
 - Probeta de 100 ml
 - Agitador magnético
 - Muestras
- **Procedimiento**
 - Pesar 15 gramos de cada muestra y colocarlas en los vasos de precipitación de 250 ml.
 - Añadir 90 ml de agua destilada con ayuda de la probeta, a los vasos de precipitación con la muestra. Se coloca en el agitador magnético para mover la mezcla por 20 minutos.

- Dejar reposar por 15 minutos y se toma la lectura del pH con ayuda del potenciómetro, este proceso se realiza con las tres muestras de compostaje.

Los rangos ideales de pH deben estar entre 4,5 y 6,5 para poder tener una acides ideal que sea provechosa en el compostaje.

Ilustración 19. *Potenciómetro utilizado*



Fuente: Baltalab (2019)

Ilustración 20. *Agitador magnético*



Fuente: Proinstra (2021)

3.6.3.2 Método de tiritas reactivas

- **Aparatos y equipos**
 - Tiritas reactivas

- Agua destilada
- Vasos de precipitación de 150 ml
- Probeta de 100 ml
- Muestras
- Agitador de vidrio
- **Procedimiento**
 - Colocar 10 gramos de la muestra en el vaso de precipitación con 50 ml de agua destilada.
 - Mezclar con el agitador de vidrio, con una tirita reactiva se coloca durante dos segundos en la mezcla y luego esperar unos diez segundos hasta que cambie de color. Observar en la plantilla de colores que nivel de pH tiene.

3.6.4 Rotación y volteo de las composteras

Es necesario que el tambor de compost rote por lo menos diez minutos para que todos los residuos se mezclen y compacten. La rotación de la compostera se realiza diariamente para que también haya un momento de aireación en el proceso de descomposición.

3.6.5 Tamizado

Se realizará el cernido o tamizado del compost maduro con una malla metálica de 15 mm para poder quitar los residuos que no llegaron a descomponerse y el abono tenga una consistencia fina.

La función del tamizado es eliminar objetos no deseados y otros materiales que no se han descompuesto por completo en el montón de compost. Esto asegura que el compost final esté libre de contaminantes que podrían dañar el suelo o las plantas. Además, se produce un producto final de textura uniforme y consistencia adecuada.

CAPITULO IV ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Residuos obtenidos para el compostaje

Las familias participantes fueron escogidas mediante una socialización con la administración de la urbanización. Estas familias tienen variaciones como el número de integrantes y actividad laboral que mostraron un resultado diferente al momento de recolectar los residuos orgánicos. El proceso de recolección se dio por dos días y se obtuvo 31,5 kilogramos de residuos totales por 22 familias participantes. A continuación, se muestra la información proporcionada:

Tabla 10. *Recolección de material orgánico*

No Familias	Mz - Villa	Kg de residuos generados
1	43 – 8	1.2 kg
2	43 – 12	0.6 kg
3	43 – 16	0.24 kg
4	43 – 19	1.04 kg
5	44 – 12	3.1 kg
6	44 – 18	2.06 kg
7	45 – 6	1.3 kg
8	52 – 7	4.25 kg
9	53 – 16	0.27 kg
10	55 – 1	0.52 kg
11	57 – 3	0,64 kg
12	57 – 9	1.02 kg
13	57 – 12	0.78 kg
14	57 – 15	1.01 kg
15	57 – 37	1.32 kg
16	58 – 2	0.97 kg
17	58 – 5	1.04 kg
18	58 – 9	0.67 kg
19	58 – 19	8.0 kg

20	62 – 17	0.15 kg
21	65 – 8	0.87 kg
22	65 – 3	0.45 kg
Total recolectado		31.5 kg

Autores: Tumbaco y Viteri (2023)

4.2 Análisis de las características físicas y químicas del compost

Para la obtención de resultados veraces y específicos, se debe realizar un análisis de laboratorio con respecto a los parámetros más usados para un compost de alta calidad. A continuación, se detallan los parámetros, el método y las unidades que el laboratorio escogido, denoto sobre las muestras de compost enviadas.

Tabla 11 *Parámetros que analiza el laboratorio encargado*

Parámetros	Método	Unidades
pH	EPA 9045 D	-
Humedad	AOAC 930.04	%
Densidad aparente	Gravimétrico	g/litro
Materia orgánica	AOAC 967.05 / DIN 19684-3	%
Materia seca	AOAC 930.04	%
Conductividad (E.C.)	SM 2510 B	mS/cm
Carbono (C)	AOAC 967.05	%
Densidad (materia fresca)	Gravimétrico	g/litro
Nitrógeno total (N)	AOAC 978.04	%
Fosforo (P)	SM 4500 -P C	%
Potasio (K)	SM 3500-K B / AOAC 975.03	%
Magnesio (Mg)	AOAC 975.03	%
Calcio (Ca)	AOAC 975.03	%
Sodio (Na)	SM 3500- Na B	%
Manganeso (Mn)	AOAC 975.03	Ppm
Cobre (Cu)	AOAC 975.03	Ppm
Boro (B)	AOAC 975.03	Ppm

Cloruros (Cl ⁻)	SM 4500-Cl G/SM-450-CL-D Método Potenciómetro	-
Hierro (Fe)	AOAC 975.03	Ppm
Zinc (Zn)	AOAC 975.03	ppm

Autores: Tumbaco y Viteri (2023)

Los resultados obtenidos de las tres muestras de compost están detallados a continuación:

Tabla 12: *Datos obtenidos en laboratorio privado*

Parámetros	Compostera 1	Compostera 2	Compostera 3
pH	7,9	7,4	7,6
Humedad	46,5	50	44,9
Densidad aparente	354	350	346
Materia orgánica	35,4	34,2	35,8
Materia seca	53,5	50	44,9
Conductividad	1,06	1,71	1,55
Carbono	20,6	19,9	20,8
C/N	17,1	17,1	17,1
Nitrógeno total	1,22	1,18	1,19
Fosforo	0,12	0,12	0,16
Potasio	0,48	0,31	0,36
Magnesio	0,59	0,51	0,60
Calcio	1,74	2,02	2,01
Sodio	0,09	0,07	0,08

