

	<b>GESTIÓN DE RECURSOS Y SERVICIOS BIBLIOTECARIOS</b>		<b>Código</b>	FO-GS-15
			<b>VERSIÓN</b>	02
	<b>ESQUEMA HOJA DE RESUMEN</b>		<b>FECHA</b>	03/04/2017
			<b>PÁGINA</b>	1 de 1
<b>ELABORÓ</b>		<b>REVISÓ</b>		<b>APROBÓ</b>
Jefe División de Biblioteca		Equipo Operativo de Calidad		Líder de Calidad

## RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES):

NOMBRE(S): KATERINE APELLIDOS: GALLARDO PEÑARANDA

NOMBRE(S): PEDRO APELLIDOS: PEÑARANDA LÁZARO

FACULTAD: CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA AGRONÓMICA

DIRECTOR:

NOMBRE(S): MARIBEL APELLIDOS: GOMEZ PEÑARANDA

CO-DIRECTOR:

NOMBRE(S): \_\_\_\_\_ APELLIDOS: \_\_\_\_\_

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE COMPOSTAJE AUTÓNOMO PARA PRODUCCIÓN DE ABONO ORGÁNICO CON RESIDUOS SÓLIDOS DE LA CIUDAD DE CÚCUTA

### RESUMEN

Este proyecto se basó en la evaluación de un sistema de compostaje autónomo para producción de abono orgánico con residuos sólidos de la ciudad de Cúcuta. Para ello, se implementó una investigación de tipo cuantitativa y la información se obtuvo mediante un software estadístico. La población y muestra estuvo conformada por nueve (9) pilas de compostaje, tres tratamientos con tres repeticiones, para un total de 6.738 kg de residuos Orgánicos (4,331 kg frutas y verduras y 2,407 residuos de poda) kg producido por grandes generadores en la ciudad de San José de Cúcuta. Se logró diseñar el montaje de tres sistemas de compostaje, sistema autónomo con aireación forzada, sistema abierto con aireación y sistema tradicional. Posteriormente, se diagnosticó el comportamiento de los sistemas de compostaje. Finalmente, se analizaron las características fisicoquímicas, orgánicas y microbiológicas.

PALABRAS CLAVE: sistema de compostaje, abono orgánico, residuos orgánicos.

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 133 PLANOS:      ILUSTRACIONES:      CD ROOM: 1

\*\*Copia No Controlada\*\*

EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE COMPOSTAJE AUTÓNOMO PARA PRODUCCIÓN  
DE ABONO ORGÁNICO CON RESIDUOS SÓLIDOS DE LA CIUDAD DE CÚCUTA.

KATERINE GALLARDO PEÑARANDA

PEDRO PEÑARANDA LÁZARO

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE  
PLAN DE ESTUDIO DE INGENIERÍA AGRONÓMICA  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2022

EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE COMPOSTAJE AUTÓNOMO PARA PRODUCCIÓN  
DE ABONO ORGÁNICO CON RESIDUOS SÓLIDOS DE LA CIUDAD DE CÚCUTA.

KATERINE GALLARDO PEÑARANDA

PEDRO PEÑARANDA LÁZARO

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

Ingeniero Agrónomo

Director:

MARIBEL GOMEZ PEÑARANDA

Ingeniera de Producción Agroindustrial

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA AGRONÓMICA  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2022

**ACTA DE SUSTENTACIÓN TRABAJO DE GRADO**

**FECHA:** jueves 22 de septiembre de 2022

**HORA:** 4:00 pm

**LUGAR:** Sala de Juntas de la Facultad de Ciencias Agrarias y del

**PLAN DE ESTUDIOS:** INGENIERÍA AGRONÓMICA

**TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADO:** “EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE COMPOSTAJE AUTÓNOMO PARA PRODUCCIÓN DE ABONO ORGÁNICO CON RESIDUOS SÓLIDOS DE LA CIUDAD DE CÚCUTA”.

**Modalidad:** INVESTIGACIÓN

**JURADOS:** EDGAR ALFONSO RODRÍGUEZ ARAÚJO  
PABLO EMILIO SANTOS CORREA  
JESÚS ARTURO RAMÍREZ SULVARÁN

**DIRECTORA:** MARIBEL GÓMEZ PEÑARANDA

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE**

KATERINE GALLARDO PEÑARANDA  
PEDRO PEÑARANDA LÁZARO

**CÓDIGO:** 1620684

**CÓDIGO:** 1620688

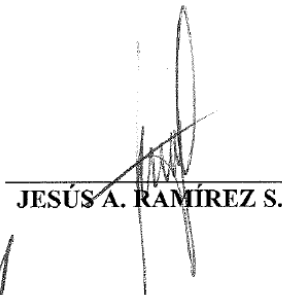
**CALIFICACIÓN:** 4,4 (Cuatro coma cuatro)

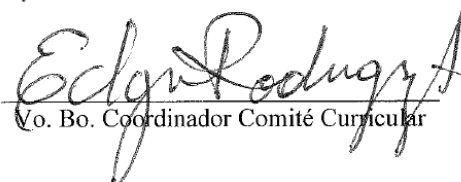
**OBSERVACIONES:** APROBADO

**FIRMA DE LOS JURADOS:**

  
EDGAR A. RODRÍGUEZ A.

  
PABLO E. SANTOS C.

  
JESÚS A. RAMÍREZ S.

  
Vo. Bo. Coordinador Comité Curricular

## Contenido

	<b>pág.</b>
Introducción	15
1. Problema	17
1.1 Titulo	17
1.2 Planteamiento del Problema	17
1.3 Formulación del Problema	19
1.4 Objetivos	19
1.4.1 Objetivos generales	19
1.4.2 Objetivo específico	19
1.5 Justificación	20
1.6 Alcance y Limitaciones	21
1.6.1 Alcance	21
1.6.2 Limitaciones	21
2. Marco Referencial	22
2.1 Antecedentes	22
2.1.1 Antecedente internacional	22
2.1.2 Antecedente nacional	28
2.2 Marco Teórico	31
2.2.1 Abono	31
2.2.2 Compostaje	32
2.2.2.1 ¿Qué es el compostaje?	32
2.2.2.2 Ventajas y desventajas del compostaje	32
2.2.2.3 Organismos asociados al compostaje	34

2.2.2.4 Factores a tener en cuenta para un buen compostaje	35
2.2.2.5 Los sistemas del compostaje	40
2.3 Marco Conceptual	49
2.3.1 Abono	49
2.3.2 Aprovechamiento de residuos	49
2.3.3 Compost o abono orgánico	49
2.3.4 Compostaje	49
2.3.5 Contaminación	49
2.3.6 Degradable	49
2.3.7 Fermentación	49
2.3.8 Planta de compostaje	50
2.3.9 Lixiviado	50
2.3.10 Residuos hortofrutícolas	50
2.3.11 Residuos de poda	50
2.4 Marco Contextual	50
2.5 Marco Legal	51
3. Diseño Metodológico	54
3.1 Tipo de Investigación	54
3.2 Universo y Muestra	54
3.2.1 Universo	54
3.2.2 Muestra	54
3.3 Variables	55
3.3.1 Variable dependiente	55
3.3.2 Variable independiente	55

3.4 Fases de la Investigación	55
3.4.1 Fase I. Diseño y construcción de una planta piloto de compostaje	55
3.4.2 Fase II. Obtención y acondicionamiento de la materia prima	57
3.4.3 Fase III: Montaje de los tres sistemas	58
3.5 Instrumento para la Recolección de Muestras y Monitoreo	61
3.5.1 Toma de muestra para análisis	63
3.5.2 Temperatura	63
3.5.3 Potencial de hidrogeno (pH)	64
3.5.4 Humedad	65
3.5.5 Altura	66
3.6 Actividades Complementarias en el Proceso	67
3.6.1 Volteo	67
3.6.2 Aireación	67
3.6.2.1 Bioensayo de fototoxicidad	67
3.6.3 Tamizaje	68
3.6.4 Empacado	68
3.7 Técnica de Análisis y Procesamiento de Datos	69
3.8 Presentación de Resultados	69
4. Resultados	70
4.1 Montaje del Sistema de Compostaje	70
4.1.1 Ubicación	70
4.1.2 Diseño y distribución de los sistemas de compostaje	70
4.1.3 Sistema autónomo cerrado	71
4.1.4 Sistema abierto con aireación	72

4.1.5 Sistema tradicional	72
4.1.6 Obtención y Acondicionamiento del material	73
4.1.7 Montaje de los tres sistemas de compostaje	75
4.1.8 Características fisicoquímicas y microbiológicas iniciales de los residuos Orgánicos	77
4.1.9 Potencial de hidrogeno (pH) de análisis de laboratorio de residuos orgánicos al momento del montaje	79
4.1.10 Análisis microbiológico	79
4.2 Evaluación del Comportamiento del Sistemas de Compostaje	81
4.2.1 Temperatura	81
4.2.2 Potencial de hidrogeno (pH).	82
4.2.3 Humedad	83
4.2.4 Altura	84
4.2.5 Análisis en software Infosta	86
4.2.6 Potencial de hidrogeno (pH)	87
4.2.7 Olor	89
4.2.8 Tiempo	90
4.2.9 Rendimiento	90
4.2.10 Densidad real	91
4.3 Características Fisicoquímicas y Microbiológicas del Abono	92
4.3.1 Características fisicoquímicas	92
4.3.2 Características microbiológicas	93
4.3.3 Resultados de fototoxicidad	94
4.4 Discusión de Resultados	95



5. Conclusiones	97
6. Recomendaciones	99
Referencias Bibliográficas	100
Anexos	106

## Lista de Figuras

	<b>pág.</b>
Figura 1. Proceso de compostaje	34
Figura 2. Etapas mesófilas, termófila, enfriamiento, madurez	40
Figura 3. Caracterización de Residuos Sólidos (R.S.)	44
Figura 4. Mapa de Cúcuta y ubicación de la planta	51
Figura 5. Diseño experimental para obtener compost	55
Figura 6. Diseño planta de compostaje.	56
Figura 7. Residuos hortofrutícolas	58
Figura 8. Residuos de poda	58
Figura 9. Canecas de medición para hallar volumen	59
Figura 10. Pesaje de materia prima. (a): residuos de poda, (b): residuos orgánicos	59
Figura 11. Maquina picadora y picado de material	60
Figura 12. Acondicionamiento de cama para evitar tapar lo orificios de aireación	60
Figura 13. Montaje de los sistemas cerrado y abierto	61
Figura 14. Bitácora de montaje de los sistemas	62
Figura 15. Bitácora de control sistema cerrado con aireación forzada	62
Figura 16. Bitácora de control abierto con aireación forzada	62
Figura 17. Bitácora de control de sistema tradicional	63
Figura 18. Toma de muestra para laboratorio	63
Figura 19. Toma de temperatura en fase mesófila y fase termófila	64
Figura 20. Medición de pH	64
Figura 21. Análisis de humedad (muestra húmeda, muestra seca, pesado de muestra)	66
Figura 22. Toma de altura	66

Figura 23. Prueba de fitotoxicidad; (A), tamizado, (B), filtrado, (C), incorporación de semillas en solución, (D), semillas con agua destiladas	68
Figura 24. Tamizado	68
Figura 25. Planta de compostaje	70
Figura 26. Distribución en planta de compostaje	71
Figura 27. Diseño de cama de compostaje del sistema autónomo	73
Figura 28. Diseño y distribución de la aireación para los dos sistemas de aireación forzada y los módulos del sistema autónomo	73
Figura 29. Caracterización de residuos sólidos generados en Cenabastos	74
Figura 30. Montaje de los tres sistemas de compostajes	77
Figura 31. Comportamiento de temperatura durante el proceso de compostaje	82
Figura 32. Comportamiento del pH durante el proceso	83
Figura 33. Comportamiento de humedad en los sistemas	84
Figura 34. Comportamiento de altura en los sistemas	85
Figura 35. Resultado de temperatura	86
Figura 36. Resultados de PH	87
Figura 37. Resultados de humedad	88
Figura 38. Resultados de altura	89
Figura 39. Comparación del sistema autónomo con la norma NTC 5167	94

## Lista de Tablas

	<b>pág.</b>
Tabla 1. Relación carbono nitrógeno	37
Tabla 2. Relación carbono nitrógeno de algunos materiales	37
Tabla 3. Pesos de los residuos	76
Tabla 4. Densidad	77
Tabla 5. Análisis fisicoquímico de los residuos orgánicos Cenabastos	78
Tabla 6. Análisis fisicoquímicos de residuos de poda	79
Tabla 7. Análisis fisicoquímico de mezcla de materiales	79
Tabla 8. Análisis microbiológico de residuos orgánicos	80
Tabla 9. Análisis microbiológico de residuos de poda	80
Tabla 10. Análisis microbiológico de mezcla de materiales	81
Tabla 11. Tiempo de compostaje	90
Tabla 12. Rendimiento	91
Tabla 13. Densidad real	92
Tabla 14. Resultados análisis fisicoquímicos y microbiológicos abono terminado	93
Tabla 15. Fitotoxicidad	95

## Lista de Anexos

	<b>pág.</b>
Anexo 1. Análisis microbiológico de residuos orgánicos	107
Anexo 2. Análisis fisicoquímico de residuos orgánicos	108
Anexo 3. Análisis fisicoquímico y microbiológico de residuos de poda	109
Anexo 4. Análisis fisicoquímico y microbiológico del sistema autónomo	110
Anexo 5. Análisis del cadmio en el sistema autónomo	111
Anexo 6. Análisis fisicoquímico y microbiológico del sistema abierto con aireación	112
Anexo 7. Análisis del cadmio en el sistema abierto con aireación	113
Anexo 8. Análisis fisicoquímico y microbiológico del sistema tradicional	114
Anexo 9. Análisis del cadmio en el sistema tradicional	115
Anexo 10. Monitoreo de parámetros durante el proceso de compostaje	116

## Resumen

Este proyecto se basó en la evaluación de un sistema de compostaje autónomo para producción de abono orgánico con residuos sólidos de la ciudad de Cúcuta. Para ello, se implementó una investigación de tipo cuantitativa, con análisis estadísticos, ya que se realizó un diseño experimental completamente al azar, determinando cuál fue el sistema más favorable. La información se obtuvo mediante un software estadístico, tales como el sistema infostat, Excel, Word, graficas, imágenes, tablas comparativas y bitácoras. La población y muestra estuvo conformada por nueve (9) pilas de compostaje, tres tratamientos con tres repeticiones, para un total de 6.738 kg de residuos Orgánicos (4,331 kg frutas y verduras y 2,407 residuos de poda) kg producido por grandes generadores en la ciudad de San José de Cúcuta. Se logró evaluar un sistema de compostaje autónomo a partir de residuos orgánicos producido en la ciudad de Cúcuta. Seguidamente, se diseñó el montaje de tres sistemas de compostaje, sistema autónomo con aireación forzada, sistema abierto con aireación y sistema tradicional. Posteriormente, se diagnosticó el comportamiento de los sistemas de compostaje en cuanto a rendimiento, tiempo, pH, humedad y temperatura. Finalmente, se analizaron las características fisicoquímicas (pH, temperatura, humedad, relación c/n, fosforo y potasio, carbono oxidable total y materia orgánica) microbiológicas (Mesófilo, termófilo, *Salmonella* y *Echerichia coli*) y fitotoxicidad del compost obtenido en cada sistema.

## Introducción

El impacto negativo de los residuos sólidos en el medio ambiente está relacionado cada vez más, a su disposición inadecuada, por el crecimiento de la población, por la transformación industrializada y el consumo de los individuos. Actualmente se ha intentado encontrar una solución a este problema mediante la ejecución de la gestión integral de los residuos sólidos (GIRS), que está compuesto por una integridad de proceso que va desde la separación de la fuente (orgánica, reciclaje y no aprovechable), hasta la transformación de aquellos que permite su proceso o la disposición final de aquellos de los que no se pueden reciclar (Romero, 2018).

La separación de los residuos permite identificar qué porcentaje de estos residuos sólidos son útiles para realizar una respectiva transformación donde existen varios procesos como lo es el compostaje, que consiste en la degradación de los residuos orgánicos, a través de mecanismos biológicos en presencia de oxígeno. Donde se tienen en cuentas parámetros importantes como son, temperatura, pH, humedad, y aireación, generando unas condiciones ideales para que los microorganismos trabajen a favor, ya que estos van generando calor con el tiempo y originando unas fases importantes en el proceso de compostaje, que ayuden a descomponer el N/C que contiene estos residuos (Román, Martínez & Pantoja, 2013).

Isaza, Perez & Laines (2009), declaran que existe una amplia variedad de métodos para degradar la materia orgánica, entre los que se tiene la técnica tradicional de volteo manual (VM) y la de aireación forzada (AF), siendo este último un método autónomo al momento de la transformación, actualmente, el método autónomo permite disminuir el tiempo del proceso de degradación, controlando mejor la temperatura del sistema, además de reducir la mano de obra y los costos que ésta implica.

En busca de las alternativas para la implementación de sistemas de compostaje que faciliten el proceso de descomposición de material hortofrutícola y material de poda generados en la ciudad de San José de Cúcuta, se implementó dos tipos de sistemas con aireación forzada y el sistema tradicional que es utilizado generalmente. Los sistemas con aireación forzada fueron el sistema autónomo el cual es un sistema cerrado, un sistema novedoso el cual se fabricaron con paneles ecológicas, elaborados con más de 460 kilos de plástico reciclado de la ciudad de Cúcuta, único sistema de compostaje que unió dos grandes generadores de residuos en un mismo sistema. A su vez se implementó un sistema abierto con aireación forzada con la diferencia que estuvo en forma piramidal al igual que el sistema tradicional.

En este sentido en esta investigación se evaluó un sistema de compostaje eficaz para la producción de abono orgánico con los residuos sólidos orgánicos de la ciudad de Cúcuta proyecto que apoya el convenio interadministrativo según contrato 3093 el cual consiste en “Implementación de un plan de propagación de especies nativas y un plan de capacitación y educación ambiental para el programa de silvicultura urbana del municipio de Cúcuta”, celebrado entre la alcaldía de San José de Cúcuta y la Universidad Francisco de Paula Santander.



## **1. Problema**

### **1.1 Título**

EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE COMPOSTAJE AUTÓNOMO PARA PRODUCCIÓN DE ABONO ORGÁNICO CON RESIDUOS SÓLIDOS DE LA CIUDAD DE CÚCUTA.

### **1.2 Planteamiento del Problema**

Dentro de la amplia gama de temas de problemáticas ambientales que se viven a nivel mundial, nacional y regional, se encuentra los residuos sólidos, debido a los altos volúmenes que se generan asociados al crecimiento poblacional.

Según la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), declaran que América Latina produce alrededor de 436,000 toneladas de residuos sólidos urbanos diariamente y que el 50 % de estos no tienen una disposición final adecuada (Turpo, 2018).

En Colombia se generan 27.500 toneladas/día de residuos sólidos, de los cuales el 65% son residuos sólidos orgánicos. (Dia13), según el Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y desarrollo territorial las ciudades mayores generadoras son Medellín, Bogotá, Cali y Barranquilla.

Cúcuta cuenta con una producción de residuos de 20985,21 kg/ día por la totalidad de habitantes que son 749.197 del área metropolitana sin contar el área del municipio de los Patios, Villa del Rosario y el Zulia, donde la producción por persona es de 0.93kg/habitante día (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2021).

De estos residuos sólidos que se generan en la ciudad, se estima que cerca del 55% son residuos sólidos orgánicos biodegradables, que no son aprovechados a nivel municipal y todos paran en el relleno sanitario el Guayabal, una de las formas posibles que existen es el compostaje que consiste en la degradación del material de forma aerobia, obteniendo de esta forma un sustrato tipo compost con contenidos de nutrientes que pueden ser aprovechados por las plantas.

Los residuos orgánicos se pueden transformar, dando lugar a un ciclo donde su punto de partida empieza por los residuos producidos en casa, supermercados, Cenabastos, etc.; por medio de esta transformación se obtiene un compost que aporta importantes nutrientes al suelo y permite su absorción y permeabilidad (Moreno & Vela, 2020).