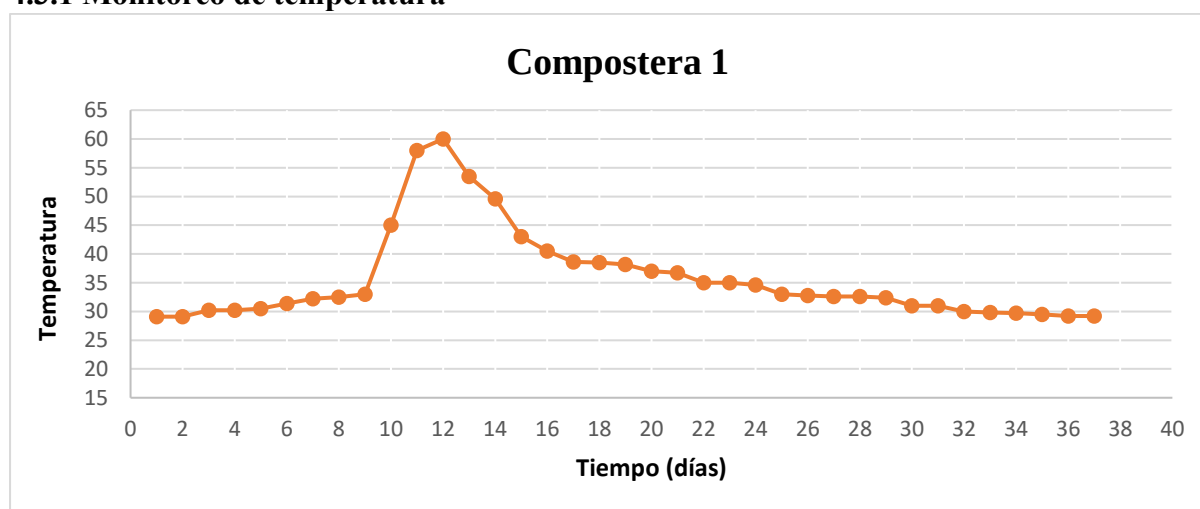
Autores: Tumbaco y Viteri (2023)

Un compostaje industrial o a gran escala, se pueden implementar tecnologías adicionales para acelerar el proceso de compostaje y reducir el tiempo total necesario para obtener compost maduro y listo para su uso. Todos estos datos obtenidos sirven de ayuda para poder mejorar el proceso de compostaje por el método escogido, incluso puede reducirse el tiempo de elaboración. Sin embargo, la calidad del compost también puede verse afectada por el tiempo de compostaje, y se recomienda seguir las pautas y recomendaciones específicas

para obtener un compost de alta calidad y libre de patógenos. Los resultados de las muestras son favorables dentro de la utilidad que se le puede dar, las etapas de descomposición tuvieron una duración media de acuerdo con el propósito de la técnica de compost con el tambor giratorio.

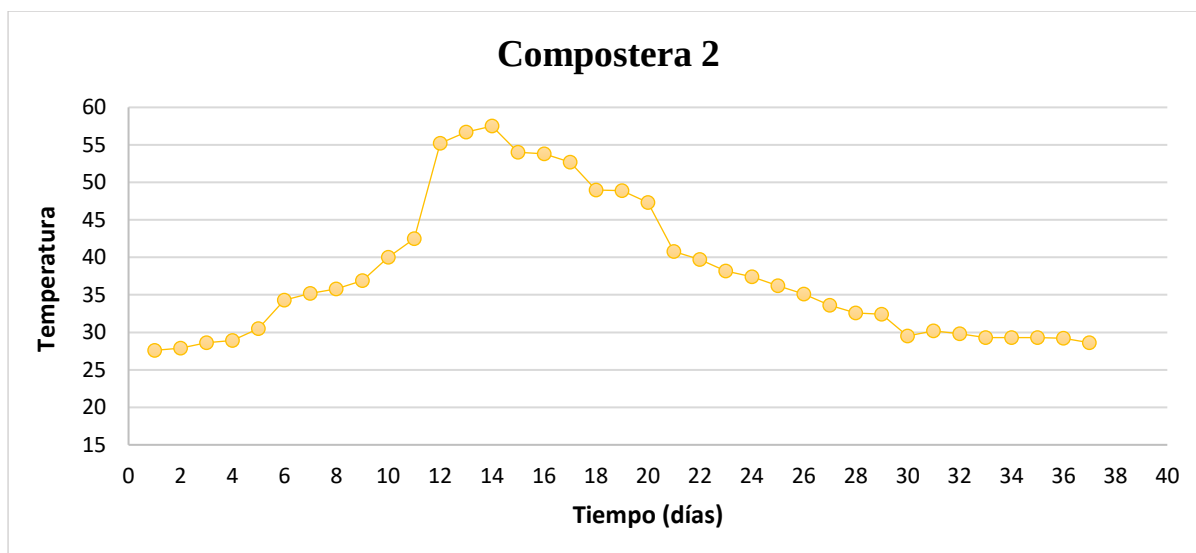
4.3 Datos del monitoreo

4.3.1 Monitoreo de temperatura



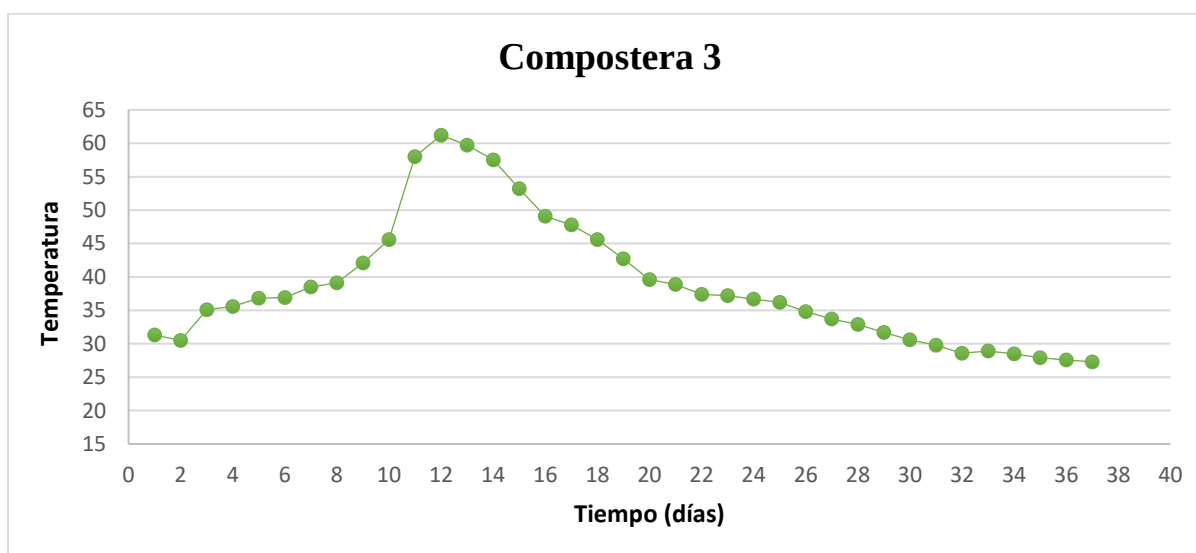
Autores: Tumbaco y Viteri (2023)

Durante el monitoreo realizado en la compostera 1 se muestra que desde el inicio hasta el día 10 la temperatura oscilaba entre los 29 y 35 °C, teniendo una etapa mesofílica tardía, sin embargo, del día 11 al 13 la temperatura se elevó hasta los 65 °C donde indica que comienza la etapa termofílica y posteriormente se muestra una estabilidad y descendimiento de la temperatura hasta la etapa de maduración. Es importante mencionar que los gases de la reacción de descomposición se empiezan a notar a partir del día tres.



Autores: Tumbaco y Viteri (2023)

Para la compostera dos se puede observar que la etapa inicial del compost tiene un acondicionamiento de temperatura entre 29 a 40 °C durante dos semanas seguidas, esto constituye en la etapa mesofílica, sin embargo, también se muestra un crecimiento de temperatura de 45 a 65 °C durante 3 días que se coloca en la primera y segunda etapa termofílica. Además dentro de las observaciones se puede añadir que posterior al día 22 empieza el proceso de enfriamiento y maduración del compost.



Autores: Tumbaco y Viteri (2023)

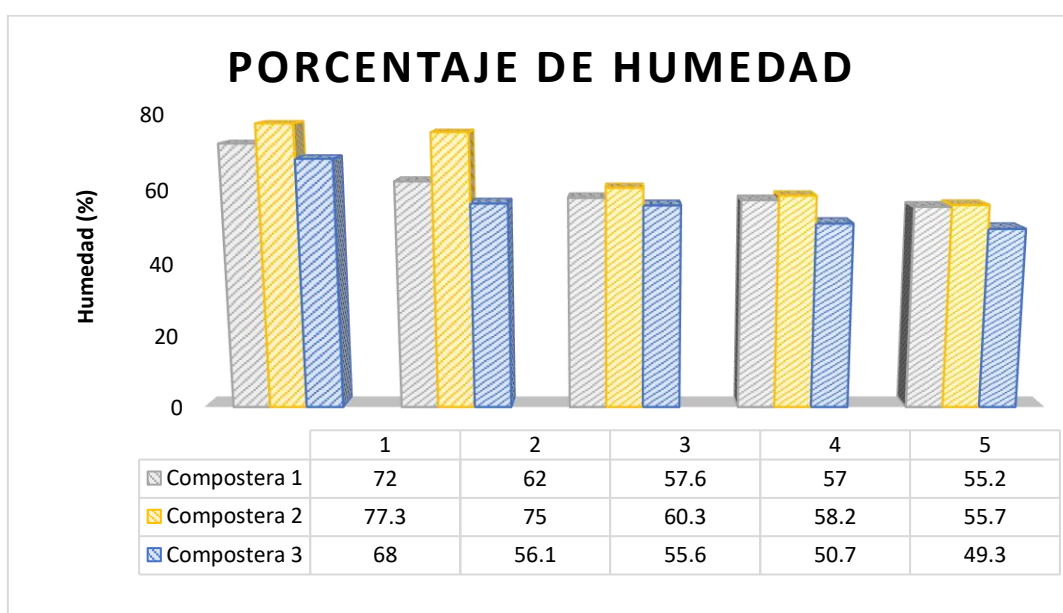
La temperatura dentro de la compostera 3 tuvo un comportamiento variante el segundo día mostrando un descenso leve de 31 a 29 °C. A partir del tercer día hasta al 15 incremento paulatinamente hasta los 65 °C mostrando la primera y segunda etapa termofílica, desde el día 17 al 26 la temperatura descendió gradualmente enfocando esta característica en la etapa de enfriamiento. Cuando la temperatura alcanzo los 27 °C y se reguló hasta el día 35 siendo esta etapa la de maduración del compost.

4.3.2 Monitoreo de Humedad

Tabla 13 *Monitoreo de la Humedad dentro de laboratorio*

Humedad (%)			
Día	Compostera 1	Compostera 2	Compostera 3
7	72	77,3	68
14	62	75	56,1
21	57,6	60,3	55,6
28	57	58,2	50,7
35	55,2	55,7	49,3

Autores: Tumbaco y Viteri (2023)



Se puede determinar que la humedad al inicio del proceso de compostaje estaba en rangos excedidos debido a los residuos de frutas que se agregaron puesto que contenían

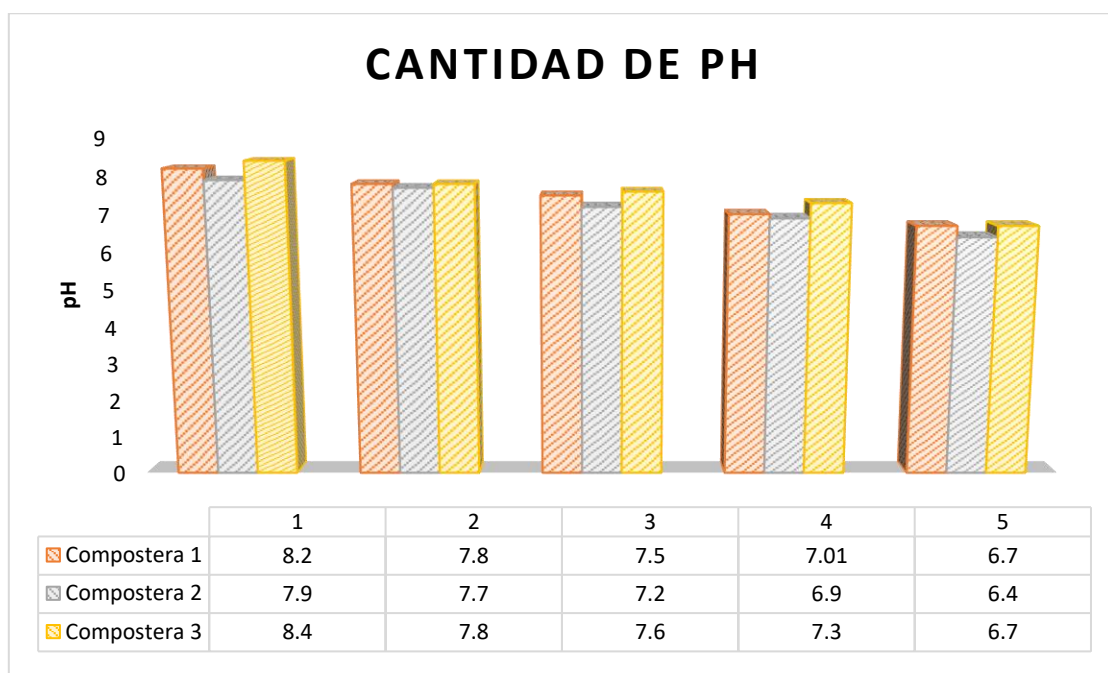
mucho líquido y se añadió a cada compostera un porcentaje de agua, durante la primera semana las tres composteras mostraron un exceso de líquido que se fue regulando en las siguientes semanas. A partir de la semana dos se empieza a notar la disminución de agua en la compostera tres están en un rango de 40 a 60% ideal. Para la semana 4 el compost de las tres composteras se ha regulado y se determina una disminución de agua aparente y estable. En este proceso el compost adquiere una apariencia más oscura y terrosa y desarrolla un olor agradable a tierra.