En el compostaje existe diferentes técnicas que permite verificar su eficacia y rapidez para la degradación del material orgánico, entre ellos se encuentra el sistema tradicional que consiste en la agrupación de los residuos sólidos en forma de pila con técnicas de volteos periódicamente para asegurar la aireación y mantener la temperatura llevando un proceso lento a comparación con el autónomo que permite disminuir el tiempo de proceso de la degradación, controlando la temperatura del sistema a través de paneles reforzados doble pared de polietileno espesor de 4 mm perfilaría y soporte anclados al suelo, tubería de aireación instaladas en el suelo para garantizar la aireación de sistema.

La velocidad de degradación dependerá de las condiciones y factores importante que debemos ofrecerles a los microorganismos tales como la temperatura, pH, humedad, aireación y relación carbono/nitrógeno, ya que la estructura de la comunidad microbiana cambia, para que se produzca el compost.

Teniendo en cuenta lo anterior y la problemática que se vive día a día con respecto a los residuos sólidos, la presente investigación se evaluó un sistema autónomo para producción de abono orgánico con residuos sólidos de la ciudad de san José de Cúcuta comparado con un sistema tradicional, donde permitió tener datos y resultados que se puedan escalar a un futuro cercano a una planta a mayor en la ciudad de Cúcuta.

### **1.3 Formulación del Problema**

¿Cuál será en efecto en la calidad del abono orgánico de un sistema de compostaje autónomo comparado con un sistema abierto con aireación y tradicional para el manejo de residuos sólidos de la ciudad de san José de Cúcuta?

### **1.4 Objetivos**

**1.4.1 Objetivos generales.** Evaluar un sistema de compostaje autónomo a partir de residuos orgánicos producido en la ciudad de Cúcuta.

**1.4.2 Objetivo específico.** Diseñar el montaje de tres sistemas de compostaje, sistema autónomo con aireación forzada, sistema abierto con aireación y sistema tradicional.

Evaluar el comportamiento de los sistemas de compostaje en cuanto a rendimiento, tiempo, pH, humedad y temperatura.

Analizar las características fisicoquímicas (pH, temperatura, humedad, relación c/n, fosforo y potasio, carbono oxidable total y materia orgánica) microbiológicas (Mesófilo, termófilo, *Salmonella* y *Echerichia coli*) y fitotoxicidad del compost obtenido en cada sistema.

## 1.5 Justificación

La proporción de residuos orgánicos con los residuos sólidos domiciliarios alcanza el 55% de la producción per cápita (PPC). El relleno descontrolado de estos residuos en los rellenos sanitarios provoca la pérdida de nutrientes y la contaminación ambiental. Debido a las propiedades fisicoquímicas de los residuos sólidos orgánicos domiciliarios y su proceso de descomposición que corresponde a la producción de gases y lixiviados con una carga de contaminación muy alta, lo que requiere sistemas de tratamiento costosos y complejos, que faciliten la eliminación de contaminantes que cumplan con la normatividad, con el objetivo de reducir la contaminación en los recursos agua, aire y suelo (Henao & Márquez, 2008).

Desde hace mucho y en la actualidad el tema de la contaminación se vive cada día a día, y Cúcuta no es exento de esta problemática donde la producción per capital es de 0.93 kg/habitante/día para un total de 20985,21 kg/día por la totalidad de habitantes de la ciudad que son 749.197 de área metropolitana sin contar con los municipios aledaños de la ciudad; los desperdicios que se generan en diferentes lugares como (supermercados, hospitales, industrias agroindustriales y hogares familiares) son elevada y su disposición en varias zonas es inadecuada.

De estos desperdicios un gran porcentaje corresponde a residuos orgánicos que pueden ser utilizados para su debida transformación, produciendo compost que es un sustrato que aporta muchos beneficios como son los nutrientes esenciales para las plantas frenando de esta forma la aplicación de agroquímicos, además es económicamente viable y ayuda a los agricultores a tener un buen manejo en cuanto la productividad de los suelos y el cuidado de estos.

La búsqueda de opciones sustentables para un manejo integrar de estos residuos es de suma importancia, dentro de las técnicas de transformación está el compostaje, donde la degradación

depende en gran medida de las condiciones fisicoquímicos como la temperatura, pH, humedad y la aireación, de estos factores depende, que la comunidad microbiana trabaje en el proceso de degradación dentro de la compostera, existiendo de esta forma diferentes procesos de descomposición como por ejemplo el sistema tradicional que es a través de volteo manual, el sistema autónomo un sistema con aireación forzada con paneles reforzados, los cuales se conserva la temperatura y se disminuye los volteos, disminuyendo la mano de obra y tiempo a la hora de descomposición, y por último el sistema abierto con aireación.

En este sentido en la presente investigación se diseñó y evaluó un sistema autónomo de compostaje, que permitió determinar la calidad final del abono obtenido, así como los rendimientos en tiempos, consumos de energía, agua y mano de obra, con datos confiables para la toma de decisiones en un futuro para la alcaldía de San José de Cúcuta. De la misma manera este proyecto apoyó el convenio interadministrativo según contrato 3093 el cual consistió en “Implementación de un plan de propagación de especies nativas y un plan de capacitación y educación ambiental para el programa de silvicultura urbana del municipio de Cúcuta”, celebrado entre la alcaldía de San José de Cúcuta y la Universidad Francisco de paula Santander.

## **1.6 Alcance y Limitaciones**

**1.6.1 Alcance.** El presente trabajo de investigación permitió establecer los efectos en un proceso de compostaje realizado dentro de un sistema autónomo usando residuos orgánicos de central de abastos de la ciudad de Cúcuta.

**1.6.2 Limitaciones.** Disponibilidad de los residuos sólidos en el tiempo requeridos, demoras en el desembolso de los recursos para la construcción del sistema por parte de la alcaldía de Cúcuta, Falta de estudios de investigación previos sobre los sistemas autónomos de compostaje.

## 2. Marco Referencial

### 2.1 Antecedentes

**2.1.1 Antecedente internacional.** Quinchoker & Huerta (2021). “Determinación de la calidad del compostaje producido por ventilación forzada y por pilas (cielo abierto) a partir de los residuos orgánicos del comedor universitario de la Universidad Peruana Unión”. El objetivo de este estudio es determinar la calidad del compost a través de dos sistemas de compostaje, un sistema de aireación forzada y un sistema de pilas (cielo abierto), con residuos orgánicos del comedor de la Universidad del Perú, donde los dos sistemas son similares en cuanto relación de residuos y mezcla.

Para evaluar la calidad del compost, se analizaron parámetros de temperatura, pH, humedad, conductividad eléctrica y contenido de nutrientes. La base para establecer la calidad de la composta resultante es la norma técnica mexicana MMX-AA-180-SCFI-2018 y el manual de compostaje. Se concluyó que el sistema que arroja los mejores resultados de calidad es el sistema de aireación forzada guiao según el manual de compostaje.

Además al determinar los parámetros químicos del compost en su etapa de maduración, se obtiene como resultado que el sistema de pilas (cielo abierto) presenta un porcentaje de Nitrógeno: 1,46%; potasio 3.15% ; fósforo 0,47% materia orgánica 6,3% y para el sistema de aireación forzada fueron: Nitrógeno=2.17%, Potasio=1.47%, Fósforo=2.38% y materia orgánica=16%.

Osorio (2011). “Biodegradación de residuos de frutas y vegetales provenientes de supermercado usando la técnica de aireación forzada”. El objetivo de este trabajo fue evaluar la

dinámica de descomposición de tres tratamientos con diferente volumen de frutas y hortalizas, mediante ventilación forzada, los materiales utilizados fueron residuos de frutas y hortalizas, madera de pino y estiércol de ganado. La ventilación forzada se realiza en el interior de los contenedores que consta de un sistema de conductos en el fondo con orificios de 2 a 5 mm separados 5 cm, para permitir la entrada del aire apropiada al sistema.

Durante los 4 meses que duro el experimento, se bombeo aire al sistema tres veces al día con 10 minutos de diferencia, dejando un intervalo de 8 horas entre ellas. Para evaluar la dinámica de descomposición se tomaron en cuenta parámetros importante como son la temperatura, humedad, pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, carbono orgánico, nitrógeno total y fosforo total.

Como resultado de los criterios a evaluados se pudo concluir que las temperaturas del tratamiento en la fase termófila en los primeros 20 días oscilaron entre 65 y 75 C°, lo cual es típico para esta fase. Cuando la temperatura es de 60C° desde el inicio del proceso, se obtiene una rápida descomposición de los residuos orgánicos. Temperaturas mayores a 60 C° permite la destrucción microorganismos, como agentes patógenos y la germinación de ciertas semillas que pueden afectar al momento de usar el compost como enmienda.

El aumento de fosforo en el recipiente se debe a la suficiente descomposición de las sustancias por parte de los microorganismos ya que se les ofrece las condiciones en cuando aireación para que los microorganismos trabajen en el proceso. La velocidad de descomposición de los residuos de frutas y verduras mezclada con astillas de madera está influenciados por el tipo y la cantidad de lignina presente en la mezcla por lo que es afectado.

Cumpa (2021). “Propuesta de diseño de una planta de compostaje para disminuir el impacto ambiental en el distrito de Chiclayo”. Esta investigación es el diseño de una planta de tratamiento

de residuos orgánicos para producir compost y reducir el impacto ambiental generado en la región Chiclayo. En el año 2020 se espera una generación de residuos sólidos urbanos de 167,25 toneladas por día, y se determinó que el 63,24 % de los desechos orgánicos y el 15 % son inorgánicos valorizables o reciclables. De acuerdo a la escala de importancia del impacto ambiental, se determinó que se produce impactos severos en la calidad del suelo durante las etapas de disposición final y almacenamiento temporal. La planta de compostaje fue diseñada con un sistema de aireación forzada en presencia de centrífugas que requieren un caudal 478,4 m<sup>3</sup>/h, para alimentar de oxígeno 12,7 toneladas de oxigenación de aire para una pila semicircular. El proceso incluye los pasos de recibir, pesar, tamizar, mezclar, apilar, inocular, empacar y almacenar. La ubicación más adecuada de la planta sería la carretera Chiclayo a San José, con un área de 18250,51 m<sup>2</sup>. Finalmente, para el desarrollo del proyecto se necesitó una inversión total S/18 047 420,09, con la que se obtiene un VAN de S/18 411 978,19. Concluyendo como viable su desarrollo mediante al análisis económico financiero, con una recuperación en 1 año y 9 meses.

Además, el diseño de la planta de compostaje con aireación forzada, permite el uso de 116.23 toneladas de residuos orgánicos al día y la producción de abono orgánico es de 25 453,7 toneladas anuales para el 2030. Esto reducirá por completo los impactos ambientales severos e impactos moderados 25%, además de reducir el impacto en la calidad del suelo.

Orozco (2016). “Diseño y Automatización de un Sistema de Aireación Forzada para el Co-compostaje de residuos hortícolas en la comunidad de Gatazo cantón Colta”. El objetivo de esta investigación fue diseñar y automatizar de un sistema de aireación forzada para el co-compostaje de residuos hortícolas de la parroquia Gatazo de la provincia de Chimborazo, determinar tipos de materiales utilizados y presupuesto requerido para su construcción. Para estudiar los fenómenos



que rigen el proceso de compostaje, la investigación se basó en aportes bibliográficas y comparaciones obtenidas de investigaciones acerca del compostaje y sus diferentes configuraciones. Se determinaron variables importantes de proceso como la temperatura, humedad y concentración de oxígeno. Esta limitación permitió realizar cálculos para el dimensionamiento y construcción del equipo. Los cálculos de ingeniería establecen la cantidad de aire requerida para remover el exceso de humedad de la mezcla de materiales, así como la distribución adecuada del aire a través de la pila de compost. Los resultados muestran que el equipo está compuesto, por materiales como un ventilador centrífugo para la inyección de aire de 0.75 Hp de potencia, un sistema de tuberías de distribución del aire de PVC perforadas a lo largo de su sección longitudinal, para manejar al alrededor 2000 kg de residuos. El instrumento integrado brinda un control de las variables del proceso a través de una estructura de control automático que permite programación de etapas de operación, y además realiza un ajuste de la temperatura cuando esta excede un valor máximo mediante ventilación. El presupuesto para la construcción del equipo fue de 1200 dólares aproximadamente. El sistema de aireación forzada cumplió con los objetivos deseados, por tanto, se concluye que el equipo diseñado es adecuado para el desarrollo del proceso de compostaje, logrando control de las variables, disminución de costos de operación y tiempo de residencia. Se recomienda definir las cantidades de residuos, así como realizar un pretratamiento a los residuos hortícolas a tratar.

Se ha comprobado que las variables importantes en el proceso de compostaje son la temperatura, Humedad y concentración de oxígeno. Durante la fase termófila, la temperatura máxima es de 35°C y durante la fase activa del proceso la temperatura se debe mantener en 65 C°. La humedad óptima para la descomposición es del 60% y La concentración de oxígeno apropiada está en el rango de 5-15%.

Isaza et al. (2009). “Comparación de dos técnicas de aireación en la degradación de la materia orgánica”. El objetivo de este trabajo fue comparar dos métodos de aireación para la degradación de materiales, incluidos los desechos de jardín y cascara de cítricos. Una técnica es una pila estática con aireación forzada (dos veces aireación por día) y la otra es una pila por el método tradicional (dos veces por semana) cada pila contiene 1500 kg de residuos de jardín y 220 kg de cascara de cítricos triturados.

Para análisis de parámetros como temperatura, Humedad, pH, Conductividad Eléctrica, Materia Orgánica, Carbono Orgánico, Nitrógeno Total y Fósforo se tuvo en cuenta la norma NOM-021-RECNAT-2000. Los resultados mostraron que el comportamiento de la temperatura al final del proceso fue similar en ambos tratamientos (36 °C). La Humedad, Conductividad eléctrica, pH, Materia orgánica, Carbono orgánico, Nitrógeno, relación C/N y Fósforo finales en el tratamiento de aireación forzada fue de 57.22 %, 1.73 dS m<sup>-1</sup>, 7.95, 39,27 %, 21.82 %, 1.21 %, 18.70, y 277 mg kg<sup>-1</sup> respectivamente y de 64.74 %, 1.0 dS m<sup>-1</sup>, 8.23, 42.80 %, 23.78 %, 1.46 %, 16.51 y 217 mg kg<sup>-1</sup> para el volteo manual respectivamente. Los resultados en cuanto a la relación C/N indican que el comportamiento, en los dos métodos evaluados son similares.

Ballesteros, Hernández, De la Rosa, Mañón & Carreño (2018). “Crecimiento microbiano en las pilas de compostaje de residuos orgánicos y biosólidos después de la aireación”. El presente trabajo se realizó con el objetivo de estudiar el efecto de la aireación sobre el crecimiento de bacterias y actinomicetos en pilas de compostaje de 250 kg. La pila denominada P1 está elaborada con arcilla (30%), lama (5%), biosólido (32,5%) de PTAR y (32,5%) FORSU y, la P2 está preparada con arcilla (30%), lama (5%) y biosólido (65%).

Por lo tanto, para P1 y P2 respectivamente. La temperatura alcanzada en la P1 puede atribuirse la FORSU, donde los residuos fácilmente degradables favorecieron la actividad de la población de microorganismos. Las temperaturas ambientales registradas oscilaron entre 10 y 20°C, debido a que el montado de las pilas fue a finales del otoño y el periodo de compostaje trascurrió durante parte del invierno, época que es la más fría en el Valle de Toluca. Se dio por terminado el proceso de compostaje a los 28 días, cuando la temperatura de ambas pilas fue menor a 20°C. ocasionando que la cantidad de microorganismos presentes en la P1 fue mayor a los de la P2, debido a la mayor aportación de éstos por la FORSU utilizada en la P1, así como de compuestos fácilmente biodegradables.

Mansilla (2012). “Determinación de la concentración de nutrientes N, P, K en los Residuos Sólidos Orgánicos selectivos provenientes del mercado Ayaymaman, mediante la técnica del Compostaje”. El Proyecto de investigación, Determinación de la concentración de nutrientes N, P, K en los residuos sólidos orgánicos selectivos provenientes del mercado Ayaymaman, mediante la técnica del compostaje, tiene como objetivos específicos: Realizar la clasificación por Sectores de Generación de los Residuos Sólidos Orgánicos, en el Mercado Ayaymaman de la Ciudad de Moyobamba; construir Composteras para el procesamiento de los Residuos Sólidos Orgánicos; determinar las concentraciones de N, P, K, pH, Conductividad eléctrica y materia orgánica que contiene el compost. El enunciado del problema fue: ¿Cuál es la concentración de nutrientes en los residuos sólidos orgánicos selectivos, provenientes del mercado Ayaymaman? Las variables fueron: variable Independiente, Xi: Sectores de estudio. Y variable dependiente, Yi: concentración de nutrientes N, P, K, C.E., pH y materia orgánica. La hipótesis a demostrar, Si, elaboramos compost de los Residuos Sólidos Orgánicos selectivos, provenientes del mercado Ayaymaman, entonces, la concentración de nutrientes N, P, K son significativos.

El análisis de varianza y prueba de Duncan de la materia orgánica del contenido de Nitrógeno, Fósforo y Potasio, no presentaron significancia ni diferencia estadística entre los promedios porcentuales; sin embargo, los valores de pH de los sectores comida, testigo, frutas verduras y jugos, fueron, 10.788, 10.590, 9.952 y 8.904 respectivamente, el testigo alcanzó una conductividad eléctrica mayor, con 16.376 unid., y con similitud estadística de 11.872 unid., pero el sector jugos fue de 7.098 unidades.

El análisis de las concentraciones de Materia orgánica, N, P, K, C.E. y pH del compost bien formado, proveniente de los sectores de generación de residuos sólidos orgánicos, se realizó en el Laboratorio de suelos, aguas y foliares de la Universidad Nacional de San Martín- Tarapoto. En las cuales, la materia orgánica del sector comidas fue de 37.80 %, del sector fruta- verdura fue 25.80, del sector jugos 39.60, del testigo 19.60; el Nitrógeno del sector comidas fue 1.89%, del sector frutas-verduras fue 1,29 %, del sector jugos 1,98% y el testigo fue 0.98 %. El fósforo en el sector comidas fue 0,02 %, del sector frutas-verduras 0.01%, del sector jugos 0.02 % y el testigo 0.01%. El Potasio del sector comidas fue 0.07 %, del sector frutas-verduras fue 0.07 %, del sector jugos fue 0.08 %, el testigo fue de 0.08 %. La conductividad eléctrica (C.E.) del sector comidas fue 19.0, del sector frutas-verduras fue 12.43, del sector jugos fue 11.00 y del testigo 15.45 respectivamente.

**2.1.2 Antecedente nacional.** Reátegui, Zenteno & Hernández (2006). “Evaluación del sistema de producción de EM-Compost utilizando aireación forzada y residuos de banano”. La compañía Agro-comercial de la Universidad EARTH evaluó el sistema de producción de EM-compost utilizando residuos de plátano con aire forzado y determinado que el sistema es favorable. Tomando como base estos resultados, surge la investigación para optimizar el sistema de producción; con los tiempos de aireación, inoculación y agregados adecuados. Se trabajó en

cuatro tratamientos a diferentes tiempos de aireación en dos periodos de la investigativas con diferentes fórmulas; aserrín y astillas de madera. Finalmente se determinó que el sistema de producción de EM-compost con aire forzado es técnicamente factible y económicamente rentable. El tratamiento que obtuvo los mejores resultados fue el que contenía astillas de madera como agregado con aireación cada 6 días e inoculación de EM dirigida. La calidad del producto se determinó en base a las propiedades físicas, químicas y biológicas.

Este proyecto está dirigido a validar los resultados obtenidos por Valle (2004), y a continuar con la investigación para determinar la metodología de producción de EM-compost con aire inyectado que presente una mejor calidad, eficiencia y rentabilidad ayudando a mejorar el proceso.

Ocana, Rebellón & Lozada (2013). “Influencia de la frecuencia de volteo para el control de la humedad de los sustratos en el compostaje de biorresiduos de origen municipal”. Los sustratos de biorresiduos municipales (BOM), se caracteriza por una alta humedad, que puede afectar el desarrollo del proceso de compostaje, en la degradación aerobia de los residuos orgánicos.

Una de las estrategias para el control de la humedad es el aumento de la frecuencia de volteos en las pilas, por tal motivo este estudio evaluó el efecto de aplicar esta estrategia en el control del contenido de humedad inicial, durante el compostaje de (BOM).para este proyecto se montaron pilas con de 570 kg de residuos, con diferentes frecuencias de volteos durante las primeras cuatro semana del proceso, la pilas se clasificaron en pila A y pila B; la pila A conto con una frecuencia de volteo de dos veces por semana y la pila B con seis volteos a la semana.

Obteniendo como resultado y concluyendo que el aumento de la frecuencia de volteos fue efectivo para reducir el contenido de humedad inicial del sustrato y consiguiendo una mayor taza

de descomposición de la materia orgánica, lo que resulta en una disminución del 20% de tiempo de duración de las fases mesofílica, termofílica y enfriamiento, además de un mayor mantenimiento de las temperaturas de higienización (siete días adicionales).

El aumento de la frecuencia de volteos conduce a una disminución en el contenido de nutrientes (N total, total, y K total) y el carbono orgánico total (COT), por tanto, el valor económico también. No obstante, en pruebas de fitotoxicidad se alcanzó un mayor índice de germinación.

Molano, Caicedo & Lara (2019). “Implementación de un sistema integral de compostaje a base de residuos sólidos orgánicos de la universidad cooperativa de Colombia campus Cali”. Este proyecto presenta los resultados analíticos desarrollados en la Universidad Cooperativa de Colombia, donde la iniciativa “reduce tu huella” además de los puntos ecológicos o contenedores de reciclaje que juntos contribuyen con el medio ambiente, sin embargo aún no poseen un buen sistema de manejo de los residuos que son producidos en la cafetería, cortes de césped y hojas secas, por lo tanto contribuye e impactar de forma positiva al medioambiente y mejorar el manejo de los residuos, se plantea la idea de implementar un sistema integral de compostaje, a base de estos residuos y desechos producidos en el campus a diario, ya que se tiene un flujo constante de personas, alumnos, maestros y visitantes, aglomerando y produciendo una gran cantidad de residuos entre ellos sólidos orgánicos. Los resultados iniciales muestran que es posible caracterizar los residuos orgánicos que existen en las 3 cafeterías, también se analizando los diferentes diseños de compostaje en donde se determinó que técnica era la más adecuada para la realización de compostaje y las dimensiones que debe de tener la planta para poder establecer el sistema para cumplir con la necesidad que presenta la universidad.

## 2.2 Marco Teórico

Para el desarrollo de la siguiente investigación se requiere tener claridad en conceptos relacionados con la temática a tratar, los cuales se describen a continuación.

**2.2.1 Abono.** Los abonos orgánicos o compost es un factor muy importante para regular muchos procesos involucrados en la producción agrícola; son conocidas sus principales funciones, como sustrato o medio de cultivo, cobertura o mulch, manteniendo de los niveles originales de materia orgánica en el suelo y complementando o reemplazando de los fertilizantes de síntesis; este último aspecto es de gran importancia, debido al crecimiento de su implementación en sistemas de producción limpia y ecológica y limpia (Ramos, 2014).

El abono orgánico es las materias primas resultantes de la descomposición natural de la materia orgánica por la acción de los microorganismos presentes en el medio ambiente, y convirtiéndose es otra sustancia útil que puedan aportar nutrientes para el suelo y por ende para el crecimiento de las plantas, Es un proceso controlado y acelerado de compostaje de los residuos, que puede ser aeróbico o anaerobio, dando como resultado un producto estable de alto valor nutricional para mejorador del suelo (Ramos, 2014).

Los abonos orgánicos como son el compostaje tienen un alto contenido de nitrógeno mineral y una gran cantidad de otros elementos nutritivos para las plantas. Según el nivel de aplicación, aumento el contenido de materia orgánica del suelo, en la capacidad de retención de humedad y los niveles de pH, también aumentan el potasio, el calcio y el magnesio. En cuanto a las propiedades físicas, mejoran la permeabilidad de agua, la estructura del suelo y la conductividad hidráulica; disminuyen la densidad aparente y la tasa de evaporación, y al mismo tiempo crean condiciones más favorables para el estado fitosanitario de las plantas (Ramos, 2014).

**2.2.2 Compostaje.** El análisis del compostaje se desglosa a continuación:

**2.2.2.1 ¿Qué es el compostaje?.** El compostaje es uno de los métodos que transforma rápidamente todos los residuos orgánicos, convirtiéndolos en nutrientes útiles para el suelo. El compostaje se ha convertido en un factor importantes en los últimos años porque es una de las técnicas más baratas y fáciles de implementar que permite un aprovechamiento eficaz de los residuos orgánicos, además es un método limpio, que deja miles de beneficios para el medio ambiente y permite mejorar el suelo en cuanto fertilidad y permeabilidad. (Moreno & Vela, 2020).

El proceso de compostaje se puede definir como la oxidación biológica de residuos orgánicos por parte de los microorganismos en condiciones controladas de humedad, temperatura y oxígeno. Utilizan el carbono y el nitrógeno de los desechos para liberar energía y producir agua, dióxido de carbono, humus y sales minerales, a través de una serie de reacciones bioquímicas. Como se puede observar en la figura 1 el proceso de compostaje.

El producto final de este proceso, llamado compost, se puede utilizar como aditivo orgánico del suelo para mejorar sus propiedades físicas, químicas y biológicas, como aireación, retención de humedad, estructura, etc. Inhibir patógenos y así promover el crecimiento de las plantas ((Herrera & Prado, 2007).

**2.2.2.2 Ventajas y desventajas del compostaje.** Las ventajas y desventajas del proceso de compostaje según Herrera & Prado (2007), son:

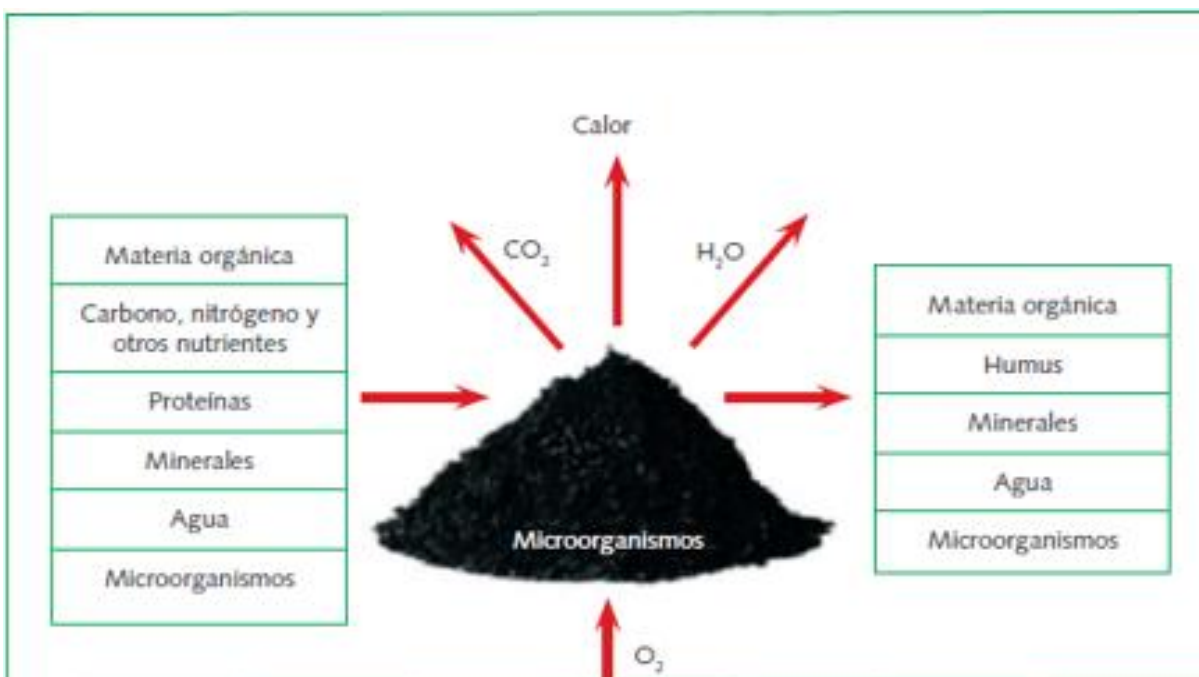


**Ventajas:**

- Se trata de un sistema de reciclaje, con valorización beneficiosa de residuos.
- Maximizar el aprovechamiento de los recursos disponibles en cada región aprovechando los residuos que allí se generan.
- Reducir el volumen de residuos.
- Ahorro en fertilizantes químicos.
- Producto comercializable.
- Incrementa la vida en el suelo ya que estimula su actividad biológica.
- Reduce los requerimientos de materia orgánica en el suelo y contribuye a la regeneración del suelo.

**Desventaja:**

- Para lograrlo comercialmente, se requiere una alta inversión inicial.
- Terreno disponible.
- Contaminación ambiental (metales pesados, olores, etc.) según la fuente del material a compostar.



**Figura 1. Proceso de compostaje**

Fuente: Calderón (2005).

**2.2.2.3 Organismos asociados al compostaje.** En las etapas del proceso de compostaje, varios tipos de microorganismos funcionan en función de la temperatura, la humedad, el oxígeno y el pH de la pila.

Los organismos que participan en la transformación y descomposición de los residuos orgánicos en el proceso de compostaje son macroorganismo como gusanos, ácaros, lombrices, ciempiés, escarabajos etc. Igualmente, microorganismos como bacterias, hongo y actinomicetos (Herrera & Prado, 2007).

**Bacterias.** Son los microorganismos más pequeños y numerosos, que contribuyen en el proceso de degradación en el compostaje y de la generación de calor, dependiendo de la temperatura que tenga las pilas podemos clasificarlas en bacterias mesófilas o termófilas. Las

bacterias mesofílicas cumplen una función importante en el trascurso de la primera etapa del proceso de degradación. Cuando tenemos temperaturas que superan los 40C° comienzan a predominar las bacterias termófilas (Herrera & Prado, 2007).

**Actinomicetes.** Estos son microorganismos que se consideran bacterias filamentosas. Durante el proceso de compostaje, juegan un papel esencial en la descomposición de compuestos orgánicos complejos, como materiales de madera, paja y aserrín. Algunos actinomicetos aparecen en la etapa termófila y otros son más importantes en la etapa de enfriamiento o maduración, cuando las sustancias más resistentes permanecen en la pila (Herrera & Prado, 2007).

**Hongos.** Atacan el material más difícil de degradar como celulosas y ligninas. Durante el proceso de compostaje, son importantes durante la etapa de maduración cuando las temperaturas son moderadas y se descomponen la mayoría de azúcares solubles (Herrera & Prado, 2007).

**2.2.2.4 Factores a tener en cuenta para un buen compostaje.** Los factores para un buen compostaje se evidencian de la siguiente manera:

**Potencial de Hidrogeno (pH).** El control del pH es otro parámetro importante para evaluar el entorno microbiano y la estabilidad de los residuos. El valor de pH, como la temperatura varía con el tiempo de 5 a 9 dependiendo de la etapa de compostaje (Vilcahuaman, 2016).

El rango de pH es tolerado por las bacterias en generalmente relativamente amplio, “existen grupos fisiológicos adaptados a valores externo. No obstante pH cercano al neutro (pH 6.5 – 7.5) ligeramente ácido o ligeramente alcalino nos asegura el desarrollo favorable de la gran mayoría de los grupos fisiológicos. Valores de pH inferiores a 5.5 (ácidos) inhiben el crecimiento de la gran mayoría de los grupos fisiológicos. Valores superiores a 8 (alcalinos)

también son agentes inhibidores del crecimiento haciendo precipitar nutrientes esenciales del medio de forma que no son asequibles para los microorganismos. (Mitma, 2015, p.12)

**Humedad.** La humedad es uno de los parámetros más importantes en el proceso de degradación de los residuos orgánicos para la producción de compost, el monitoreo constante de este parámetro ayudara a controlar este proceso, ya que cuando la humedad es elevada el aire del espacio entre partículas de residuos se desplaza y pasa a ser un proceso anaerobio, si la humedad es muy baja se detiene la actividad de los microorganismos ocasionando un retraso en el proceso de degradación. Se considera un nivel óptimo de humedad en un rango de 40%-60% esto dependerá también del material a compostar (Henao & Márquez, 2008).

**Aireación.** El proceso de compostaje es un proceso aeróbico, es decir requiere de oxígeno dentro de las pilas que permita el correcto desarrollo de los microorganismos, ya que estos son los encargados de realizar el proceso de degradación dentro de una compostera, además de ser necesario para el metabolismo y la respiración de los microorganismos que participan en él.

La aireación tiene dos funciones dentro de las pilas a compostar: primero aportar oxígeno adecuado a los microorganismos y segundo permitir al máximo la evacuación de dióxido de carbono que se produce (Herrera & Prado, 2007).

**Relación carbono / nitrógeno (C: N).** Son muchos los elementos necesarios para una buena descomposición microbiana, pero el carbono (C) y el nitrógeno (N) son los más importantes. En promedio la relación entre ellos debe ser de 15 partes de C por una parte de N. Ambos elementos se encuentran en todos los desechos orgánicos, sin embargo, esta relación C: N no está presente en ninguna fuente orgánica, y tampoco estos elementos que presentan los residuos son aprovechables fácilmente por los microorganismos. Para proporcionar cantidades

óptimas de ambos componentes, es necesario conocer su relación en cada material que se utilizará para hacer el compost. La relación inicial es alrededor de 30: 1, como se puede apreciar en la tabla 1, la relación carbono nitrógeno óptima, deficiente de los materiales para que de alguna manera no haya deficiencia ni exceso de nitrógeno. Esta relación se obtiene a través de la combinación de diversas materias primas en las que se conocen los niveles de carbono y nitrógeno. Durante el proceso de compostaje, la relación C: N se reduce gradualmente de 30:1 a 10 - 15:1 para el producto final (Docampo, 2013).

**Tabla 1. Relación carbono nitrógeno**

<b>Relación carbono nitrógeno</b>	
Relación deficiente	< 25/1
Relación óptima	25/1 a 35/1
Relación deficiente	> 35/1

Fuente: Docampo (2013).

Muchos materiales se pueden colocar a compostar en una pila, pero lo más relevante es tener en cuenta la relación carbono nitrógeno que tiene dichos materiales, como se puede observar en la tabla 2 se aprecia los diferentes materiales con diferente relación carbono nitrógeno y de esta forma realizar la mezcla deseada.

**Tabla 2. Relación carbono nitrógeno de algunos materiales**

<b>Nitrógeno y relación c/n en varias materia</b>		
<b>Material</b>	<b>% n<sub>2</sub></b>	<b>C/n</b>
Residuos de comida	Fruta	1,52
	Mataderos	7,0 – 1,0
Estiércol	Vaca	1,70
	Cerdo	3,75
	Aves	6,30
	Oveja	3,75
	Digeridos	1,88
Fangos activados	Crudos	5,60
	Aserrín	0,10
Madera y paja	Aserrín	200-500
	Paja trigo	0,30

<b>Nitrógeno y relación c/n en varias materia</b>			
<b>Material</b>		<b>% n<sub>2</sub></b>	<b>C/n</b>
	Madera pino	0,07	723
	Mezclado	0,25	173
Papel	Periódico	0,05	983
	Revistas	0,07	470
Residuos de jardín	Césped	2,15	20,10
	Hojas caídas	0,5-1	40-80
Biomasa	General	1,96	20,90

Fuente: Ambientum. (2022).

**Tamaño de partículas.** La actividad de los microbiana generalmente ocurre en la superficie de las partículas, por lo que el tamaño de las partículas debe ser más pequeño para aumentar el área superficial y mejorar la actividad microbiana y la velocidad de descomposición. El tamaño ideal de partículas es de 2 a 5 cm.

Además, cuando menor es el tamaño de las partículas, más tiende a compactar los que se traduce como una menor aireación y, por lo tanto, en una menor actividad microbiana lo cual ralentiza el proceso de compostaje.

**Temperatura.** El comportamiento de la temperatura es importante ya que se ha demostrado pequeños cambios de temperatura son más perjudiciales para la actividad microbiana que pequeños cambios de humedad, pH o C/N. pudiendo determinarse en función de la temperatura y por el grado de estabilidad, ya que existe una relación directa a la temperatura y la velocidad de descomposición de la materia orgánica, la cual es directamente proporcional al momento de las temperaturas tuviera valores máximos. Las altas temperaturas inhiben el crecimiento de la diversidad microbiano.

**Fases del compostaje.** Según la temperatura generada durante el proceso, se reconocen tres etapas principales en un compostaje, además de una etapa de maduración, en la figura 2 se observa las fases mesófila, termófila, maduración o mesófila II y la fase de enfriamiento las

cuales se diferencia en el proceso de compostaje según la temperatura.

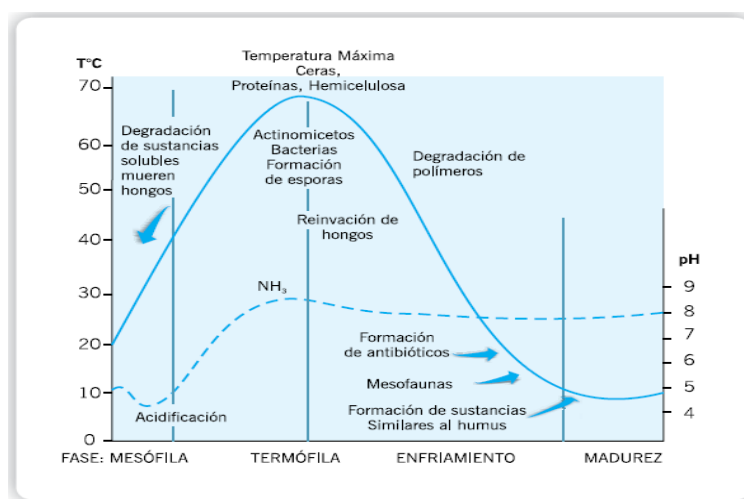
**Fase mesófila.** El proceso comienza con temperatura ambiente y en pocos días (o incluso en horas), la temperatura sube hasta los 45°C. Este aumento de temperatura se debe a la actividad microbiana, ya que durante las etapas los microorganismos utilizan las fuentes simples de C y N para generar calor. La descomposición de los compuestos solubles, como los azúcares, el pH puede descender (alrededor de 4.0 o 4.5). Esta fase dura (entre dos y ocho días) (Román et al., 2013).

**Fase termófila o de higienización.** Cuando la mezcla alcanza temperaturas superiores a los 45°C, los microorganismos que crecen a temperaturas medias (microorganismos mesófilos) son sustituidos por los que crecen a temperaturas más altas, especialmente microorganismos bacterias (bacterias termófilas), que actúan facilitando la descomposición de fuentes más complejas de C, como la celulosa y la lignina. Estos microorganismos funcionan convirtiendo el nitrógeno en amoníaco para que el pH del medio se eleve. a partir de los 60 °C aparecen las bacterias productoras de esporas y actinomicetos, responsables de la descomposición de ceras, hemicelulosas y otros compuestos de C complejos. Esta etapa puede durar desde unos pocos días hasta varios meses, según el material de partida, el clima, las condiciones del sitio y otros factores (Román et al., 2013).

**Fase de enfriamiento o mesófila II.** Tan pronto como se agota las fuentes de carbono y, en especial el nitrógeno contenido en el compost, la temperatura disminuye nuevamente hasta los 40-45°C. Durante este periodo, continúa la descomposición de polímeros como la celulosa, y aparecen algunos hongos visibles a simple vista. cuando las temperaturas descienden por debajo de los 40 °C, los organismos mesófilos reanudan su actividad y el pH del medio desciende

ligeramente, aunque en general el pH sigue siendo ligeramente alcalino. Esta etapa de enfriamiento toma varias semanas y puede confundirse con la etapa de maduración (Román et al., 2013).

**Fase de maduración.** Es un período que dura meses a temperatura ambiente, durante el cual ocurren reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados para formar de ácidos húmicos y fúlvicos (Román et al., 2013).



**Figura 2. Etapas mesófilas, termófila, enfriamiento, madurez**

Fuente: Zapata (2009).

**2.2.2.5 Los sistemas del compostaje.** A continuación, se presentan los sistemas del compostaje:

#### **Sistemas abiertos:**

**Pilas estáticas.** La técnica del compostaje en pila estática es relativamente sencilla, y es el sistema más barato y más utilizado. El material apila en el suelo o pavimento, sin comprimirlos en exceso, siendo muy importante el tamaño de la pila (Cochachi, 2008).