4.3.3 Monitoreo de pH

Tabla 14. Monitoreo de pH dentro de laboratorio

pH			
Día	Compostera 1	Compostera 2	Compostera 3
7	8,2	8,9	8,4
14	7,8	7,7	7,8
21	7,5	7,2	7,6
28	7,01	6,9	7,3
35	6,7	6,4	6,7

Autores: Tumbaco y Viteri (2023)



El cuadro de información muestra que el pH estaba en condiciones básicas durante los primeros siete días para las composteras 1 y 3. Sin embargo, durante las siguientes semanas se realizó un seguimiento y mejoría del pH con ayuda de ácido cítrico de frutas y verduras que se añadieron al compost trituradas en 5 mm.

Al paso de dos semanas el potencial de hidrogeno se mantiene estable entre los valores de 6 a 7,5 hasta la revisión de los datos del laboratorio acreditado.

4.3.4 Resultados del tamizado

El proceso de tamizado del producto final arrojó los siguientes resultados:

Tabla 15 *Cantidad de Compost maduro y materia granulada*

	Compostera 1	Compostera 2	Compostera 3
Compost homogéneo	17,23 kg	19,54 kg	20,06 kg
Materia granulada	3,5 kg	4,1 kg	2,6 kg
Total	20,73 kg	23,64 kg	22,66 kg

Autores: Tumbaco y Viteri (2023)

4.4 Comparación con compostaje comercial

Se escogió un tipo de abono orgánico con similitudes de procesos de descomposición al abono obtenido dentro del proyecto investigativo. También consta de un proceso aeróbico de material orgánico vegetal y supera los 60 °C de temperatura en la descomposición, eliminando todo agente patógeno y permitiendo el desarrollo de bacterias y microorganismos beneficiosos.

El producto se llama Bioway de la marca India cuya venta se efectúa en 23 kilos de producto, con el siguiente contenido nutricional:

Tabla 16 *Contenido nutricional de compost Bioway marca India*

Componente	Elemento	Unidad	Rango
Contenido	Materia orgánica	%	40 - 48

nutricional	Nitrógeno	%	1 - 2.52
	Fosforo	%	0.5 - 1.75
	Potasio	%	0.3 - 2.45
	Calcio	%	1.91 - 2.18
	Magnesio	%	0.56 - 0.66
	Azufre	%	0.37 - 0.49
	Boro	ppm	23 - 80
	Zinc	ppm	100 - 200
	Cobre	ppm	37.2 - 47.7
	Manganeso	ppm	100 - 550
	pH	-	6.5 - 8

Fuente: Megagro store (2017)

Tabla 17. *Comparación de parámetros del compost*

Elemento	Compostaje Bioway	Compostera 3
Materia orgánica	40 - 48	35.8
Nitrógeno	1 - 2.52	1.19
Fosforo	0.5 - 1.75	0.16
Potasio	0.3 - 2.45	0.36
Calcio	1.91 - 2.18	2.01
Magnesio	0.56 - 0.66	0.60
Boro	23 - 80	70.2
Zinc	100 - 200	79
Cobre	37.2 - 47.7	26.8
Manganeso	100 - 550	380
pH	6.5 - 8	7.6

Autores: Tumbaco y Viteri (2023)

Se escogió la muestra de la compostera 3 como el compost con mejor calidad y el más cercano al abono comercial, cuyos valores reflejados por el análisis de laboratorio en micro y macronutrientes se asemejan en un 70% al compostaje de la marca India Bioway cuyos valores están representados por registros del MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería)

en índices y parámetros dentro de los valores permisibles comerciales, es decir que el resultado obtenido de la compostera 3 puede mejorarse posteriormente. Se muestra que el contenido de materia orgánica, fosforo, zinc y cobre son mínimos de acuerdo al rango que presenta el contenido nutricional de Bioway. Sin embargo, según la información del MAG el contenido de materia orgánica puede variar de 35 a 50%; los valores de fosforo, zinc y cobre pueden mejorarse en procesos posteriores.

CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Al elegir el tipo de tambor y las características específicas para que la descomposición y formación del compostaje sea optimo, se concluyó que mientras más perforaciones tenga el tambor mayor será la aireación dentro del mismo y la cantidad excesiva de líquido disminuirá, las hélices incrustadas en el tambor mezclan mejor la masa orgánica reduciendo el tiempo de obtención de compost madura en relación con otros métodos. Además, al rotar se mezclan por completo los sustratos y los microorganismos involucrados generan reacciones químicas que aceleran las etapas de descomposición, mostrando una masa compacta y uniforme. El método de tambor giratorio cumple como un método efectivo para el desarrollo de compost optimo y de buena calidad. Se logro la transformación de los residuos orgánicos provenientes de los hogares de la ciudadela, como sustratos, cartón, aserrín, hojas y tallos secos, elementos que son existen dentro de la ciudadela. Se obtuvo 67.03 kg de compost en total en las tres composteras.

La distribución equitativa del medio de cultivo en las tres composteras generó un aprovechamiento de los residuos residenciales y de jardinería de la urbanización. Además, genero un equilibrio y combinación de propiedades y características de los medios de cultivo, que permitió un suministro adecuado de carbono, nitrógeno y otros nutrientes esenciales para la descomposición eficiente de los residuos orgánicos, favoreciendo la activación microbiana.

Al evaluar el pH, temperatura y humedad del compostaje a lo largo del proceso se garantiza un medio en el que los microorganismos puedan tener un desarrollo eficiente además resulta en alta calidad el compostaje libre de malos olores, fermentación excesiva o presencia de patógenos que puedan perjudicar el desarrollo de las vitaminas que necesita el suelo, al mantener los valores de pH se puede determinar si el compostaje cumple con la acidez necesaria para los cultivos y plantas; la temperatura y la humedad deben ser monitoreadas porque si no están en las condiciones necesarias no se puede producir una

buena etapa mesofílica que es el inicio de una buena descomposición. Este monitoreo sirvió para ajustar la humedad y el pH que según los resultados estaban en niveles muy superiores a los permitidos. Otro factor importante es el rendimiento que se obtuvo de las tres muestras al ser evaluadas a nivel de laboratorio, siendo el compost 3 un material de alta calidad y contenido nutricional óptimo debido a la combinación de sustratos con un contenido de carbono y nitrógeno superior al de las dos composteras anteriores.