**Pilas estáticas con aireación pasiva.** Se considera como un sistema es muy adecuado, realizando un análisis coste/eficacia del sistema mencionado, este sistema comparado con otros como aireación forzada o pilas con volteo. Para favorecer la ventilación natural de la pila, se utiliza estructuras permiten un mejor flujo de la masa de aire desde la parte inferior hacia la parte exterior de la pila. Las pilas son aireadas por convección natural. El aire caliente que sube desde el centro de la pila creando un vacío parcial que atrae el aire desde los lados. La forma y tamaño óptimo de la pila dependen del tamaño de partícula, el contenido de humedad, la porosidad y grado de descomposición, todo lo afecta el movimiento del aire hacia el centro de la pila. El compostaje en pilas simples es un proceso muy flexible y menos complicado. Se ha utilizado con éxito para compost de estiércol, restos de poda, fangos y residuos sólidos urbanos. El proceso bien a partir de una variedad de desechos orgánicos y funciona satisfactoriamente siempre que se mantengan las condiciones aerobias y el contenido de humedad. Las operaciones de compostaje pueden continuar durante todo el invierno, pero el frío la retrasa (Cochachi, 2008).

**Pilas estáticas autónomas con aireación forzada.** Estos sistemas permiten un mejor control de la concentración de oxígeno y su mantenimiento dentro del rango adecuado (15-20%) para potenciar la actividad metabólica de los microorganismos aeróbicos que desarrollan este proceso. Proporcionando oxígeno de diferentes maneras, succión o respiración, además de variación que incluyen ambas. El suministro de oxígeno se puede realizar de forma continua, a intervalos, o en combinación con un termostato, que, a una determinada temperatura (unos 60 °C), activará el mecanismo de inyección de aire hasta alcanzar la temperatura disminuida al valor deseado. Una vez que se forma la pila, no se toca hasta que se completa la fase activa en el compostaje (Cochachi, 2008).

**Pilas con volteo.** Es uno de los sistemas más simple y económicos. Esta técnica de compostaje se caracteriza porque la pila se remueve periódicamente para homogeneizar la mezcla y su temperatura, con el fin de eliminar el calor excesivo, controlar la humedad y aumentar la porosidad de la pila para mejorar la ventilación. Después de cada volteo, la temperatura disminuye de 5, 10 grados Celsius, y aumenta nuevamente si el proceso no termina. La frecuencia del volteo depende del tipo de material, humedad y velocidad que queremos llevar a cabo el proceso, ya que es habitual voltearlo cada 6 a 10 días. Por lo general, se realizan pruebas automáticas de temperatura, humedad y oxígeno para determinar el momento óptimo para ejecutar el volteo. En general los volteos se realizan mediante una simple pala, recogiendo y soltando el material para después construir la pila. Sin embargo, para hacer realidad esta técnica de compostaje, existen máquinas especialmente diseñadas para maximizar la eficiencia del compostaje (Cochachi, 2008).

**Sistemas cerrados.** Estos sistemas permiten un mejor control sobre varios parámetros del proceso en la mayoría de los casos, así como tiempo de residencia más corto y capacidad de ejecución continua del proceso. Se distingue por el procedimiento de compostaje en reactores cerrados, cuyo principal inconveniente es el elevado costo de su instalación. Los reactores de flujo horizontal y vertical son la división principal que se da.

Los reactores de flujo vertical suelen tener más de 4 metros de altura, puede ser continuo o discontinuo. Los reactores discontinuos tienen, pilas a diferentes alturas más o menos de 2-3 metros con ventilación forzada o volteos en dirección de pisos inferiores. Su principal desventaja es el alto costo de construcción, sin embargo, aunque la inversión a la inicial es mayor que la de un sistema de pilas estáticas, tiene una reacción de costo por unidad de carga de trabajo baja. Los reactores de flujo horizontal se dividen en los que tienen un recipiente rotatorio, los que tienen un

recipiente de geometría variable con un agitador o los que no tiene sistema de agitación y permanecen estático (Cochachi, 2008).

La desventaja de este método es que se pueden alcanzar altas temperaturas lo que hace que el control de los parámetros sea más difícil. En climas cálidos, la tierra suele colocarse en una maceta (hasta el 10% de los materiales que decidamos compostar) que actúa como regulador de temperatura, ya que la tierra es estable y no genera calor (Molano et al., 2019).

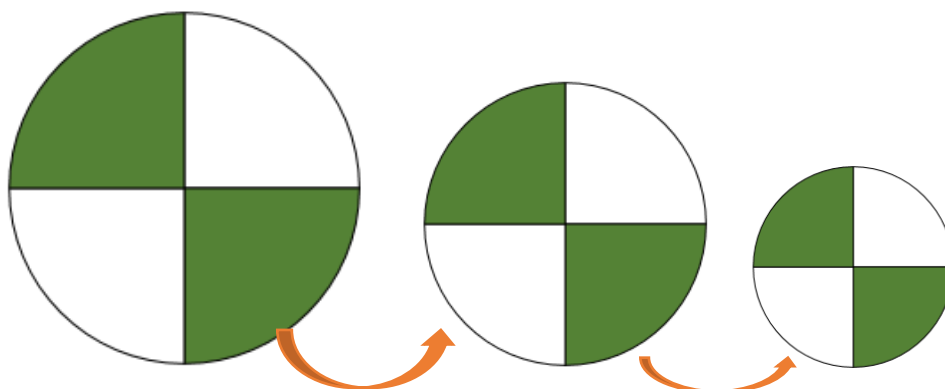
**Caracterización de los residuos sólidos.** Para determinar la cantidad y composición de los residuos sólidos generados por un sector, ya sea instituciones, hogares, supermercados, industrias, entre otras, es necesario caracterizarlos por medio de un aforo:

**Sistema de muestreo** con el fin de poder caracterizar los residuos sólidos se plantean metodologías que nos permita su realización entre ellas se encuentra este sistema, cómo nos indica en su artículo Montoya (2012), el cual nos dice:

Para la realización de este muestreo es necesario contar con todo el equipo en cuanto materiales equipo y vestimenta de protección como: báscula, guantes, palas, overoles, mascarillas protectoras entre otros.

Una vez los residuos sólidos son depositados en el lugar de destino se abre cada una de las bolsas donde vienen los residuos sólidos donde se hace una circunferencia lo más uniforme posible con todos los residuos, de donde se extraen dos cuartos, luego se hace otra circunferencia uniforme similar a la anterior, de la cual se sacan otros dos cuartos, y así sucesivamente hasta poder tener una muestra representativa y manejable La figura 3. Muestra el método de cuarteo, donde está la circunferencia y la división de cuartos, dos de los cuales se toman en cuenta para la

siguiente circunferencia, donde se extrae el material que se encuentra en la zona de color verde y se descarta la zona de color blanco. Con lo seleccionado se realiza nuevamente otra circunferencia y el mismo procedimiento de división de cuartos, hasta lograr una disminución del tamaño de la muestra.



**Figura 3. Caracterización de Residuos Sólidos (R.S.)**

Fuente: Montoya (2012).

El método de cuarteo nos sirve para conocer la composición de residuos que entran al relleno de una ruta o lugar en específico. Con la muestra los residuos sólidos y comienzan a separar en orgánicos, vidrio, papel, y cartón, metales, plásticos, textiles y otros, como pañales, toallas y papel higiénico.

Después de ello, se pesa cada uno de los residuos y la suma total de ello dará la totalidad de la muestra, y el peso de cada residuo mostrará el porcentaje de residuos orgánicos, inorgánicos o no aprovechables.

Para ello se usará la siguiente ecuación.

Ecuación 1: cálculo de % de R.S.

$$(1) \quad W_T = \sum_{i=1}^{\infty} W_i \quad \%i = \frac{W_i}{W_T} \times 100$$

Donde:

$W_t$  = peso total de los R.S. aforados

$W_i$  = equivale al peso de cada clase de R.S. (orgánico, textiles, metal, papel, etc.)

$\%i$  = porcentaje en peso de cada fracción de R.S. en las muestras.

**Evaluación de la madurez de un compost.** La evaluación de la etapa de madurez del compost, es una de las etapas más importantes relacionadas con el proceso de compostaje y el uso del producto resultante como enmienda al suelo. Los márgenes de beneficios generalmente bajos de las empresas privadas de compostaje, significa que el producto en el mercado agrícola, no es tan buena su rentabilidad como debería ser. Los principales problemas e el funcionamiento de la planta de compostaje son la alta heterogeneidad de los materiales a procesar y la comercialización del compost obtenido. Este problema surge porque se énfasis principal está en el diseño de la planta para eliminación de residuos mas no en la producción de abono orgánico de calidad (Negro, Villa, Aibar, Alarcón, Ciria, Cristóbal et al., 2000).

**Efectos de la aplicación de un compost insuficientemente maduro.** El efecto más notable del uso del compost sin madurares el bloqueo biológico del nitrógeno disponible, que luego puede hacer que los niveles de este nutriente en las plantas disminuya, y un menor rendimiento de la cosecha. La inmovilización del nitrógeno mineral en el suelo está asociada con la alta relación C/N del compost inmaduro. Debido a que va tener un alto contenido de sustancias

hidrocarbonadas, por lo que la aplicación al suelo en estas condiciones aumenta la microflora que utiliza parte del nitrógeno presente en el suelo para formar diversas estructuras intracelulares, como proteínas y ácidos nucleicos. Por otro lado, la aplicación de estos productos inmaduros en el suelo puede provocar una mayor descomposición de estas sustancias, causando graves daños al suelo y las plantas.

En consecuencia, se ha descrito una disminución en el contenido de oxígeno y potencial de reducción de óxidos en el suelo, favoreciendo la formación de zonas anaeróbicas y fuertemente reductoras. Esto, junto con un aumento de la temperatura, puede inhibir la germinación o, en ocasiones, reducir el desarrollo de las plantas, especialmente si se encuentran en una etapa más joven, al reducir la respiración de las raíces, ralentizar la absorción de minerales y reducir la síntesis de giberelinas y citoquininas. Además, la formación de estas zonas altamente reductoras en el suelo aumenta la solubilidad de los metales pesados, cuya posterior captación y concentración en las plantas puede alcanzar niveles fitotóxicos. Por lo tanto, después de la aplicación de compost "inmaduro", las concentraciones de cobre en las plantas aumentarían significativamente por encima de los niveles tóxicos que no se observa con la aplicación de compost maduro.

Otro riesgo de estos productos es la presencia de sustancias fitotóxicas, que se han observado en el uso de diversos residuos vegetales, compost y fertilizantes, que inhiben la germinación y el crecimiento de las plantas. Los efectos fitotóxicos pueden estar relacionados con la formación de amoníaco durante la descomposición de la materia orgánica residual, cuya presencia incluso en pequeñas cantidades, es tóxica para el desarrollo de raíces, plantas y la germinación de semillas (semillas intoxicación por amoníaco). Otro tipo de sustancias consideradas fitotóxicas incluyen el óxido de etileno y algunos ácidos orgánicos como el acético, el propiónico y el butírico. Todos

estos efectos son evidentes a temperaturas bajas y pueden no verse en suelos con reservas ricas en nitrógeno y temperatura a 15 °C (Negro et al., 2000).

**Métodos para determinar el grado de madurez de un compost.** Para que el efecto del uso de compost sea positivo, debe ser lo suficientemente maduro, es decir estable, de lo contrario, el material orgánico menos estable continuara el proceso de descomposición en el suelo y puede surgir problemas. Para evitar este posible efecto negativo, es necesario evaluar la preparación del compost. Es difícil, por no decir imposible, definir la calidad del compostaje por un solo parámetro químico bioquímico y toxicológico, porque el proceso de compostaje es un proceso microbiano muy completo. Hasta el momento no existe un método universal aceptado para determinar la madurez del compost. Se ha estudiado varios parámetros que informan relativamente la degradación del material orgánico durante el proceso o como parámetros definitivos de la calidad del producto ya a la venta. En todos los casos pueden surgir problemas porque un parámetro puede ser un buen indicador de madurez desde un punto de vista teórico, pero pierde su significado cuando se ignora el historial de la muestra o porque no es aplicable a la rutina de análisis. Aunque no se dispone de un método sencillo y reproducible, los criterios propuestos son muchos y variados. Se puede dividir en 5 tipos: Ensayos de tipo físico, estudios de actividad microbiana, estudios de fracción de humus de compost - métodos químicos - métodos biológicos o ensayo de fitotoxicidad. Entre diversos métodos, existen métodos rápidos, pero poco confiables, como los métodos basados en cromatografía en papel y otros métodos más sofisticados basado en mediciones de la evolución de complejos húmicos. También se han propuesto indicadores como la relación C/N, C en azúcares reductores, C total, distribuido el nitrógeno en forma amoniac y ácido nítrico, capacidad de intercambio catiónico o liberación de sulfuro de hidrogeno (Negro et al., 2000).

**Test de tipo físico.** Estos son los que se usan comúnmente y generalmente dan una idea aproximada de la madurez de un compost. Estos incluyen factores como olores agradables, color oscuro y temperatura estable.

**a) Olor**

La presencia de olor agradable, parecido a tierra húmeda se puede determinar como un compost maduro.

**b) Color**

En el proceso de compostaje, el material pasa por un proceso de oscurecimiento u melanización, hasta convertirse en un producto oscuro. Aunque el mecanismo de los procesos anteriores no es tan conocido, incluyen reacciones de humificación, reacciones de tipo amino-carbonilo, pero no excluyen otras reacciones que ocurren a temperaturas más bajas. Se han propuesto varias técnicas para determinar el ennegrecimiento. En nuestra experiencia, la formación en el interior de la pila de zonas más claras indica un proceso de anaerobiosis.

**c) Temperatura estable**

Como se comentó en el apartado anterior, se cree que los cambios de temperatura durante el proceso de compostaje, reflejan la actividad de las poblaciones microbianas durante el proceso, que disminuye significativamente al final del proceso de compostaje, identificándose una disminución de la temperatura de 60 a 70 °C a temperatura ambiente. En este sentido, el compost se considera maduro si su perfil de temperatura es estable y no cambia con la rotación del material.



## 2.3 Marco Conceptual

**2.3.1 Abono orgánico.** Material natural de origen biológico que aporta nutrientes para el correcto desarrollo del suelo y las plantas.

**2.3.2 Aprovechamiento de residuos.** Conjunto de acciones encaminadas a recuperar el valor económico de los residuos mediante la reutilización, reprocesamiento, conversión, reciclaje y valorización de materiales secundarios.

**2.3.3 Compost o abono orgánico.** Material resultante de un proceso en cual intervienen los microorganismos para la transformación de material orgánico a compost

**2.3.4 Compostaje.** Un proceso de reciclaje de materia orgánica en el que la materia orgánica se somete a fermentación controlada (aeróbica) en estado sólido para obtener un producto estable con propiedades definidas útiles en la agricultura.

**2.3.5 Contaminación.** Alteración reversible o irreversible de un ecosistema o de sus componentes provocada por la presencia o actividad de sustancias o energías ajenas a un determinado ambiente.

**2.3.6 Degradable.** Una estructura o compuesto capaz de degradarse bajo ciertas condiciones ambientales (biodegradable por la acción de microorganismos, fotodegradable por la acción de la luz).

**2.3.7 Fermentación.** Proceso de descomposición de compuestos orgánicos a compuestos inorgánicos por la acción de microbiana.

**2.3.8 Planta de compostaje.** Área donde se establecen los sistemas de compostaje con residuos sólidos.

**2.3.9 Lixiviado.** Líquido resultante de la acción o filtración de la materia orgánica de los residuos sólidos, en forma disuelta o suspendida, que puede filtrarse al suelo o escurrirse en vertederos de residuos sólidos, provocando la contaminación del suelo y del agua.

**2.3.10 Residuos hortofrutícolas.** Son residuos tipo orgánicos que están conformados por frutas y verduras.

**2.3.11 Residuos de poda.** Son residuos tipo vegetales que están conformados por hojas y ramas.

## **2.4 Marco Contextual**

La siguiente investigación fue realizada en la ciudad de San José de Cúcuta Colombia, la cual comprende una superficie aproximada de 1119 km<sup>2</sup>, con un área urbana de 64 km<sup>2</sup> y un área rural de 1055 km<sup>2</sup>, la cual tiene una población de 1.046.347 habitantes, lo que lo posiciona como el municipio más poblado del departamento norte de Santander y el sexto municipio más poblado del país. El actual proyecto se realizó y se implementación de un sistema de compostaje piloto para el suministro de abono orgánico con el programa de silvicultura urbana, ubicada En la comuna 5 nororiental de la ciudad, en la central de abasto Cenabastos S.A localizado en la Av. 2 #31N-36 barrio tasajero como se observa en la figura 4 mapa de Cúcuta y en compañía de la universidad francisco de paula Santander localizada en la ciudad de Cúcuta, sujeta a inspección y vigilancia por medio de la Ley 1740 de 2014 y la Ley 30 de 1992 del Ministerio de Educación de Colombia. Ubicada en la Avenida Gran Colombia # 12E - 96 Barrio Colsag.



**Figura 4. Mapa de Cúcuta y ubicación de la planta**

Fuente: Google Earth (2022).

## 2.5 Marco Legal

**Ley 09 de 1979 del Congreso Nacional, de protección del medio ambiente.** “Reglamenta los procedimientos y las medidas que se deben adoptar para la regulación, legislación y control de los descargos de residuos y materiales que afectan o pueden afectar las condiciones Sanitarias del ambiente”

**Resolución 074 de 2002 del ministerio de agricultura y desarrollo rural.** Se establece el reglamento para la producción primaria, procesamiento, empaclado, etiquetado, almacenamiento, certificación, importación y comercialización de productos agropecuarios ecológicos. El prefijo BIO únicamente puede ser utilizado en acondicionadores orgánicos registrados para agricultura ecológica, que involucren microorganismos en su composición (Resolución 74, 2002).

**Resolución ICA 00150 del 21 de enero de 2003.** “Por el cual se adopta el Reglamento Técnico de fertilizantes y acondicionadores de suelos para Colombia como un sistema de registro y control adoptado con base en estándares internacionales para contribuir a mejorar las condiciones de su producción, comercialización, utilización y su disposición final, elevando los niveles de calidad, de eficacia y de seguridad para la salud humana y el ambiente” (Resolución 00150, 2003).

**Norma técnica colombiana NTC 5167 del 28 de mayo del 2003 lo cual establece.** Las características de los productos para la industria agrícola, materiales orgánicos utilizados como fertilizantes o acondicionadores de suelos, donde se reglamentan los limitantes actuales para el uso de materiales orgánicos, los parámetros físico – químicos de los análisis de las muestras de materia orgánica, los límites máximos de metales pesados y enuncia algunos parámetros para los análisis microbiológicos. (Norma técnica Colombiana NTC 5167 del 2003).

**Norma Técnica Colombiana 1927 Fertilizantes y acondicionadores de suelos.**  
“Definiciones, clasificación y fuentes de materias primas (3° actualización de 2001).”

**GTC 24 de 2009.** Guía Técnica Colombiana. Gestión ambiental. Residuos sólidos. Guía para la separación en la fuente. Brinda las pautas para realizar la separación de los materiales que constituyen los residuos no peligrosos en las diferentes fuentes de generación: doméstica, industrial, comercial, institucional y de servicios. Igualmente da orientaciones para facilitar la recolección selectiva en la fuente.

**Guía técnica colombiana (GTC) 86 de 2003.** Guía Técnica Colombiana es una guía para la implementación de la gestión integral de residuos – GIR –. Esta guía presenta directrices para realizar una gestión integral de residuos, considerando las siguientes etapas de manejo:

Generación (minimización), Separación en la fuente, presentación diferenciada, almacenamiento, aprovechamiento, transporte, tratamiento y disposición de los residuos; todas estas actividades enmarcadas dentro de un ciclo de mejoramiento continuo (GTC, 2003).

**Resolución 150/2003.** “Por la cual se expide el instituto colombiano de agricultura por lo cual se adopta el reglamento técnico de fertilizantes y acondicionadores del suelo para Colombia, para fomentar el aprovechamiento de los residuos sólidos”.

**Resolución 477/2004.** Por lo cual se modifica la resolución 1045 de 2003 en cuanto a los plazos para iniciar la ejecución de los planes de gestión integral de residuos sólidos, PGIRS.

**Resolución 2184 de 2019.** “Por la cual empezará a regir en el 2021 el código de colores blanco, negro y verde para la separación de residuos en la fuente con el objetivo de fomentar la cultura ciudadana en materia de separación de residuos en el país”.

**Decreto 2981/2013 y el proyecto de metodología de formulación.** Actualización, seguimiento, control y vigilancia de los pgirs, estos deben contener el aprovechamiento como componente del servicio de aseo urbano municipal, con proyectos viables para dar valor económico, ambiental y social a los residuos reciclables y orgánicos aprovechables. esta propuesta, permitirá al municipio y empresas de servicios públicos de aseo urbano, generar alternativas confiables y con todos los parámetros de medición, para llevar a tarifas e ingresos, los costos evitados, por recolección, transporte y disposición final, además de otros costos y externalidades positivas, no valoradas hasta hoy en la propuesta tarifaria, como son la no formación y tratamiento de lixiviados, de gases efecto invernadero (gei), como el metano (ch4), de olores y proliferación de vectores transmisores de enfermedades, entre otros, que no han sido incluidos a la fecha, en la propuesta tarifaria” (Decreto 2981/2013).

### 3. Diseño Metodológico

#### 3.1 Tipo de Investigación

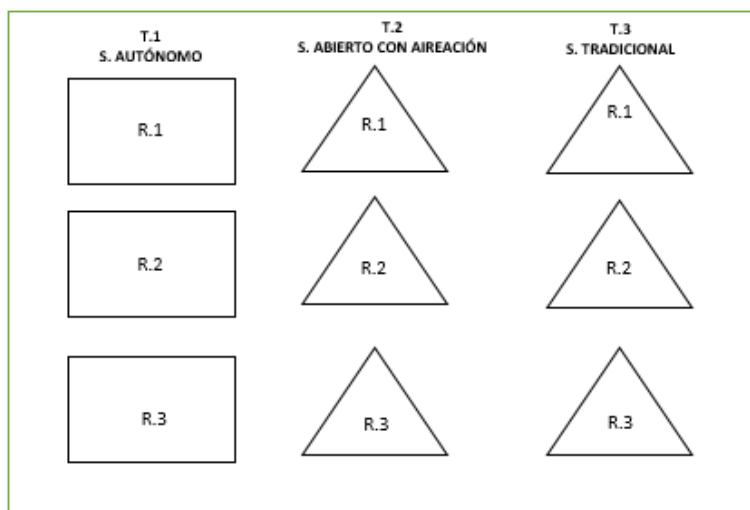
El enfoque de la investigación es cuantitativo con análisis estadísticos, puesto que se realizó un diseño experimental completamente al azar para determinar cuál fue el sistema más favorable.

#### 3.2 Universo y Muestra

**3.2.1 Universo.** El Universo estuvo conformado por los 30.000 kg de residuos orgánicos producidos a diario por grandes generadores de la ciudad de Cúcuta (Frutas, verduras, residuos agroindustriales y poda) según estudio de caracterización 2022.

**3.2.2 Muestra.** La muestra estuvo conformada por nueve (9) pilas de compostaje, tres tratamientos con tres repeticiones, para un total de 6.738 kg de residuos Orgánicos (4,331 kg frutas y verduras y 2,407 residuos de poda) kg producido por grandes generadores en la ciudad de San José de Cúcuta.

- Tratamiento 1 Sistema autónomo.
- Tratamiento 2 sistema abierto con aireación.
- Tratamiento 3 sistema tradicional.



**Figura 5. Diseño experimental para obtener compost**

### 3.3 Variables

**3.3.1 Variable dependiente.** Fisicoquímicas, Temperatura, pH, humedad, altura, relación C/N, densidad y Prueba de fitotoxicidad.

**3.3.2 Variable independiente.** A continuación, las variables independientes:

- Tratamiento 1. Sistema autónomo (TTO 1).
- Tratamiento 2. Sistema abierto con aireación (TTO 2).
- Tratamiento 3. Sistema tradicional (TTO3).

### 3.4 Fases de la Investigación

**3.4.1 Fase I. Diseño y construcción de una planta piloto de compostaje** y adecuación de los sistemas, Sistema autónomo (TTO1), Sistema abierto con aireación (TTO2) y Sistema tradicional (TTO 3).





**Sistema autónomo cerrado.** Pila mixta modular experimental para compostaje compuesta por: paneles reforzados doble pared realizado con residuos plásticos reciclados, perfilaría y soportes anclados al suelo, tubería de aireación instalada en el suelo, cama graba y soplador y sistema de recolección de lixiviado.

**Sistema abierto con aireación.** El sistema contó con las mismas condiciones del sistema tradicional siendo este un sistema en forma de pirámide al aire libre con la diferencia de que el sistema tendría menos volteo ya que este conto con un sistema bajo tubería, para la inyección de aire a través de una turbina de centrifugada generando una disminución de números de volteo en la pila.

**Sistema tradicional.** El sistema fue establecido en cama graba, en forma piramidal abierto, realizándole volteos una vez por semana para airear el sistema.

**3.4.2 Fase II. Obtención y acondicionamiento de la materia prima.** Los resultados de la Fase II se visualizan a continuación:

**Residuos hortofrutícolas.** Fueron recolectados en Cenabastos de la ciudad de Cúcuta y transportados a la zona de compostaje como se observa en la figura 7, una vez recolectado el material se dejó en reposar por cuatro horas para reducir la humedad.



**Figura 7. Residuos hortofrutícolas**

**Residuos de poda.** Fueron recolectado con ayuda de la empresa centrales eléctrica S.A.S ya que ellos realizan la labor de podas de los árboles de la ciudad para poder prevenir daños de las instalaciones eléctricas y alumbrado público, y posteriormente se llevó a la zona de compostaje, como se observa en la figura 8 cabe destacar que a estos residuos se les realizaron análisis fisicoquímicos y microbiológicos.



**Figura 8. Residuos de poda**

**3.4.3 Fase III: Montaje de los tres sistemas.** En esta fase los componentes de residuos sólidos orgánicos y residuos de poda, se balancearon con una relación 1:1 para cada sistema, con el objetivo de saber con cuanto material se dispondrá en cada pila, es este caso se halló por

densidad, para hallar la densidad se realizó las siguientes actividades:

**Determinación de medición la densidad.** Para la densidad se tomó en cuenta una caneca de 200 litros lo cual se le realizó unas mediciones para saber su volumen, donde cuenta con una altura de 90 cm y un radio de 26,5 cm (figura 9), se calculó el volumen del recipiente con la siguiente fórmula  $V = \pi * r^2 * h$ .



**Figura 9. Canecas de medición para hallar volumen**

**Pesaje de los residuos.** En esta actividad se llenó las canecas de 200 Lt con material de residuos orgánicos y residuos de poda como lo muestra la (figura 10), posteriormente se realizó el pesaje y se registró para calcular la densidad.



**Figura 10. Pesaje de materia prima. (a): residuos de poda, (b): residuos orgánicos**

**Picado de los residuos.** Se realizó un pre tratamiento que consistió en picar el material orgánico en una Maquina Picadora de Desechos Orgánicos motor Eléctrico 12H.P Trifásico (Siemens/weg), como se observa en la figura 11 en trozos de 2 cm.



**Figura 11. Maquina picadora y picado de material**

**Montaje de las pilas en cada uno de los sistemas.** Antes del montaje de pila se aplicó una capa de ramas, en los sistemas con aireacion, para prevenir el taponamiento de los orificios, donde da salida al aire que es inyectado atraves de la turbina centrifuga como se observa en la figura 12 que consiste en el acondicionamiento de las camas de compostaje para evitar taponamiento de los orificios.



**Figura 12. Acondicionamiento de cama para evitar tajar lo orificios de aireación**



Posteriormente se realizó el montaje de las pilas como se observa en la figura 13, donde se mezcló los dos tipos de residuos a compostar, por cada caneca de poda, se aplicó una caneca de residuos orgánicos cumpliendo con la relación de 1:1, obteniendo una cantidad de cuatro (4) canecas de poda y cuatro (4) canecas de residuos orgánicos para el sistema tradicional y para el sistema abierto con aireación, para el sistema autónomo cerrado, se aplicó siete (7) canecas de poda y siete (7) canecas de residuos orgánico ya que este es un sistema que cuenta con los paneles, es decir un sistema de forma cuadrada, que permite una cantidad de material mayor, para alcanzar una altura de un metro.



**Figura 13. Montaje de los sistemas cerrado y abierto**

### **3.5 Instrumento para la Recolección de Muestras y Monitoreo**

Se realizó análisis fisicoquímicos y microbiológicos al inicio y al final del proceso en colaboración con el laboratorio SIAMA, que ubicado en la ciudad de Bucaramanga. En el transcurso del proceso de degradación se monitorearon diariamente por los 80 días parámetros como temperatura, pH, y humedad con la ayuda de tablas o bitácoras de recolección de datos y monitoreo como se observan en las figuras 14,15,16,17.

BITACORA CONTROL PRODUCCIÓN DE ABONO ORGANICO						
CONDICIONES INICIALES						
TRATAMIENTO	FECHA MONTAJE	MATERIALES A COMPOSTAR	CANTIDAD KG.	%	C/N	Altura pila

Figura 14. Bitácora de montaje de los sistemas

BITACORA CONTROL PRODUCCIÓN DE ABONO ORGANICO								
T1= Cerrado Aireación Forzada O Autonomo (T11-T12-T13)								
N° Día	FECHA	HORA	TRATAMIENTO	T°	PH	HUMEDAD	ALTURA	OBSERVACIONES

Figura 15. Bitácora de control sistema cerrado con aireación forzada

BITACORA CONTROL PRODUCCIÓN DE ABONO ORGANICO								
T2= Abierto Aireación forzada (T21-T22-T23)								
N° Día	FECHA	HORA	TRATAMIENTO	T°	PH	HUMEDAD	ALTURA	OBSERVACIONES

Figura 16. Bitácora de control abierto con aireación forzada

BITACORA CONTROL PRODUCCIÓN DE ABONO ORGANICO								
T3= Abierto tradicional (T31-T32-T33)								
N° Día	FECHA	HORA	TRATAMIENT O	T°	PH	HUMEDA D	ALTURA	OBSERVACIONES

**Figura 17. Bitácora de control de sistema tradicional**

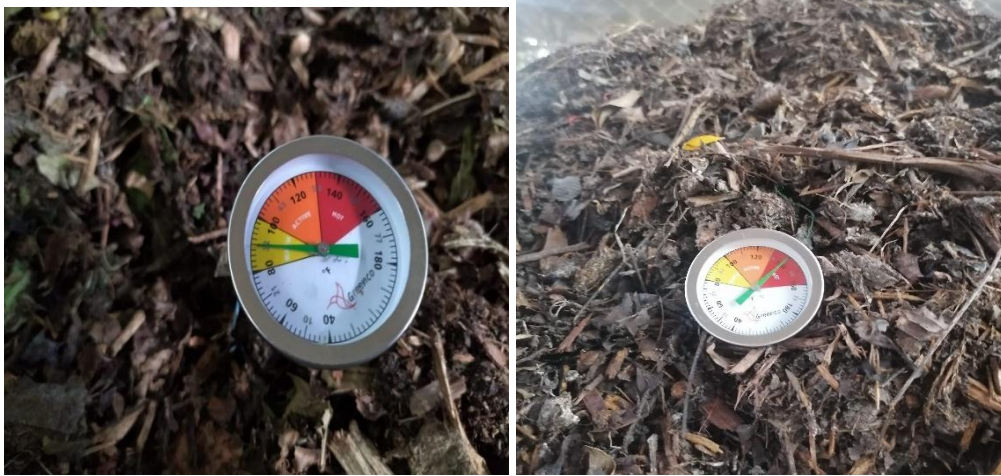
**3.5.1 Toma de muestra para análisis.** Una vez montada las pilas se recolecto una muestra de la mezcla obtenida, a la cual se le realizó el análisis microbiológico y fisicoquímico, con la finalidad de contar con las características iniciales del proceso de degradación, analizando su evolución y se tomó otra muestra al finalizar el proceso con el fin de comparar los resultados.



**Figura 18. Toma de muestra para laboratorio**

**3.5.2 Temperatura.** Para medir la temperatura se utilizó un Termómetro de suelo de compost de greenco, acero inoxidable, dial de temperatura Celsius y Fahrenheit, vástago de 20 pulgadas. se escogieron 3 puntos en cada pila para tomar la temperatura, uno en el centro y a los lados. La

temperatura se midió diariamente, a partir del momento del montaje del sistema y por los 80 días.



**Figura 19. Toma de temperatura en fase mesófila y fase termófila**

**3.5.3 Potencial de hidrogeno (pH).** Para la medición de este parámetro se tomaron las muestras en tres puntos diferentes de las pilas a través de un vástago de 20 cm capaz de percibir el Potencial de Hidrogeno (pH), utilizando un Higrómetro Medidor pH Digita el cual cuenta con 12 niveles, siendo siete (7) un suelo neutro, menor a siete (7) un suelo Ácido y mayor a siete (7) un suelo alcalino.



**Figura 20. Medición de pH**



**3.5.4 Humedad.** La humedad se realizó al inicio del proceso de compostaje en el laboratorio de la Universidad Francisco de Paula Santander por el método radiométrico. Que consiste en pesar una capsula y se tara para obtener de esta forma el peso del recipiente, posteriormente se realizó el pesado de la muestra, el cual se obtiene el peso de la muestra húmeda y se expone a 24 horas a 100°C obteniendo el material seco y volviéndose a pesar y aplicando la fórmula:

$$\% H = (((B - A) - (C - A)) / (B - A)) * 100$$

Donde:

A: Peso de la capsula limpia.

B: Peso de la capsula más muestra húmeda.

C: Peso de la capsula más muestra seca.

Al aplicar la formula se obtiene como resultado la humedad de la muestra por pila y por sistemas de compostaje.

Posteriormente se estableció la humedad por densidades donde se calcula la densidad en laboratorio de la muestra en un recipiente de 100ml obteniendo la densidad de la materia seca el cual se establece como una constante y en campo se realizó el pesado en un recipiente de 500 ml para poder hallar la densidad en campo del material húmedo y a través de la fórmula:

$$\% h = ((A - B) / B) * 100$$

Donde:

A: densidad húmeda.

B: densidad seca.

Al aplicar la formula se obtiene la humedad de la muestra ya sea por pila u/o por sistemas.



**Figura 21. Análisis de humedad (muestra húmeda, muestra seca, pesado de muestra)**

**3.5.5 Altura.** Para su facilidad se utilizó un palo recto a la cual se le amarro un nivel colocado en la punta de la pila y nivelado con ayuda del Angulo, midiendo desde el piso hasta el otro extremo del palo para poder hallar la altura con mayor exactitud de la pila, como se observa en la figura 22.



**Figura 22. Toma de altura**

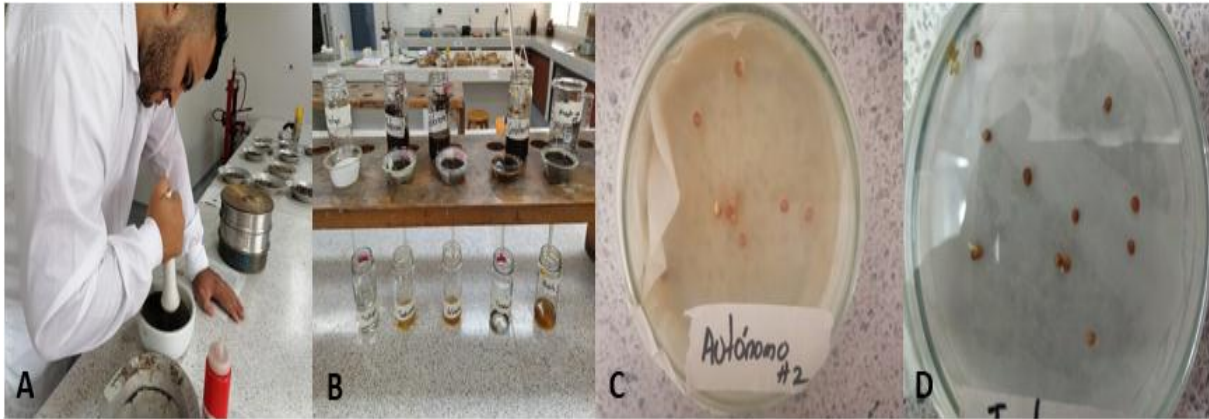
### 3.6 Actividades Complementarias en el Proceso

**3.6.1 Volteo.** Se realiza el volteo el sistema tradicional una vez por semana, para incorporar el material del exterior al interior, para los sistemas autónomo abierto o cerrado se realizó un volteo cada 20 días por contar estos con sistema de aireación forzado.

**3.6.2 Aireación.** La aireación se les aplica a los sistemas autónomo a través de la turbina de centrifugada donde se prende 5 minutos y se deja reposar 10 minutos para evitar recalentamiento de la turbina y asegurando su aireación durante el día con el intervalo 1:2.

**3.6.2.1 Bioensayo de fototoxicidad.** Se realizó un ensayo de germinación con semillas seleccionada variedad rábano Crimson (*Raphanus sativus*), con un 96% de germinación, guiado por la metodología empleada por (Varnero, Rojas & Orellana, 2007) con las adaptaciones hechas por (Cruz Acevedo & Báez, 2015), lo cual se tomaron 150 gr de material de cada sistema, el material fue puesto al horno por 24 horas a una temperatura de 100 °C, se dejó en reposo y se dispuso en un mortero esterilizado y se macero.

Obtenido el material ya macerado, se realizó una dilución de 100 ml de agua destilada con 10 gr del abono de cada sistema; esta dilución se filtró, luego se colocó a germinar 10 semillas en cajas Petri sobre papel filtro humedecido con 5 ml del extracto respectivo de cada abono. Se usaron dos cajas Petri por cada tratamiento (20 semillas). En la figura 23 se puede apreciar el proceso de este bioensayo.



**Figura 23. Prueba de fitotoxicidad; (A), tamizado, (B), filtrado, (C), incorporación de semillas en solución, (D), semillas con agua destiladas**

**3.6.3 Tamizaje.** Para esta actividad se utilizó un tamiz (rejilla 150 x 70 cm) con marco metálico para abono orgánico Tamaño de malla, 4 x 2 cm aprox, como se observa en la figura 24.



**Figura 24. Tamizado**

**3.6.4 Empacado.** Se utilizó sacos o lona en fibra de 50 kg, ya con esta actividad se puede verificar la cantidad de bultos de abono que salió es decir su rendimiento.

### **3.7 Técnica de Análisis y Procesamiento de Datos**

Las técnicas de análisis que se utilizaron fueron software estadístico como son el sistema infostat, Excel, Word, graficas, imágenes, tablas comparativas y bitácoras para recolectar datos en la planta piloto de compostaje.

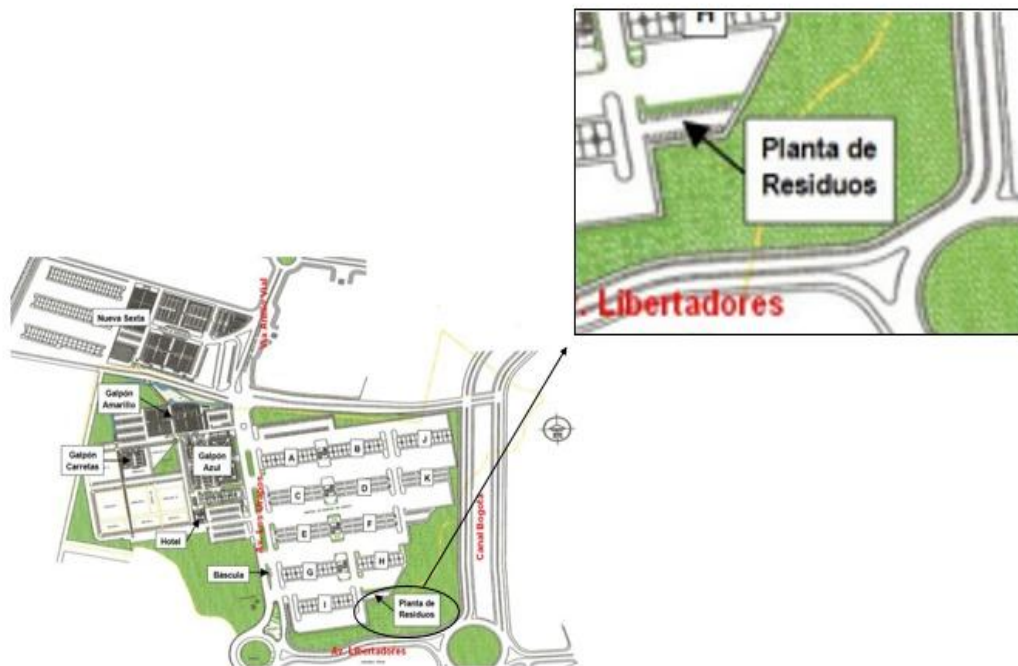
### **3.8 Presentación de Resultados**

Las presentaciones de los resultados se realizaron por medio de barras, graficas, imágenes y datos estadísticos.