Al comparar el contenido nutricional del abono orgánico marca India Bioway de 23 kilos comercializado por MEGAPRO, con el abono obtenido de las tres muestras realizadas se puede concluir que el compost más cercano a esos parámetros comerciales es el de la compostera 3 que comenzó su descomposición con 10 Kg de residuos orgánicos sólidos, 10 Kg de tierra de sembrado, 2.5 Kg de aserrín y 2.5 Kg de hojas secas, sabiendo que la relación C:N de estos últimos sustratos es superior al agregado en las primeras muestras, dando como resultado un nivel alto en macro y micronutrientes. Sin embargo, no solo se comparó estos parámetros comerciales con el compost realizado, sino también con especificaciones del Ministerio de Agricultura y Ganadería que está presente en el Anexo 8. Y la normativa INE 211:98 para fertilizantes y abonos sólidos, presente en el Anexo 9 que determina el porcentaje de micronutrientes como el cobre, magnesio, cloruros y zinc. Estos valores se pueden mejorar en otro proceso pues hay ciertos nutrientes que al compararlos se encuentran en mínima cantidad y le restan beneficios al compostaje.

Recomendaciones

Se recomienda usar este tipo de método de modelo de gestión para residuos orgánicos, en distintas urbanizaciones o residencias de la ciudad para eliminar la mayor cantidad de residuos sólidos posibles y beneficiar no solo a los habitantes de la ciudad sino también al medio ambiente. Este tipo de métodos es muy sencillo y se obtiene el producto de compostaje en un tiempo mínimo en comparación con otros métodos de descomposición, además es muy sencillo de realizar.

Es importante mantener un amplio y diario monitoreo de los factores como la temperatura, humedad, aireación y pH para mantener condiciones óptimas dentro del compost y que los microorganismos descomponedores puedan desarrollarse. También para generar una mejor absorción de calor dentro de las composteras se debe pintar de negro el exterior de estas, así se absorbe la energía solar incidente de manera más eficiente y para épocas frías puede ser especialmente útil para mantener temperaturas adecuadas para el compostaje.

Al utilizar alimentos con mayor contenido de lignocelulosa es recomendable recordar que su descomposición será más lenta, retrasando la maduración del compostaje. Es importante equilibrar la relación C: N añadiendo fuentes de nitrógeno adicionales, como restos de cocina, estiércol o material verde fresco. Esto ayudará a acelerar la descomposición de la lignocelulosa al proporcionar el nitrógeno necesario para los microorganismos.

Bibliografía

- Al-khadher, S. A. A., Abdul Kadir, A., Al-Gheethi, A. A. S., & Azhari, N. W. (2021). Takakura composting method for food wastes from small and medium industries with indigenous compost. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(46), 65513–65524. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-15011-0>
- Alkoaik, F. N., Abdel-Ghany, A. M., Rashwan, M. A., Fulleros, R. B., & Ibrahim, M. N. (2018). Energy analysis of a rotary drum bioreactor for composting tomato plant residues. *Energies*, 11(2), 1–2. <https://doi.org/10.3390/en11020449>
- Bayas, Lady, & Garcia, D. (2022). Alternativa sustentable (Takakura) para la minimización de residuos orgánicos en la finca Saltos, cantón Salitre, Ecuador. *Revista Científica de La Facultad de Ciencias Naturales y Ambiente de La Universidad de Guayaquil*, 16(2), 348–356. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.53591/cna.v16i2.1860>
- Bohórquez Santana, W. (2020). El proceso de compostaje. In *Colección del Agro* (Primera). Ediciones Unisalle. <https://doi.org/10.19052/978-958-5486-67-6>
- Buljac, M., Medvidović, N. V., Šunjić, A. M., Jukić, Z., & Radić, J. (2022). Biowaste composting process-comparison of a rotary drum composter and open container. *Hemjska Industrija*, 76(4), 251–262. <https://doi.org/10.2298/HEMIND220516019B>
- Carbonel, D., & Luciano, T. (2023). Composting of kitchen waste and pet feces : quality and effect on vegetable germination and growth. *Enfoque UTE*, 14(3), 1–9. <https://doi.org/https://doi.org/10.29019/enfoqueute.958>
- Castillo Zavaleta, C. O., & Del Valle, C. (2023). Evaluación del reaprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos generados por los servicios de un catering. *Revista Del Instituto de Investigacion de La Facultad de Minas, Metalurgia y Ciencias Geograficas*

de La Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 26, 6.

Chaves-Arias, R., Campos-Rodríguez, R., Brenes-Peralta, L., & Jiménez-Morales, M. F.

(2019). Compostaje de residuos sólidos biodegradables del restaurante institucional del Tecnológico de Costa Rica. *Revista Tecnología En Marcha*, 32, 39–53.

<https://doi.org/10.18845/tm.v32i1.4117>

De Anda Trasviña, A., García Galindo, E., Seminario Peña, J., & Nieto Garibay, A. (2021).

Residuos orgánicos: ¿basura o recurso? *Recursos Naturales y Sociedad*, 7(3), 19–42.

<https://doi.org/https://doi.org/10.18846/renaysoc.2021.07.07.03.0004>

García Ramos, C., Arozarena Daza, N., Martínez Rodríguez, F., Hernández Guillén, M.,

Pascual Amaro, J., & Santana Gato, D. (2019). Obtención de compost mediante la biotransformación de residuos de mercados agropecuarios. *Cultivos Tropicales*, 40(2), 02.

Gonawala, S. S., & Jardosh, H. (2018). Organic Waste in Composting: A brief review.

International Journal of Current Engineering and Technology, 8(01), 36–38.

<https://doi.org/10.14741/ijcet.v8i01.10884>

Graziani, P., Manfredi, I., Ferrari, M., Quintana, J., Alarcon, V., & Silva, A. (2020). Manual

de aprovechamiento de residuos orgánicos municipales. In M. Defas (Ed.), *Ministerio de Ambiente y Agua* (1st ed.). Centro de Artes Graficas “El Fuego y la Palabra.”

www.ambiente.gob.ec

Hidalgo Crespo, J. (2022). *Economía Circular Y Gestión De Residuos En Guayaquil*

[Universidade da Coruña]. <http://hdl.handle.net/2183/32225>

INEN. (1998). *Fertilizantes o abonos, tolerancias* (NTE INEN 211:98; Vol. 1). Instituto

Ecuatoriano de Normalizacion (INEN).