## 4. Resultados

### 4.1 Montaje del Sistema de Compostaje

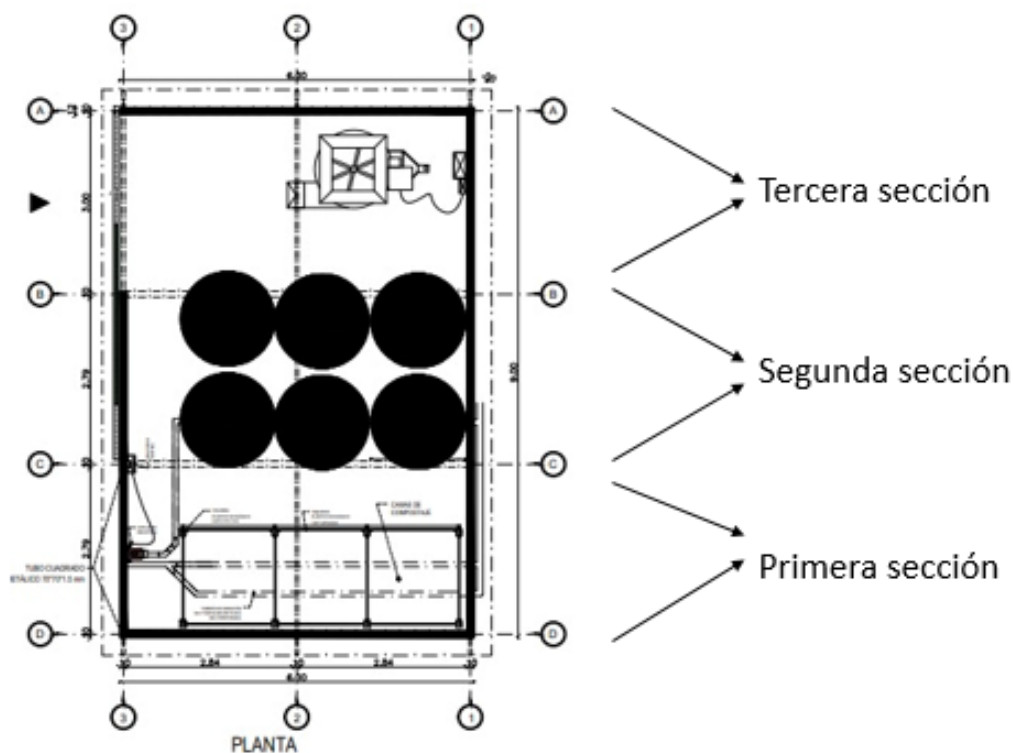
**4.1.1 Ubicación.** El lugar donde se realizó el montaje de los sistemas de compostaje y estudios piloto del sistema de apilamientos, sistema autónomo, sistema abierto con aireación y sistema tradicional, fue en la ciudad de Cúcuta en la planta de compostaje que tiene Cenabastos S.A ubicada en la Av. 2 #31N-36 barrio tasajero, con una temperatura media de 27°C, la más alta de 38°C y la más baja de 17°C, cómo se observa en la figura 25.



**Figura 25. Planta de compostaje**

**4.1.2 Diseño y distribución de los sistemas de compostaje.** El diseño y montaje de la planta piloto con los tres sistemas evaluados, se realizarán en un área de 6 metro de ancho por 9 metro de largo, para una área total de 54m<sup>2</sup>, esta área se distribuyó en 3 secciones, una primera sección para el montaje del sistema autónomo cerrado que cuenta con tres paneles cerrados de 1.50mt por

1.50mt cada uno, ocupando una dimensiones de 1.50mt x 4.50mt ocupando un área total de 6.75 mt<sup>2</sup> dentro de la planta, una segunda sección de aproximadamente de 4.50 mt metro largo por 5.50 mt de ancho para la distribución del sistemas faltante ( sistema tradicional y sistema autónomo abierto ) y espacio suficiente para el volteo del mismo, ocupando un área de 24.2 mts<sup>2</sup> y una tercera sección utilizada para guardar los materiales, como la picadora de residuos orgánicos, canecas, palas y demás materiales requeridos como se observa en la figura 26.



**Figura 26. Distribución en planta de compostaje**

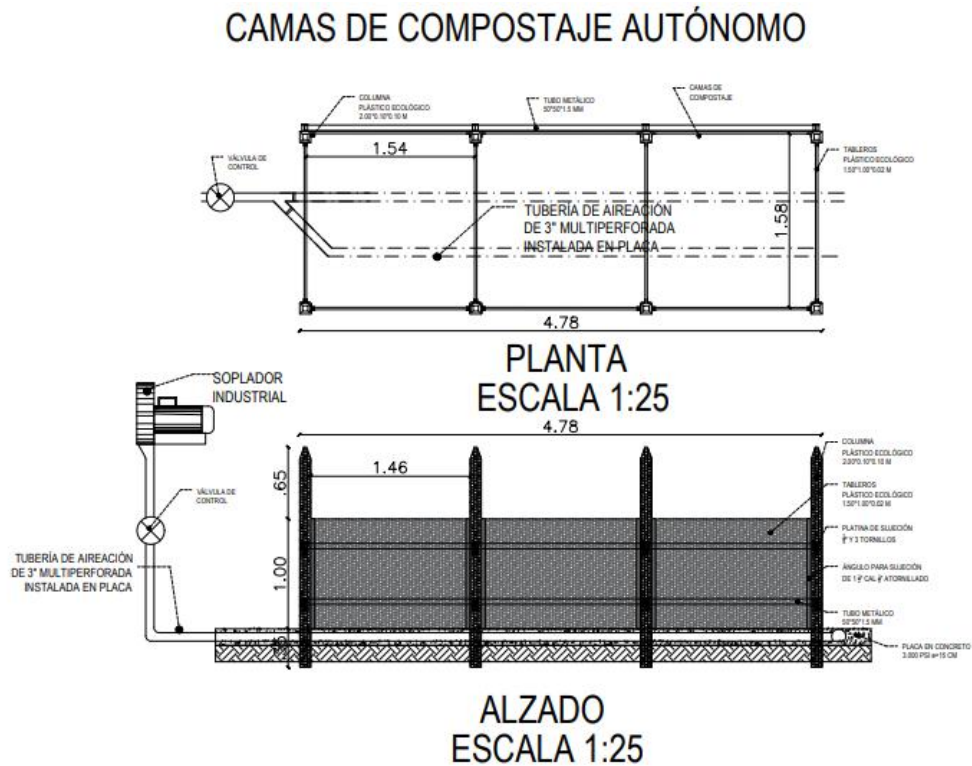
**4.1.3 Sistema autónomo cerrado.** Se realizó la construcción de las camas de compostaje para el sistema autónomo con unas dimensiones de 1,50 x 1,50 con paneles ecológicos, de plasticos recolectados, se utilizó 460 kg de estos residuos sólidos, dándole un segundo aprovechamiento, con instalación de tubería de tres pulgadas (3") conectadas a la turbina de

centrífuga que a su vez también están conectados los tubos del sistema abierto con aireación, estos tubos tienen válvulas, que impiden el paso de aire de un sistema a otro esto con el objetivo que poder concentrar el aire al sistema deseado y impedir que el aire realice un retorno. Además, la tubería fue diseñada para recolectar los lixiviados que genere los sistemas autónomo conectado a la caja de recolección de lixiviados, colocando llaves de paso al final de la tubería para que mientras la aireación se encuentre activada impida y detenga los lixiviados generados y pudiéndose abrir las llaves mientras que la turbina se encuentre apagada pueda tener una libre circulación de los mismos. En la figura 27, se puede apreciar el diseño y las dimensiones de las camas de compostaje para el sistema autónomo, igualmente en la figura 28 se observa el diseño de la tubería de aireación, y los módulos para el sistema autónomo.

**4.1.4 Sistema abierto con aireación.** Este sistema como su nombre lo indica contó con inyección de aire, pero bajo un sistema abierto, que está conectado al sistema de aireación con el sistema autónomo, como se describe en el apartado anterior.

**4.1.5 Sistema tradicional.** Este sistema es el más sencillo ya que no contó con inyección por parte de la turbina centrífuga, su aireación fue con volteo manual lo que hace, que se requiera más mano de obra para la degradación de los residuos, siendo este un sistema abierto.





**Figura 27. Diseño de cama de compostaje del sistema autónomo**

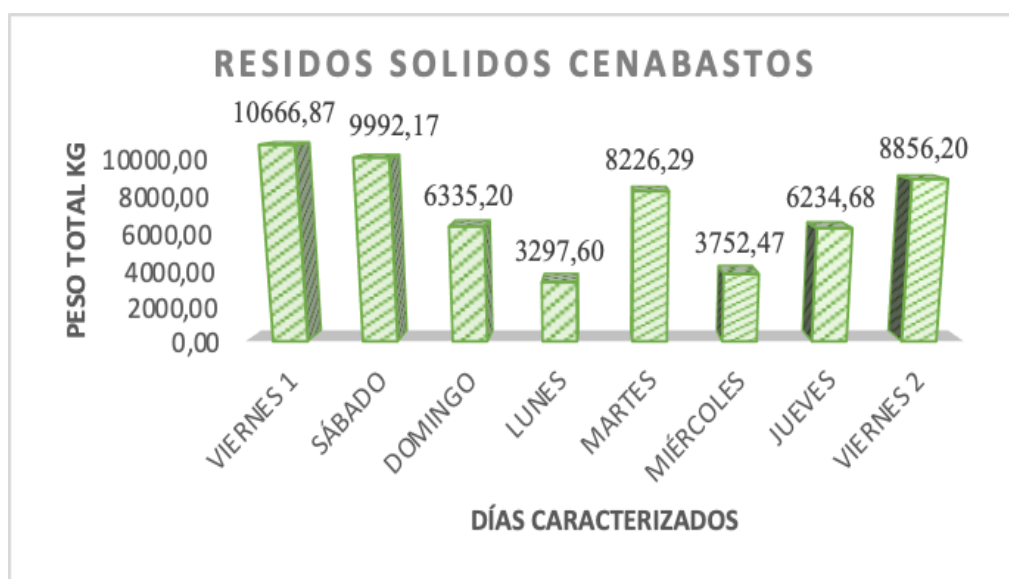


**Figura 28. Diseño y distribución de la aireación para los dos sistemas de aireación forzada y los módulos del sistema autónomo**

**4.1.6 Obtención y Acondicionamiento del material.** Con la finalidad de obtener la composición y cantidad de esto residuos se realizó una caracterización por el método de cuarteo en la Central de Abastos de la Ciudad de Cúcuta CENABASTOS el proceso de cuantificación de

datos y caracterización tuvo una durabilidad de ocho días (lunes a domingo repitiendo un viernes), durante los días caracterizados se produjo un total de 57.351 kg de residuos orgánicos, cuyo contenido en su mayoría son de restos de verduras, frutas y cascaras de plátano, zanahoria, ajo, cebolla, limón. Sandía, entre otros.

En la figura 29, presentada a continuación, es posible identificar que los días de mayor producción son los viernes, sábados y martes, y los días de menor producción son los lunes, jueves y domingo.



**Figura 29. Caracterización de residuos sólidos generados en Cenabastos**

Con base a lo anterior se pudo concluir que, dentro de los días de mayor producción, el primer viernes se produjo un total de 10.667 kg, es decir el 18.6% del total de los residuos semanales cuantificados. Para el caso del segundo viernes la producción alcanza 8.856 kg, es decir, un 15,4% del total semanal. Estos datos permiten identificar el viernes como un punto de referencia de la cantidad de residuos generados en sitio. Al igual que conocer el valor mínimo obtenido durante los días de mayor producción, los cuales corresponden a los días martes,

presentando un total de 8.226 kg, es decir el 14.3% del total semanal. Ahora bien, para el caso de los días de menor generación, se destaca que dentro los tres días, la producción más baja de residuos orgánicos es obtenida los días lunes con un valor de 3.298 kg representando un pequeño porcentaje de 5.7% del total de la semana cuantificada.

**4.1.7 Montaje de los tres sistemas de compostaje.** Para el montaje de los sistemas se realizó el pesaje de las canecas con la finalidad de obtener en kilogramos la cantidad de material a compostar como se observar en la tabla 3 y de esta forma hallar la densidad de cada pila en cada sistema empleando la ecuación de densidad.

**Densidad.** La densidad de los residuos fue evaluado a su ingreso usando un recipiente cilíndrico de 200 litros vacío, como se describió en la metodología, obteniendo como resultado un volumen de 0,198 m<sup>3</sup>, ya con este dato se procedió a calcular la densidad de cada pila con la ecuación 1. Lo cual se puede observar en la tabla 4 el resultado de la densidad de los materiales y la mezcla a comportar.

Ecuación 1

$$D = \frac{m}{v}$$

Donde:

V : volume de recipiente

m: peso de residuos

**Tabla 3. Pesos de los residuos**

Peso de los residuos						
Sistema	Pila	Poda (kg total)	Residuos orgánicos (kg total)	Kg poda por caneca (promedio)	Kg residuos orgánicos por caneca (promedio)	Volumen de caneca
Sistema abierto con aireación	P1	221,600	349,000	55,400	87,250	198,6
	P2	238,900	354,700	59,725	88,675	198,6
	P3	245,900	302,400	61,475	75,600	198,6
Sistema autónomo	P1	374,500	686,600	53,500	98,086	198,6
	P2	345,600	688,900	49,371	98,414	198,6
	P3	367,300	650,000	52,471	92,857	198,6
Sistema tradicional	P1	221,300	408,700	55,325	102,175	198,6
	P2	193,600	445,600	48,400	111,400	198,6
	P3	168,700	421,500	42,175	105,375	198,6

Como se observa en la tabla 3, el sistema autónomo con aireación forzada, se le aplicó una cantidad mayor de residuos ya que este sistema cuenta con un diseño tipo cuadrado con los paneles ecológicos, lo cual permite una mayor disposición de material, obteniendo de esta forma una aplicación de 7 canecas de residuos de poda y 7 de residuos orgánicos con la relación 1:1, para los otros sistemas, sistema tradicional y sistema abierto con aireación se les aplico las mismas cantidades de canecas,4 de residuos de poda y 4 de residuos orgánicos.

**Densidad.** Según la tabla 4, se aplicó la ecuación 1 en formato de Excel para determinar la densidad del material orgánica para la formación de las pilas I, II, y III de cada sistema, da como resultado que el sistema autónomo con aireación forzada la pila (I) tiene una densidad de 0,382 kg/m<sup>3</sup>, pila (II) 0,372 kg/m<sup>3</sup>, la pila (III) de 0,366 kg/m<sup>3</sup> y el sistema tradicional con una densidad para la (I) pila de 0,397 kg/m<sup>3</sup>, para la pila (II) de 0,402 kg/m<sup>3</sup>, para la pila III de 0,371 kg/m<sup>3</sup>.sistema abierto con aireación una densidad para la (I) pila de 0,359 kg/m<sup>3</sup>, para la pila (II) de 0,374 kg/m<sup>3</sup>, para la pila III de 0,345 kg/m<sup>3</sup>. Mostrando una distribución de los tres sistemas de compostaje como se observa en la figura 30.

Tabla 4. Densidad

Densidad				
Sistema	Pila	Densidad poda	Densidad residuos orgánicos	Densidad por pila
Sistema abierto con aireación	P1	0,279	0,439	0,359
	P2	0,301	0,447	0,374
	P3	0,310	0,381	0,345
Sistema autónomo	P1	0,269	0,494	0,382
	P2	0,249	0,496	0,372
	P3	0,264	0,468	0,366
Sistema tradicional	P1	0,279	0,514	0,397
	P2	0,244	0,561	0,402
	P3	0,212	0,531	0,371



Figura 30. Montaje de los tres sistemas de compostajes

#### 4.1.8 Características fisicoquímicas y microbiológicas iniciales de los residuos

**Orgánicos.** Según la tabla 5 correspondiente a análisis fisicoquímicos de los residuos orgánicos, este presenta un carbono total de un 37,5% y nitrógeno total de 1,83%, los cual al dividir estos dos resultados da una relación C/N de 20,49.

Analizando esta relación C/N se necesita mezclarlo con otros materiales ricos en carbono que ayude a optar por una relación C/N óptima que este dentro del rango de 25-35, es este caso se utilizó residuos de poda para alcanzar la relación C/N óptima, con el fin de que el sustrato que se obtenga al final de la degradación tenga las características que debe tener un abono para ser implementado a la agricultura. Por tal razón se optó por mezclar estos dos materiales el cual a ser analizados, arroja una relación carbono C/N de 36,8 como se observa en la tabla 6, los cual indica que se encuentra en el rango óptimo.

Se puede observar en la tabla 5 y 6 el porcentaje de materia orgánica alto que al ser mezclado se equilibra el material orgánico a 52,06 como se observa en la tabla 7 siendo este el material con el cual las pila comenzaron su proceso de compostaje, y además con un buen porcentaje de humedad para que los microorganismos que son los encargados de realizar este proceso tengan las condiciones óptimas e ideales en las pilas.

**Tabla 5. Análisis fisicoquímico de los residuos orgánicos Cenabastos**

<b>Residuos orgánicos – Cenabastos</b>				
<b>Análisis fisicoquímico</b>				
<b>Fecha de análisis</b>	<b>Variable</b>	<b>Método</b>	<b>Resultado</b>	<b>Unidades</b>
07/04/2022	Carbono orgánico total	Ntc 5403 walkey & black	37,5	%
04/04/2022	Humedad	Iso 11465:2011	83,44	%
07/04/2022	Materia orgánica	Walkey black	64,65	%
06/04/2022	Nitrógeno total	Ntc 5889	1,83	%
05/04/2022	Ph	Ntc 5264	4,32	Unidades de ph
07/04/2022	Relación c/n	Cálculo	20,49	

Fuente: Siana (2022).

**Tabla 6. Análisis fisicoquímicos de residuos de poda**

<b>Residuos de poda</b>				
<b>Análisis físico químico</b>				
<b>Fecha de análisis</b>	<b>Variable</b>	<b>Método</b>	<b>Resultado</b>	<b>Unidades</b>
14/07/2022	Carbono organico total	Ntc 5403 walkey & black	45,05	%
07/07/2022	Humedad	Iso 11465:2011	59,28	%
14/07/2022	Materia orgánica	Ntc 5403 walkey & black	77,66	%
13/07/2022	Nitrógeno total	Ntc 5889:2011	0,98	%
	Relación c/n	Cálculo	45,98	

Fuente: Siana (2022).

**Tabla 7. Análisis fisicoquímico de mezcla de materiales**

<b>Mezcla de residuos orgánicos y residuos de poda</b>				
<b>Análisis fisicoquímico</b>				
<b>Fecha de análisis</b>	<b>Variable</b>	<b>Método</b>	<b>Resultado</b>	<b>Unidades</b>
14/07/2022	Carbono orgánico total	Ntc 5403 walkey & black	30,2	%
14/07/2022	Humedad	Iso 11465:2011	64,92	%
14/07/2022	Materia orgánica	Ntc 5403 walkey & black	52,06	%
13/07/2022	Nitrógeno total	Ntc 5889:2011	0,82	%
13/07/2022	Relación c/n	Cálculo	36,8	

Fuente: Siana (2022).