- Jariwala, M., Bombaywala, V., Deshani, K., Chaudhari, K., Dhotre, H., & Chaitali, S. (2019). Rotary Drum Composting of Flower Waste. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 6(4), 2169–2174. www.irjet.net/archives/V6/i4/IRJET-V6I4466.pdf
- Kalamdhad, A. S., & Kazmi, A. A. (2008). Mixed organic waste composting using rotary drum composter. *International Journal of Environment and Waste Management*, 2(1–2), 24–36. <https://doi.org/10.1504/IJEW.2008.016989>
- Kalamdhad, A. S., & Kazmi, A. A. (2009). Rotary drum composting of different organic waste mixtures. *Waste Management and Research*, 27(2), 129–137. <https://doi.org/10.1177/0734242X08091865>
- Kalamdhad, A. S., Singh, Y. K., Ali, M., Khwairakpam, M., & Kazmi, A. A. (2009). Rotary drum composting of vegetable waste and tree leaves. *Bioresource Technology*, 100(24), 6442–6450. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.07.030>
- Kauser, H., Pal, S., Haq, I., & Khwairakpam, M. (2020). Evaluation of rotary drum composting for the management of invasive weed *Mikania micrantha* Kunth and its toxicity assessment. *Bioresource Technology*, 313(June), 123678. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123678>
- Khwairakpam, M., Kalamdhad, A. S., & Ali, M. (2009). Organic Matter Transformation during Rotary Drum Composting. *Dynamic Soil, Dynamic Plant, Special issue 1*, 93–98.
- Lim, L. Y., Lee, C. T., Bong, C. P. C., Lim, J. S., Sarmidi, M. R., & Klemes, J. J. (2018). A review on the impacts of compost on soil nitrogen dynamics. *Chemical Engineering Transactions*, 63, 349–354. <https://doi.org/10.3303/CET1863059>
- López Fernández, S., Serrato Cuevas, R., Castelán Ortega, O. A., & Avilés Nova, F. (2018).

- Comparación entre dos métodos de ventilación en la composición química de compost de estiércoles pecuarios. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, 34(2), 263–271. <https://doi.org/10.20937/RICA.2018.34.02.07>
- Mehta, C. M., & Sirari, K. (2018). Comparative study of aerobic and anaerobic composting for better understanding of organic waste management: Aminireview. *Plant Archives*, 18(1), 44–48.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2020). Manual técnico para el registro y control de fertilizantes , enmiendas de suelo y productos afines de uso agrícola. *Registro De Insumos Agropecuarios*, 5, 1–85. <https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2020/05/ac6.pdf>
- Mishra, S., & Yadav, K. D. (2021). Assessment of rotary drum and aerated in-vessel for composting of garden waste. *Research Square*, 1–21. <https://doi.org/https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-302722/v1>
- Niwagaba, C., Nalubega, M., Vinnerås, B., Sundberg, C., & Jönsson, H. (2009). Bench-scale composting of source-separated human faeces for sanitation. *Waste Management*, 29(2), 585–589. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2008.06.022>
- Nuzir, F. A., Hayashi, S., & Takakura, K. (2019). Takakura composting method (tcm) as an appropriate environmental technology for urban waste management. *International Journal of Building, Urban, Interior and Landscape Technology (BUILT)*, 13(1), 67–82. <https://doi.org/10.14456/built.2019.6>
- Rashwan, M. A., Naser Alkoaik, F., Abdel-Razzak Saleh, H., Blanqueza Fulleros, R., & Nagy Ibrahim, M. (2021). Maturity and stability assessment of composted tomato residues and chicken manure using a rotary drum bioreactor. *Journal of the Air and Waste Management Association*, 71(5), 529–539.

<https://doi.org/10.1080/10962247.2020.1859416>

- Rivas Nichorzon, M., & Silva Acuña, R. (2020). Calidad física y química de tres compost, elaborados con residuos de jardinería, pergamino de café y bora (*Eichhornia Crassipes*). *Revista Ciencia Unemi*, 13(32), 87–100. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol13iss32.2020pp87-100p>
- Roman, P., Martinez, M., & Pantoja, A. (2015). Manual de compostaje del agricultor. In *Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe*. FAO. <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>
- Romero-Figueroa, J. C., Sánchez-Escudero, J., Rodríguez-Mendoza, M. N., & Gutiérrez-Castorena, M. C. (2015). Produccion de Vermicompost a Base de rastrojo de maiz (*Zea mays* L.) y estiercol de bovino lechero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(3), 52–59. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fap&AN=108617512&site=ehost-live>
- Sadeghian Khalajabadi, S., & Arias Suarez, E. (2017). Lixiviación del potasio en suelos de la zona cafetera y su relación con la textura. *Biotechnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 16(1), 34. [https://doi.org/10.18684/bsaa\(16\)34-42](https://doi.org/10.18684/bsaa(16)34-42)
- Salazar, T. A. (2014). Actividad microbiana en el proceso de compostaje aerobio de residuos sólidos orgánicos. *Revista de Investigación Universitaria*, 3(2), 74–84.
- Sanchez-Bernal, R., Pita-Castañeda, D., Gonzalez-Velandia, K., & Hormaza-Verdugo, J. (2019). Análisis de mezclas de residuos sólidos orgánicos empleadas en la fabricación de ladrillos ecológicos no estructurales. *Revista de Ciencias Ambientales*, 53(1), 23–44. <http://dx.doi.org/10.15359/rca.53-1.2>

Sharma, D., Yadav, K. D., & Kumar, S. (2018). Role of sawdust and cow dung on compost maturity during rotary drum composting of flower waste. *Bioresource Technology*, 264, 285–289. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.05.091>

Sosa Olivier, J. A., Laines Canepa, J. R., De la Cruz Perez, A. G., Martinez Dominguez, L. G., Perez Mendez, M. A., & Bautista Gomez, J. A. (2017). Tratamiento de residuos de agar caduco mediante el proceso de compostaje. *Revista Colombiana de Biotecnologia*, 19(1), 101–107.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v19n1.65970>

Anexos

Anexo 1: Elaboración de las composteras Armado de las composteras.



Vista interna de las composteras.



Vista lateral de las composteras.



Vista de las tres composteras terminadas



Ubicación de las composteras.



Anexo 2: Monitoreo de Composteras
Compostera 1



Compostera 2



Compostera 3



Revisión de la humedad de las composteras.



Medición del pH del Compost



Preparación de las muestras del compost para la medición de pH.



Anexo 3: Producto del Compost

Compost de la Compostera 1.



Anexo 4: Compost: Producto final

Compost de la Compostera 1.



Compost de la Compostera 2



Compost de la Compostera 3.



Anexo 5: Documento de sociabilización a la comunidad del proyecto de Compostaje **PROYECTO:**

Elaboración de compostaje por el método de tambor giratorio,
como modelo de gestión de residuos orgánicos en
urbanización privada en la ciudad de Guayaquil





¿Qué es el compostaje?

El compostaje es un proceso natural que convierte los restos orgánicos en un tipo de fertilizante llamado compost.

Es como reciclar los desechos orgánicos para obtener un producto útil.



¿Qué beneficios obtenemos del compostaje?

Este compost puede utilizarse como fertilizante en el jardín, en macetas o en huertos. Ayuda a mejorar la calidad del suelo, retiene la humedad y proporciona nutrientes a las plantas de una manera natural y sostenible.



¿Qué tiempo dura el proceso de compostaje?

- El tiempo de compostaje durará entre 3 a 6 semanas.
- Durante ese periodo de tiempo, el material orgánico se descompone y convierte en compost utilizable.



¿Cuáles son los beneficios del compostaje para la comunidad?

- Reducir la cantidad de desechos que enviamos a la basura
- La mejora de la calidad del suelo
- Promover una forma práctica y efectiva de cuidar el medio ambiente y el bienestar de la comunidad en general



¿Qué método de compostaje se utilizará?

Utilizaremos el compostaje por método de tambor giratorio.
Es un método especial para convertir los residuos orgánicos en compost de manera más rápida y conveniente.

¿Puedo utilizar una compostera para mis residuos orgánicos?

Si, el tambor giratorio tiene la ventaja de ser compacto y fácil de usar, lo que lo hace adecuado para espacios pequeños, como patios o balcones



¿Qué productos se consideran óptimos para el compostaje?

- Cascaras de plátano, guineo, papas, zanahorias, etc.
- Cascaras de frutas como piña, papaya, melón, etc.
- Restos de hojas de vegetales y frutas.
- Tallos de frutas y hortalizas.
- Raíces de Vegetales.
- Restos de frutas.



¿Que productos no se consideran óptimos para el compostaje?

- Ningún producto procesado.
- Ningún producto que haya sido cocinado.
- Ningún producto animal.
- Ningún producto animal en estado de descomposición.
- Ningún alimento vegetal en estado de descomposición.
- Ningún resto de plástico, tela, cuerda, cinta, metal, papel.



Anexo 6: Resultados de análisis de laboratorio Agarprojekt

DATOS DEL CLIENTE			
Cliente:	Karla Roxana Tumbaco Pacheco		
Solicitado por:	Karla Roxana Tumbaco Pacheco		
Ubicación:	Guayaquil	Teléfono:	0990301127
PROCESO DE ANÁLISIS			
Método utilizado para la preparación de la muestra: Conductividad Eléctrica (C.E) y pH: Preparación del Extracto Según Método Volumen 1:1½ (Reglamento de Holanda para Sustratos) Contenido Total de Nutrientes: Secado de la muestra a ensayar hasta 0 % de humedad - Determinación del % Materia Seca - Trituración de la muestra a ensayar ("40 mesh") - Incineración - Dilución en " Agua Regia".			
MÉTODOS DE REFERENCIA UTILIZADOS			
PARÁMETROS	MÉTODO		
Materia Seca	AOAC 930.04		
Humedad	AOAC 930.04		
Densidad (materia fresca)	Gravimétrico		
Densidad Aparente	Gravimétrico		
pH	EPA 9045 D		
Conductividad (C.E.)	SM 2510 B		
Materia Orgánica (L.O.I., "Loss on Ignition")	AOAC 967.05 / DIN 19684-3		
Carbono (C)	AOAC 967.05		
Nitrógeno Total Kjeldahl (N-Total)	AOAC 978.04		
Fósforo (P)	SM 4500-P C		
Potasio (K)	SM 3500-K B / AOAC 975.03		
Magnesio (Mg)	AOAC 975.03		
Calcio (Ca)	AOAC 975.03		
Sodio (Na)	SM 3500-Na B		
Hierro (Fe)	AOAC 975.03		
Manganeso (Mn)	AOAC 975.03		
Cobre (Cu)	AOAC 975.03		
Zinc (Zn)	AOAC 975.03		
Boro (B)	AOAC 982.01		

Cloruros (Cl⁻)

SM 4500-Cl G/SM-450-CL-D Método Potenciométrico

RESULTADOS

Código Agrarprojeckt: UDG-070723

Pág. 1

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Tipo de Muestra:	Abono Orgánico Sólido		
Número de Muestra:	# 1	# 2	# 3
Información Proporcionada por el Cliente:	Muestra 1 - C1	Muestra 2 - C2	Muestra 3 - C3

Contenido Total de macro- y microelementos en Materia Seca (macroelementos en %, microelementos en ppm equivalente a mg/kg)

Análisis	Unidad	Resultado	Resultado	Resultado
Materia Seca	%	53,5	50,0	55,1
Humedad	%	46,5	50,0	44,9
Densidad (materia fresca, presión 0.1 kg/cm ²)	g/litro	661	699	628
Densidad Aparente (0% Humedad)	g/litro	354	350	346
pH (Volumen 1:1 1/2)	-	7,9	7,4	7,6
Conductividad - CE (Volumen 1:1 1/2)	mS/cm	1,06	1,71	1,55
Materia Orgánica	%	35,4	34,2	35,8
Carbono (C)	%	20,6	19,9	20,8
Relación Carbono-Nitrógeno (C:N)	%	17: 1	17: 1	17: 1
Nitrógeno Total (N)	%	1,22	1,18	1,19
Fósforo (P)	%	0,12	0,12	0,16
Potasio (K)	%	0,48	0,31	0,36
Magnesio (Mg)	%	0,59	0,51	0,60
Calcio (Ca)	%	1,74	2,02	2,01
Sodio (Na)	%	0,09	0,07	0,08
Hierro (Fe)	ppm	3320	2700	3380
Manganeso (Mn)	ppm	346	280	380
Cobre (Cu)	ppm	25,6	25,0	26,8
Zinc (Zn)	ppm	66,4	84,6	79
Boro (B)	ppm	67,6	61,0	70,2

Anexo 7: Marco Legal

Dentro del país existe una gran cantidad de leyes que refieren a temas como la disposición de residuos sólidos, medio ambiente, revalorización de la basura producidas por los ciudadanos y su disposición final.

Constitución del Ecuador de Montecristi 2008

Capítulo Segundo: Derechos del buen vivir

Sección Segunda: Ambiente sano

Art. 14.- 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. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

Capítulo Séptimo: Derechos a la Naturaleza

Art. 72.- La naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tienen el Estado y las personas naturales o jurídicas de indemnizar a los individuos y colectivos que dependan de los sistemas naturales afectados. El Estado incentivará a las personas naturales y jurídicas, y a los colectivos, para que protejan la naturaleza, y promoverá el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema.