**4.1.9 Potencial de hidrogeno (pH) de análisis de laboratorio de residuos orgánicos al momento del montaje.** Un rango optimo en el proceso de compostaje del pH según el manual del compostaje (Román, Martínez, & Pantoja, 2013) es de 4,5 y 8,5, y teniendo en cuenta los análisis de los residuos tiene un pH de 4,3 por debajo del rango, un pH muy acido, pero durante el proceso de degradación este va aumentado a causa de la actividad de los microorganismos.

**4.1.10 Análisis microbiológico.** Los análisis microbiológico que se les realizo tanto a los (residuos orgánicos, residuos de poda y en conjunto de los residuos), (tabla 8-9-10) indica que

estos residuos sólidos presentan microorganismos aerobios mesófilo, que son importantes para el proceso de degradación de los materiales, también hubo presencia de bacterias como *Escherichia Coli* por lo tanto en el proceso de descomposición se requiere que en el transcurso de la degradación las pilas alcancen la fase termófila que abarca temperaturas de 45 a 70 C° para la eliminación de esta bacteria, además pudiéndose observar la ausencia de *Salmonella spp* en los tres análisis.

**Tabla 8. Análisis microbiológico de residuos orgánicos**

<b>Residuos orgánicos – Cenabastos</b>				
<b>Análisis microbiológico</b>				
<b>Fecha de análisis</b>	<b>Variable</b>	<b>Método</b>	<b>Resultado</b>	<b>Unidades</b>
25-03-2022 28-03-2022	Recuentos de aerobios mesófilos	Ntc 4519	59 x 10 <sup>2</sup>	Ufc/g
25-03-2022 26-03-2022	Coliformes termotolerantes (anteriormente coliformes fecales)	Sm 9222 d modf.	48 x 10 <sup>2</sup>	Ufc /g(base seca)
25-03-2022 26-03-2022	<i>Escherichia coli</i>	Sm 9222 j modf.	66 x 10	Ufc /g(base seca)
25-03-2022 28-03-2022	<i>Salmonella spp</i>	Iso 6579	Ausencia	Ausencia o presencia / g (base seca)

Fuente: Siama (2022).

**Tabla 9. Análisis microbiológico de residuos de poda**

<b>Residuos de poda de Centrales Eléctricas</b>				
<b>Análisis Microbiológico</b>				
<b>Fecha de análisis</b>	<b>Variable</b>	<b>Método</b>	<b>Resultado</b>	<b>Unidades</b>
21/6/2022	Recuentos aerobios mesófilos	Ntc 4519	28 x 10 - 4	Ufc/ g o ml
21/6/2022	Coliformes termotolerantes (anteriormente coliformes fecales)	Sm 9222 d modificado	10 x 10 - 3	Ufc/ g (base seca)
21/6/2022	<i>Escherichia coli</i>	Sm 9222 d modificado	25 x 10. 2	Ufc/ g (base seca)
21/6/2022	<i>Salmonella spp</i>	Iso 6579 modificado	Ausencia	Ausencia

Fuente: Siama (2022).



**Tabla 10. Análisis microbiológico de mezcla de materiales**

Mezcla de residuos orgánicos y residuos de poda				
Análisis microbiológico				
Fecha de análisis	Variable	Método	Resultado	Unidades
21/6/2022	Recuentos aerobios mesófilos	Ntc 4519	30 x 10 <sup>-4</sup>	Ufc/ g o ml
21/6/2022	Coliformes termotolerantes (anteriormente coliformes fecales)	Sm 9222 d modificado	11 x 10 <sup>-3</sup>	Ufc/ g (base seca)
21/6/2022	<i>Escherichiacoli</i>	Sm 9222 d modificado	80 x 10 <sup>-3</sup>	Ufc/ g (base seca)
21/6/2022	<i>Salmonella spp</i>	Iso 6579 modificado	Ausencia	Ausencia

Fuente: Siana (2022).

## 4.2 Evaluación del Comportamiento del Sistemas de Compostaje

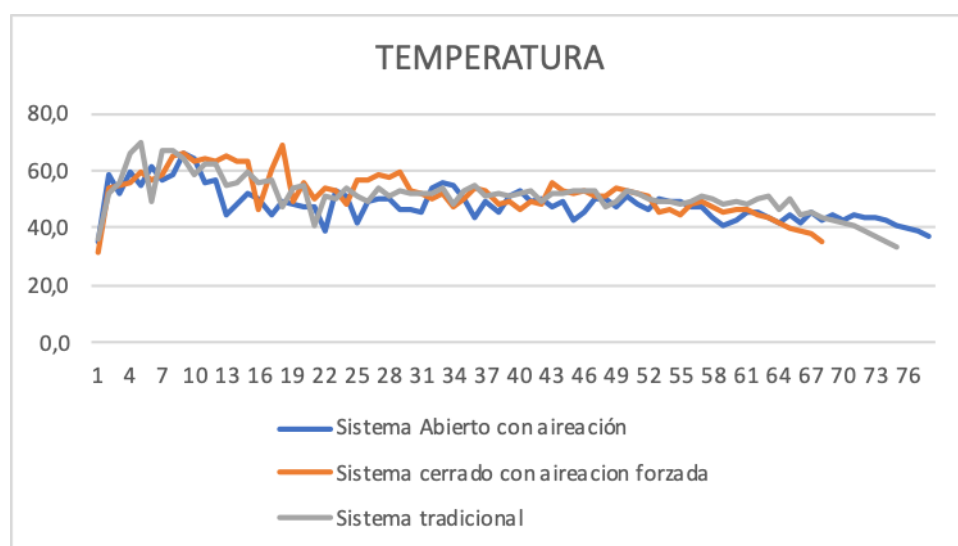
**4.2.1 Temperatura.** En la figura 31, se puede observar que el aumento de las temperaturas fue rápido para los tres sistemas, la etapa mesófila tuvo una duración de un día, donde alcanzaron temperatura promedio para el sistema autónomo de 31 °C, para el sistema abierto con aireación de 35 °C y para el sistema tradicional de 36 °C, Para el segundo días las temperaturas alcanzan temperaturas superiores a 50 C° es decir el proceso paso a la etapa termófila en el segundo día en los tres sistemas evaluados, indicando de esta forma presencia de microorganismos termofílicas encargadas de la degradación de sustancias más complejas.

Las temperaturas fueron incrementándose hasta alcanzar un registro máximo para el sistema autónomo de 68°C, para el sistema tradicional de 69 °C y para el sistema abierto con aireación de 66 °C.

Las temperaturas en el sistema autónomo mantuvieron el calor más uniforme al alrededor de la pila ya que los paneles suelen actuar como barrera térmica impidiendo que la temperatura del ambiente se encuentre involucrado, en comparación con el sistema abierto con aireación que

cuenta con las mismas condiciones que el sistema autónomo con la diferencia de que se encuentra expuesto a la intemperie, ocasionado un descenso de temperatura.

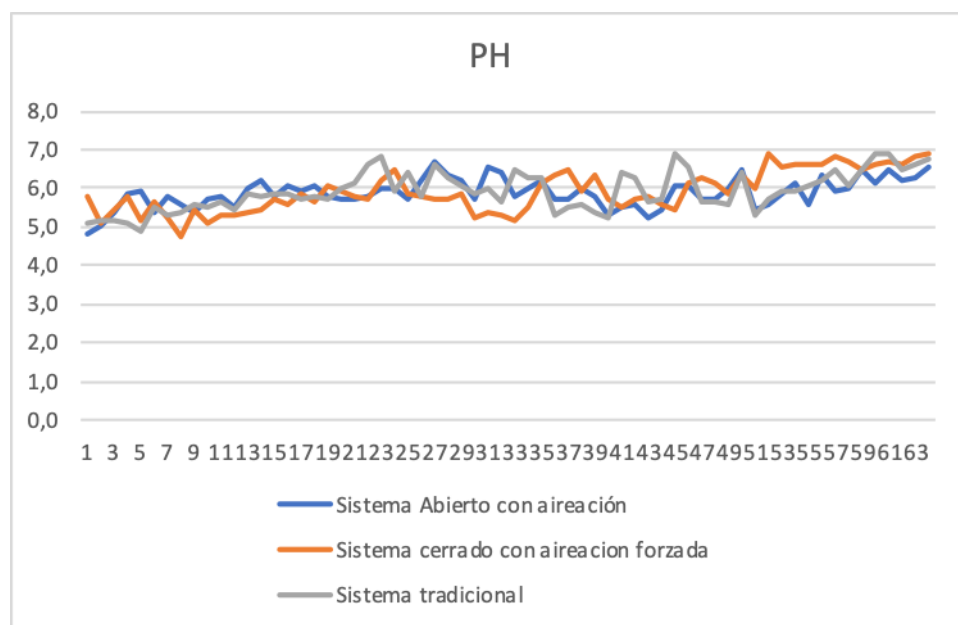
Luego las temperaturas empezaron a descender anticipadamente en el sistema autónomo a diferencia de los sistemas abiertos, los cuales tuvieron un tiempo de compostaje más largo. El descenso de las temperaturas alcanzó un promedio de 33 °C a 36 °C para los diferentes tratamientos.



**Figura 31. Comportamiento de temperatura durante el proceso de compostaje**

**4.2.2 Potencial de hidrogeno (pH).** El potencial de hidrogeno o bien conocido “pH” en un método para poder determinar el rango en el que se encuentra los materiales ya sea un material ácido, neutro o alcalino, en la figura 32 se observó el comportamiento inicial donde el sistema abierto con aireación presento el pH más ácido, cercano a los 4.5, continuando con el sistema tradicional que presento un pH superior a los 5.0, el sistema autónomo presento un pH cercano a los 6.0 contemplando una distribución de los pH en el transcurso del proceso de compostaje bastante variado además los días 5 y 17 los pH fueron muy similar entre los sistemas, y al finalizar el proceso se observa que al llegar al día 57 hasta el días 63 “etapa final” los tres

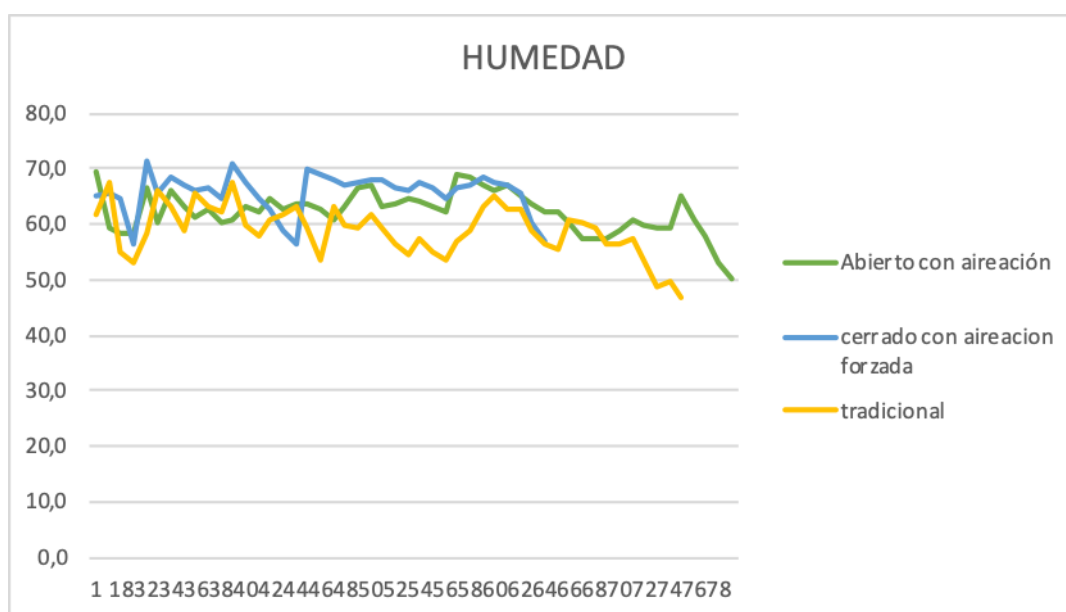
tratamientos tienden a volverse cada vez más neutro emparejándose y conservando un pH cercano a 7.0 (pH neutro).



**Figura 32. Comportamiento del pH durante el proceso**

**4.2.3 Humedad.** la prueba de humedad es un factor muy importante en el proceso de compostaje por tal razón se tuvo en cuenta al momento del montaje del sistema, para tal labor se utilizó la prueba de puño en la cual se determina introduciendo la mano al centro de la pila, aplastando la muestra con el puño de la mano donde si la muestra presentaba gotas de agua, se encontraba en saturación de agua con un porcentaje mayor al 60% y si de lo contrario presentaba solo la compactación una humedad entre el 40% y el 60%, y si por lo contrario no se presentaba compactación del material presentaba un humedad inferior a los 40%, Y a su vez se le realizo análisis de humedad en laboratorio de la Universidad Francisco de Paula Santander sede Campus Elíseos, al momento del montaje de los sistemas y posteriormente cada semana donde se pudo observar en la figura33 que las pilas comenzaron con una humedad cercana entre el 60% y el 70%.

A su vez de implemento el método para determinar la humedad por densidades en el cual se obtuvo la densidad del material seco en laboratorio y al determinar densidad humedad en la planta de compostaje pudiendo determinar humedad diariamente y llevar un control diario, donde se pudo observar la distribución de humedad siendo el sistema tradicional el sistema que más presentó descensos más prolongados a comparación del sistema autónomo que mantiene más la humedad dentro de la pila siendo este un sistema que ayuda a disminuir la cantidad de agua requerida sin dejar caer sus porcentajes.



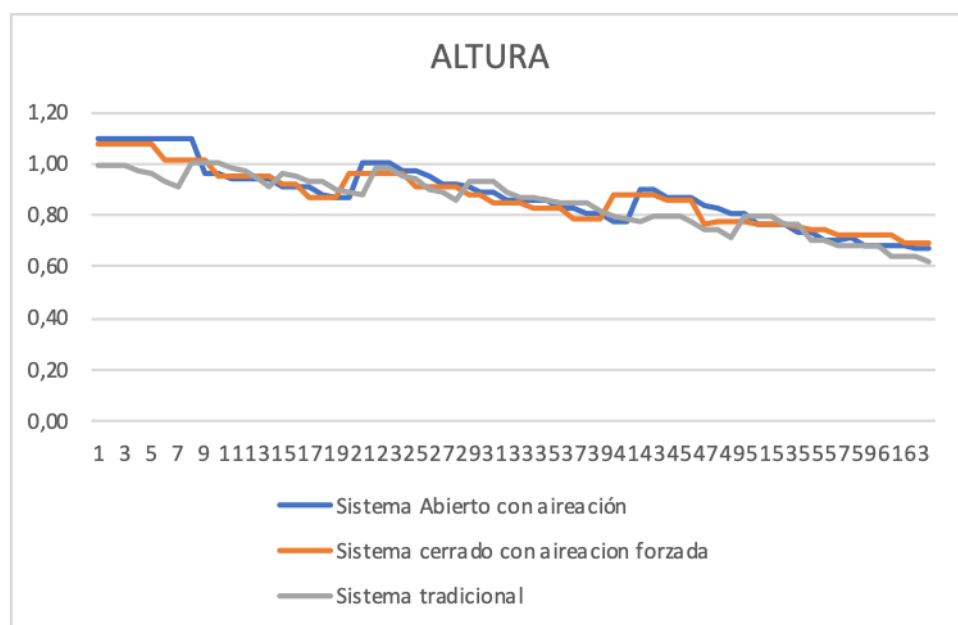
**Figura 33. Comportamiento de humedad en los sistemas**

**4.2.4 Altura.** Para la interpretación de la figura 34 referente a la altura se tiene en cuenta los volteos que se realizó a cada sistema, para el sistema autónomo se realizó cada 20 días los volteos, pudiendo observar una pérdida de altura en cm aproximada de 16 a 18 cm, desde el primer día hasta el día que se realizó volteos, es decir en el transcurso de los 20 días. Para el sistema abierto con aireación se realizó volteos igual que el autónomo cada 20 días ya que estos contaron con inyección de aire, teniendo una pérdida de altura aproximada de 21 a 22 cm y para

el sistema tradicional se realizó volteos una vez por semana, observando de esta forma, una pérdida de altura aproximada de 6 a 9 cm, durante los 8 días.

Para el sistema autónomo se obtiene en total una pérdida de altura desde el primer día hasta el final del proceso de 32 cm, para el sistema abierto con aireación 48 cm y para el sistema tradicional 37 cm.

Demostrando en estos resultados que la actividad de los microorganismos fue eficiente y que actúan de tal forma, que degradan todo material dispuesto para compostar percibiendo al final del proceso una menor cantidad de producto y un sustrato tipo compost.



**Figura 34. Comportamiento de altura en los sistemas**

**4.2.5 Análisis en software Infostat.** Los análisis en software Infostat se visualizan a continuación:

TEMPERATURA					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
TEMPERATURA	222	0,78	0,65	8,20	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8519,79	80	106,50	6,23	<0,0001
DIA	8189,77	78	105,00	6,14	<0,0001
SISTEMA	330,02	2	165,01	9,65	0,0001
Error	2410,04	141	17,09		
Total	10929,83	221			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,59842			
Error: 17,0925 gl: 141			
SISTEMA	Medias	n	E.E.
S. ABIERTO CON AIREACION	48,09	79	0,47 A
S. TRADICIONAL	51,29	75	0,48 B
S. AUTONOMO	52,11	68	0,50 B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)*

**Figura 35. Resultado de temperatura**

Al ingresar los datos de temperatura en el software InfoStat para análisis estadístico de cada uno del tratamiento, se pudo observar en cuanto análisis de varianza, mostró una ligera diferencia significativa, ya que según literaturas si el p-valor es mayor a 0,05 indica que no son significativamente diferente y si es menor a 0.05 existe diferencia significativa, en este caso indica un p-valor de <0,0001. En cuanto al coeficiente de variabilidad nos da 8,20 % lo que demuestra una confiabilidad en cuanto la toma de datos en campo, puesto que el coeficiente de variabilidad aumenta cuando se tienen datos atípicos extraños o no se tomó los datos bien.

Según la prueba de Tukey, para la comparación de muestra, el sistema tradicional con 51,29 °C y el sistema autónomo con 52,11 °C son los que presentó mayor temperatura siendo el

autónomo el que más sobresale de los demás sistemas, además estos dos sistemas superan estadísticamente al sistema abierto con aireación puesto que presenta una ligera diferencia.

**4.2.6 Potencial de hidrogeno (pH).** A continuación, se muestran los de potencial de hidrogeno (pH):

PH					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
PH	222	0,72	0,55	5,84	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	43,78	80	0,55	4,43	<0,0001
DIA	43,69	78	0,56	4,54	<0,0001
SISTEMA	0,09	2	0,04	0,36	0,6963
Error	17,41	141	0,12		
Total	61,19	221			
Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,13586					
Error: 0,1235 gl: 141					
SISTEMA	Medias	n	E.E.		
S. AUTONOMO	5,97	68	0,04	A	
S. TRADICIONAL	6,03	75	0,04	A	
S. ABIERTO CON AIREACION	6,04	79	0,04	A	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)					

**Figura 36. Resultados de PH**

El coeficiente de variación presentó un porcentaje de 5,84%, lo cual nos dice que son datos confiables y estadísticamente expresados. Para análisis de varianza se observa un p-valor de 0,6963, por lo tanto, no hubo diferencia significativa ya que el dato es mayor a 0,05. En cuanto a la prueba de Tukey, el promedio en todos los sistemas mantuvo valores cercanos para los tres sistemas evaluados.

HUMEDAD					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
HUMEDAD	222	0,99	0,99	8,49	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	197925,89	80	2474,07	223,88	<0,0001
DIA	197584,55	78	2533,14	229,22	<0,0001
SISTEMA	341,34	2	170,67	15,44	<0,0001
Error	1558,19	141	11,05		
Total	199484,08	221			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,28526  
 Error: 11,0510 gl: 141

SISTEMA	Medias	n	E.E.	
S. TRADICIONAL	37,71	75	0,38	A
S. AUTONOMO	38,70	68	0,40	A
S. ABIERTO CON AIREACION	40,97	79	0,37	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Figura 37. Resultados de humedad**

El coeficiente de variación presentó un porcentaje de 8,84 % lo cual nos dice que son datos confiables y estadísticamente expresados. Para análisis de varianza se observa un p-valor de <0,0001, por lo tanto, presenta diferencia significativa ya que es <0,05. En cuanto a la prueba de Tukey, para la comparación de los sistemas, el sistema abierto con aireación presenta una media de 40,97, lo que supera estadísticamente al sistema autónomo y tradicional, puesto que presenta diferencia significativa.