Capítulo Primero: Principios generales

Art. 276.- El régimen de desarrollo tendrá los siguientes objetivos:

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.

Capítulo Segundo: Biodiversidad y recursos naturales

Sección Séptima: Biosfera, ecología urbana y energías alternativas

Art. 415.- El Estado central y los gobiernos autónomos descentralizados adoptarán políticas integrales y participativas de ordenamiento territorial urbano y de uso del suelo, que permitan regular el crecimiento urbano, el manejo de la fauna urbana e incentiven el establecimiento de zonas verdes. Los gobiernos autónomos descentralizados desarrollarán programas de uso racional del agua, y de reducción reciclaje y tratamiento adecuado de desechos sólidos y líquidos. Se incentivará y facilitará el transporte terrestre no motorizado, en especial mediante el establecimiento de ciclo vías.

Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización

En virtud de lo establecido por el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización en su Artículo 54:

Art. 54.- Funciones. - Son funciones del gobierno autónomo descentralizado municipal las siguientes:

- Promover el desarrollo sustentable de su circunscripción territorial, cantonal para garantizar la realización del buen vivir a través de la implementación de políticas públicas cantonales, en el marco de sus competencias constitucionales y legales.
- Regular, prevenir y controlar la contaminación ambiental en el territorio cantonal de manera articulada con las políticas ambientales nacionales

Reglamento al Código Orgánico Ambiental

CAPITULO III

Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos no Peligrosos

SECCION 3a

Generación y Fases de la Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos no Peligrosos

Art. 586.- Fases de la gestión integral. - Las fases de la gestión integral de residuos y desechos sólidos no peligrosos son el conjunto de actividades técnicas y operativas de la gestión integral de residuos y desechos sólidos no peligrosos que incluye:

- a. Separación en la fuente;
- b. Almacenamiento temporal;
- c. Barrido y limpieza;
- d. Recolección;
- e. Transporte;
- f. Acopio y/o transferencia;
- g. Aprovechamiento;
- h. Tratamiento; y,
- i. Disposición final.

Las fases de gestión integral de residuos y desechos sólidos no peligrosos deberán implementarse con base en el modelo de gestión adoptado por los gobiernos autónomos descentralizados municipales y metropolitanos, el cual debe ser aprobado por la Autoridad Ambiental Nacional.

Art. 599.- Aprovechamiento. - La Autoridad Ambiental Nacional definirá en la norma secundaria correspondiente los parámetros mediante los cuales se determinará si los generadores industriales están obligados o no al cumplimiento del aprovechamiento de residuos sólidos no peligrosos para la industria.

En caso de determinarse la obligatoriedad, los generadores industriales deberán establecer e impulsar mecanismos de aprovechamiento de los residuos sólidos no peligrosos generados en su actividad productiva, en el cual constaran los sistemas o procesos mediante los cuales los

residuos recuperados, dadas sus características, serán reincorporados en el ciclo económico y productivo, por medio del reciclaje, reutilización, compostaje, incineración con fines de generación de energía u otras alternativas que conlleve beneficios sanitarios, ambientales y económicos.

- a. Los sistemas o procesos de aprovechamiento deberán considerar los siguientes criterios:
- b. Realizarse en condiciones ambientales, de seguridad industrial y de salud, de tal manera que se minimicen los riesgos;
- c. Deberán ser controlados por parte del prestador del servicio público y de las autoridades nacionales, en sus respectivos ámbitos de competencia;
- d. Sean técnica, financiera, social y ambientalmente sostenibles;
- e. La recuperación y aprovechamiento de los residuos sólidos no peligrosos deberá efectuarse según lo establecido en la normativa aplicable; y,
- f. Promover la competitividad mediante mejores prácticas, nuevas alternativas de negocios y generación de empleos.

Los mecanismos de aprovechamiento formarán parte del plan de manejo ambiental y los generadores industriales obligados deberán reportar las actividades ejecutadas como parte de los informes ambientales de cumplimiento, informes de gestión ambiental o auditorías de cumplimiento, según el caso.

Anexo 8: Límites mínimos de concentraciones de nutrientes y máximos permitidos de metales pesados. Tomado de Ministerio de Agricultura y Ganadería

Tabla 18 *Mínimos declarables de concentración de Nutrientes*

Nutriente	Macronutriente primarios y Secundarios	Macro y micronutrientes	Solo nutrientes
	Mínimo declarable (%)		
Nitrógeno Total	3	3	
Fosforo	3	3	
Potasio	3	3	
Calcio	1.5	1	
Magnesio	1.5	1	
Azufre	1.5	1	
Boro		0.010	0.200
Cobre		0.002	0.200
Hierro		0.020	0.200
Manganeso		0.010	0.100
Molibdeno		0.002	0.020
Zinc		0.020	0.200

Fuente: (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020)

Tabla 19 *Límites máximos permitidos de metales pesados*

Metal Pesado	Límites máximos de concentración (mg kg ⁻¹)
Aluminio	250
Arsénico	40
Cadmio	1.5
Cobalto	200
Cromo hexavalente	2.5
Mercurio	1
Níquel	50
Plomo	120

Fuente: (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020)

Anexo 9: Tolerancias para Fertilizantes o Abonos

Tabla 20: *Garantía mínima y máxima de Tolerancia para Fertilizante o Abonos*

Nutriente Garantizado %	Tolerancia mínima y máxima		
	Nitrógeno total N (+/-)	Fosforo Asimilable P ₂ O ₅ (+/-)	Potasio Soluble K ₂ O (+/-)
4 o menos	0.49	0.67	0.41
6	0.52	0.67	0.47
8	0.55	0.68	0.60
10	0.60	0.70	0.70
12	0.61	0.75	0.79
14	0.63	0.80	0.87
16	0.67	0.85	0.94
18	0.70	0.90	1.01
20	0.73	0.95	1.08
22	0.75	1.00	1.15
24	0.78	1.05	1.21
26	0.81	1.10	1.27
28	0.83	1.15	1.33
30	0.86	1.20	1.39
32 o mas	0.88	1.25	1.44

Fuente: (INEN, 1998)

Tabla 21: *Garantía mínima y máxima de los macronutrientes secundarios de Fertilizantes sólidos.*

Nutrientes	Tolerancia Mínima y Máxima (+/-)
CaO	$0.42 + 0.105 \times G^*$
MgO	$0.50 + 0.125 \times G^*$
S	$0.30 + 0.075 \times G^*$
B	$0.005 + 0.25 \times G^*$
Mo	$0.000125 + 0.375 \times G^*$
Cu, Mn, Fe, Na, Cl	$0.015 + 0.30 \times G^*$

Fuente: (INEN, 1998)