ALTURA					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
ALTURA	222	0,96	0,93	4,46	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4,44	80	0,06	40,73	<0,0001
DIA	4,40	78	0,06	41,35	<0,0001
SISTEMA	0,04	2	0,02	16,42	<0,0001
Error	0,19	141	1,4E-03		
Total	4,64	221			
Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,01428					
Error: 0,0014 gl: 141					
SISTEMA	Medias	n	E.E.		
S. TRADICIONAL	0,80	75	4,3E-03	A	
S. ABIERTO CON AIREACION	0,82	79	4,2E-03	B	
S. AUTONOMO	0,86	68	4,5E-03	C	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)					

**Figura 38. Resultados de altura**

El coeficiente de variación presentó un porcentaje de 4,46 % lo cual nos dice que son datos confiables y estadísticamente expresados. Para análisis de varianza se observa un p-valor de <0,0001, por lo tanto, presenta diferencia significativa ya que es  $p < 0,05$ . En cuanto a la prueba de Tukey, para la comparación de los sistemas, el sistema autónomo presenta una media de 0,86, lo que supera estadísticamente al abierto con aeración y tradicional, puesto que presenta diferencia significativa.

**4.2.7 Olor.** Aunque para este factor no existe un método específico que permita determinar si el olor durante el proceso de degradación fue agradable o no, si es un factor que se puede percibir de forma sensorial con nuestro olfato. En los sistemas empleados se presentó un olor agradable muy similares a los olores que emiten plantas medicinales y a bosque aportando un ambiente fresco, gracias a la relación 1:1 que fue aplicada a los sistemas, aportando la cantidad suficiente de carbono como son los residuos de poda, que actúa como estructurante, evitando la

compactación, ayudando de esta forma que el proceso mantenga la degradación en forma aerobia; también fue importante la mezcla inicial que permitió una relación C/N adecuada evitando la pérdida de Nitrógeno en forma amoniacal, lo que hace que se desprendan malos olores en las pilas, situación que se pudo apreciar en las pilas de compostaje de Cenabastos.

**4.2.8 Tiempo.** El sistema con más días de compostaje fue el sistema abierto con aireación con un total de 80 días, posteriormente el sistema tradicional con 76 días, y finalmente el sistema que menos días duro en el proceso de compost fue el sistema autónomo, demostrando que el sistema fue eficiente y más rápido a comparación de los demás sistemas como se observa en la tabla 11.

**Tabla 11. Tiempo de compostaje**

<b>Sistemas</b>	<b>Fecha de inicio</b>	<b>Fecha final</b>	<b>Días de compostaje</b>
Sistema autónomo	20/06/2022	27/08/2022	69
Sistema abierto con aireación	09/06/2022	27/08/2022	80
Sistema tradicional	13/06/2022	27/08/2022	76

**4.2.9 Rendimiento.** Según tabla 12 se puede observar que el sistema autónomo cerrado obtuvo un rendimiento de 37,74 %, manifestando que es un sistema capaz de obtener promedios más altos, que los sistemas (abierto con aireación y tradicional), obteniendo un rendimiento mayor con respecto a tiempo en menores días de compostaje.

**Tabla 12. Rendimiento**

Sistemas	Kg de poda inicial	Kg de residuos organico inicial	Cantidad de material inicial	Material compostado en kg	Rendimiento %
Sistema autónomo cerrado	1087,4	2025,5	3112,9	1174,9	37,74
Sistema abierto con aireación	706,4	1006,1	1712,5	514,2	30,03
Sistema tradicional	583,6	1275,8	1859,4	518,5	27,89

**4.2.10 Densidad real.** La prueba de densidad real se desarrolló y se llevó a cabo en las instalaciones de laboratorio de suelo de la Universidad Francisco de Paula Santander donde se tomaron como base la literatura de (Norma técnica colombiana, 2004) el cual expresa que la metodología indicada para hallar densidad real en compost es a través de probeta, para tener un dato más certero, ya que común mente se utiliza el picnómetro.

El análisis con probeta nos brinda un valor de 0,4g/m<sup>3</sup> en el sistema autónomo siendo este la densidad real más baja y el tradicional el que presento la densidad real mayor con 0,6 g/m<sup>3</sup> dando como resultado que el sistema autónomo presento menos compactación asegurando espacio y poros para que el aire y el agua pueda circular a través de él, siendo este un material más macro poroso como se observa en la tabla 13.

**Tabla 13. Densidad real**

Sistema	Probeta					Segunda prueba de densidad
	Peso de la probeta vacía (w1)	Peso del material	Volumen	Probeta + material (w2)	Densidad	
Tradicional 1	81,5	16,8	30	98,3	0,560	0,605
Tradicional 2	84,5	17,7	30	102,2	0,590	0,594
Autonomo 1	84,6	15,5	30	100,1	0,517	0,491
Autonomo 2	80,9	14,6	30	95,5	0,487	0,522
Abierto con aireacion 1	76,5	13,5	30	90	0,450	0,580
Abierto con aireacion 2	77,4	14,4	30	91,8	0,480	0,539

### 4.3 Características Físicoquímicas y Microbiológicas del Abono

Para determinar la calidad del abono según la norma NTC 5167 la cual tiene por objetivo establecer los requisitos que deben cumplir los ensayos a los cuales deben ser sometidos los productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes en Colombia, para esto se tomaron 3 diferentes muestras de cada uno de los tratamientos, tanto para análisis físicoquímico como para análisis microbiológico, los resultados se muestran en la tabla. Igualmente, todos los resultados se encuentran en los anexos.

**4.3.1 Características físicoquímicas.** Todos los tratamientos cumplen con la norma NTC 5167 exceptuando el contenido de fósforo que se encuentra por debajo del 1%, acá interviene mucho los materiales a compostar y su contenido de fósforo se recomienda mezclarlo con alguna fuente de fósforo como roca fosfórica para mejorar su contenido.

En cuanto a Nitrógeno y Potasio que son dos de los macronutrientes más importantes para el crecimiento de las plantas se encuentra con porcentajes cercano al 2%, por encima de la norma lo que refleja un abono de buena calidad como se observa en tabla 14.

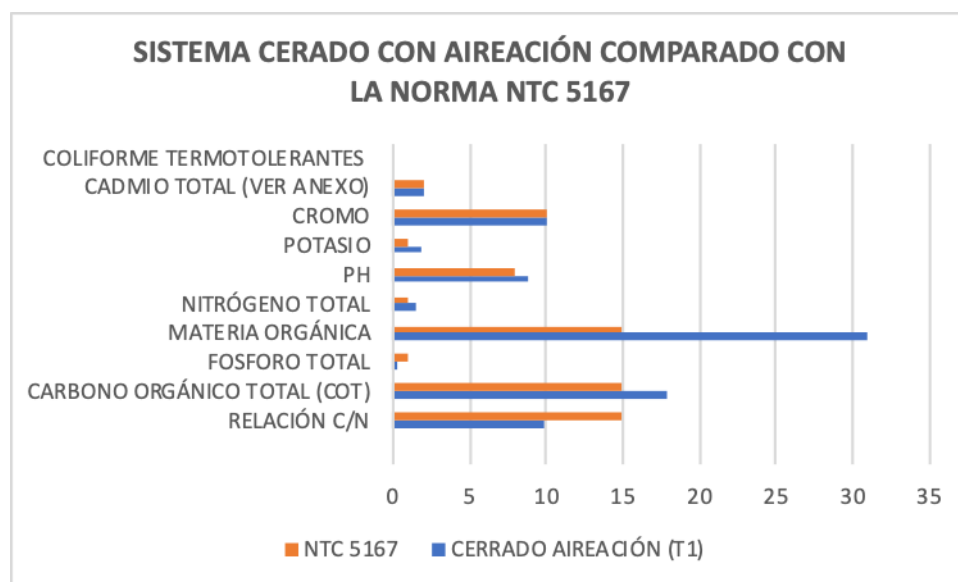
**Tabla 14. Resultados análisis fisicoquímicos y microbiológicos abono terminado**

Fecha de análisis	Variable	Método	Unidades	Resultados		
				Sistema autónomo (t1)	Abierto con aireación (t2)	Tradicional (t3)
9/08/2022	Relación c/n	Cálculo		9,8	9,8	10,7
9/08/2022	Carbono orgánico total (cot)	Ntc 5403	%	17,95	17,74	17,99
11/08/2022	Fosforo total	Igac 6a edicion 2006	%	0,2	0,32	0,2
9/08/2022	Materia orgánica	Ntc 5403	%	30,95	30,58	31,01
9/08/2022	Nitrógeno total	Ntc 5889:2011	%	1,43	1,8	1,68
1/08/2022	Ph	Ntc 5264:2018	Unidades de ph	8,8	8,56	8,09
16/08/2022	Potasio	Epa 3051 a, sm 3111 b	Mg/kg ss	1,87	1,89	1,74
16/08/2022	Cromo	Epa 3050 b y sm 3111 b	Mg/kg ss	<10	18,26	<10
11/08/2022	Capacidad de retención de humedad	Ntc 5167	%	73,4	68,46	82,72
1/08/2022	Cadmio total (ver anexo)	Epa 3050 b, sm 3111 b	Mg/kg ss	<2,0	<2,0	<2,0
27/08/2022 30/07/2022	Coliforme termotolerantes	Sm 9222 d ( ed, 23 rd) modif	Ufc / g (base seca )	15x10 <sup>1</sup>	30 x 10 <sup>2</sup>	22 x 10 <sup>2</sup>

Fuente: Siana (2022).

**4.3.2 Características microbiológicas.** Para coliformes termo tolerantes ( anteriormente coliformes fecales ) el mejor resultado fue el tratamiento cerrado con aireación forzada (autónomo ), se estima que por haber presentado las temperaturas promedios más altas en todo el proceso y el mismo sistema permitió que se mantuviera constante en todos el material, por lo tanto con solo 30 días de proceso arrojó resultados que cumplen con la norma NTC 5167, los tratamientos tradicionales y abierto con aireación presentaron resultados que no cumplen con la norma, esto debido a que todavía el proceso está incompleto y que el estar abiertos deja material por fuera de las altas temperaturas, se recomienda realizar otro análisis al final de la etapa de reposo. En la tabla 14 y la figura 39 se muestra la comparación de los resultados del tratamiento

cerrado con aireación forzada que presentó el mejor resultado comparados con la norma NTC 5167.



**Figura 39. Comparación del sistema autónomo con la norma NTC 5167**

**4.3.3 Resultados de fototoxicidad.** Según la metodología empleada para la prueba de fitotoxicidad realizada en laboratorio de campus Eliseo de la universidad Francisco de Paula Santander, teniendo como testigo la prueba de germinación con agua destilada siendo las once semillas el 100% de germinación para tener como base la germinación de los demás sistemas.

Como resultado se obtiene que el porcentaje de germinación como se observa en la 15 19 mayor porcentaje de germinación después del testigo es el sistema autónomo junto con el sistema abierto con aireación con respecto a los sistemas tradicional y material de Cenabasto que fueron los sistemas que el porcentaje de germinación menor, indicando que el sistema autónomo y el sistema abierto con aireación son los sistemas con el porcentaje de fitotoxicidad más bajo con respecto a sus antecesores ya mencionado, realizando una evaluación con la norma NTC 5167 el sistema autónomo y abierto con ventilación cumplen con la norma por estar por encima del 75%

de germinación.

**Tabla 15. Fitotoxicidad**

<b>Fitotoxicidad</b>			
<b>Sistema</b>	<b>Semillas</b>	<b>Semillas germinadas</b>	<b>Porcentaje de germinación</b>
Testigo	20	11	100,0
Autónomo	20	9	81,8
Abierto con aireación	20	9	81,8
Tradicional	20	7	63,6
Cenabasto	20	7	63,6

#### 4.4 Discusión de Resultados

Según (Bueno & Díaz, 2008). La evolución de las temperaturas indica muy bien el proceso de degradación. Clasifica el proceso de degradación en 3 fases: fase mesófila ( $T < 45\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), fase termófila ( $T > 45\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) y la fase mesófila 2 o fase final, considerándose como etapa final cuando alcancen temperaturas iniciales. En los resultados del trabajo se pudo apreciar que, si se clasificaron las fases de acuerdo al autor citado, la primera fase la mesófila, se presentó solo durante 24 horas, ya que las temperaturas aumentaron en el segundo día significativamente alcanzando la etapa termófila que abarco temperaturas de  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$  -  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$  en ambos sistemas. Posteriormente fueron descendiendo obteniendo la fase mesofílica 2 hasta alcanzar temperaturas en un promedio de  $33$  a  $36\text{ }^{\circ}\text{C}$ , lo que refleja una dinámica de actividad de los microorganismos, ya que estos generan el calor dentro de las pilas mientras trabajan en la degradación de los compuestos del material empleado a compostar.

Según Quinchoker & Huerta (2021). Las ventajas del proceso de degradación de los residuos orgánicos bajo un sistema estático con aireación forzada son los controles de oxígeno y temperatura generando una rápida transformación de los residuos en compost, otras de las

ventajas es que se puede procesar gran cantidad de residuo. Comparado con el presente trabajo las ventajas son semejantes ya que la temperatura se mantuvo uniformemente en un rango de 50 °C a 68 °C, durante un tiempo prolongado, (60 días), lo que generó una rápida transformación de los residuos orgánicos, debido a que los compuestos más complejos son degradados por los microorganismos termofílicos que son los que abarcan temperaturas superiores a los 45 °C. En cuanto tiempo de obtención del compost, en el sistema autónomo se obtuvo el compost, a los 69 días, lo que indica que se degradó el material en un menor tiempo comparado con los demás sistemas, igualmente es un sistema donde se aprovechó casi el doble de material que lo que se empleó en los sistemas tradicionales y sistemas abierto con aireación dado que el diseño del sistema en forma de cajones ayuda a disponer un mayor contenido de material, además del aprovechamiento de otros residuos tipo plásticos con los cuales se realizó los paneles del sistema autónomo.

Según Emiro & Warman (citado por Hernandez et al., 2015), nos dice que para poder interpretar el porcentaje de germinación y poder establecer si existe porcentaje de fitotoxicidad en el ensayo fitotóxico donde un índice de germinación menor al 50% se indica y demuestra fitotoxicidad alta, si la germinación se encuentra al alrededor de 60 a 80% presenta fitotoxicidad moderada, y si la germinación se encuentra mayor al 80% no hay presencia fitotóxica, lo cual indica que en el ensayo montado en los laboratorios de la universidad Francisco de Paula Santander y teniendo como base la germinación del testigo como mi población, nos indica que el sistema autónomo y el sistema abierto con aireación no presentaron fitotoxicidad con un porcentaje mayor al 80% a diferencia de los sistemas tradicional y sustrato comercial que presentaron fitotoxicidad moderada.



## 5. Conclusiones

Se pudo diseñar y construir un sistema piloto de compostaje moderno, con aireación forzada, que integro paredes ecológicas, elaboradas con más de 460 kilos de plástico reciclado, único sistema de compostaje que mezclo estos dos tipos de residuos en un mismo sistema, dotado de un moderno sistema de recolección de lixiviado que demostró que es posible evitar el filtrado y contaminación del subsuelo.

El sistema cerrado con aireación forzada permitió el montaje de una cantidad mayor de material orgánico por metro cubico (m<sup>3</sup>) en comparación con el sistema abierto con aireación forzada y al sistema tradicional, siendo este un factor importante a la hora de optimización del espacio.

La alta temperatura en etapa termófila observada en los sistemas (por encima de 60°C) corresponde a la intensa actividad degradativa por parte del microorganismo termofílico sobre aquellos compuestos más complejos de degradar para los tres sistemas de compostaje,

La humedad estuvo en un rango de 50 a 60% para ambos sistemas permitiendo la movilidad de nutrientes el flujo de aire y movimiento del microorganismo, manteniendo un proceso de degradación aerobia.

El tiempo es un factor útil a la hora de toma de decisiones, se pudo observar como el sistema autónomo termino su proceso de compostaje primero que los demás sistemas que fueron montados con anticipación al igual que el rendimiento ya que van de la mano, dando como resultado que el sistema autónomo en menos tiempo pudo obtener un rendimiento mayor que los sistemas tradicionales y sistema abierto con aireación.

Los resultados fisicoquímicos del abono terminado mostraron resultados superiores a las exigencias de la norma NTC 5167 para la mayor parte de los parámetros, exceptuando el fosforo que depende en gran medida del material que entra dentro del proceso

Igualmente, los resultados de la investigación arrojaron que el sistema de aireación forzada permite disminuir costos en mano de obra, ya que se disminuyen los volteos manuales o el costo de la maquinaria para este ejercicio.

Los sistemas cerrados con aireación forzada mostraron mejores resultados en comportamiento de temperaturas, logrando una mayor higienización del abono, corroborado con los análisis microbiológicos donde las UFC/ g en coliformes termotolerantes (coliformes fecales) fueron los más bajos de los tres tratamientos.

La fitotoxicidad para los tres sistemas estuvo dentro del rango establecido por la norma NTC 5167 para la comercialización de abonos orgánicos, dando como resultado que la mezcla de residuos de poda y residuos orgánicos son sustancias capaces de adicionar nitrógeno y carbono a la mezcla.

## 6. Recomendaciones

Se recomienda el montaje del sistema autónomo semicerrado con aireación forzada y sistema de reconexión de lixiviado, este sistema debe contar con tiempos establecido de aireación según la etapa de degradación, aunque estadísticamente en cuanto análisis fisicoquímicos no hay diferencia entre tratamiento, si los hay en costo de volteo de los sistemas, mayor aprovechamiento del espacio en distribución de área, tiempo de compostaje más rápido y mayor rendimiento y producción de compost

Es importante mantener las fórmulas de mezclas establecidas en la investigación que arrojaron los mejores resultados donde se le aplica a la mezcla una relación carbono nitrógeno C/N donde los residuos orgánicos aportan nitrógeno y los residuos de poda aporta el estructurante de la mezcla

Para el parámetro de fósforo que arrojó resultados inferiores, se recomienda la mezcla con alguna fuente mineral, que aumente los resultados de  $P_2O_5$  en el abono final.

## Referencias Bibliográficas

- Acevedo, P., Cruz, J. & Taboada, O. R. (2020). Abonos organicos comerciales, estiercoles locales y fertilizacion. *Dominio de las Ciencias*, 4(2), 1-15.
- Ambientum.com. (2022). *Relación Carbono – Nitrógeno*. Recuperado de:  
[https://www.ambientum.com/enciclopedia\\_medioambiental/suelos/relacion\\_carbono\\_nitrogeno.asp](https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/suelos/relacion_carbono_nitrogeno.asp)
- Ayala, A. (2021). *Optimización de mecanismos de aireación para la producción de compost a partir de residuos orgánicos municipales*. Tesis de grado. Universidad Científica del Sur. Lima, Perú.
- Ballesteros, M., Hernández, M., De la Rosa, I., Mañón, M. & Carreño, M. (2018). Crecimiento microbiano en pilas de compostaje de residuos orgánicos y biosólidos después de la aireación. *Centro Azúcar*, 45(1), 1-10. Recuperado de:  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2223-48612018000100001&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612018000100001&lng=es&tlng=es).
- Bustos, D. (2013). *Propuesta para el aprovechamiento de residuos organicos en el colegio summerhill school, empleando el compostaje*. Tesis de grado. Universidad Libre. Bogota, Colombia.
- Calderón, J. (2005). *Compost y norma chilena* . Recuperaodo de: <http://docplayer.es/89322464-Compost-y-norma-chilena-jesus-paredes-calderon-licenciado-en-agronomia.html>
- Cochachi, E. (2008). *Determinación del efecto de la relación c; n y la humedad en la calidad del compost obtenido a partir del tratamiento de residuos sólidos orgánicos del distrito de san*

- pedro de saño mediante el proceso de degradación aerobiaa nivel laboratorio*. Tesis de grado. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo, Perú.
- Cruz J., Acevedo, P. & Báez C. (2015). Fitotoxicidad de abonos orgánicos líquidos en especies hortícolas indicadoras, un método de pre-selección. *Revista Científica Biológico Agropecuaria Tuxpan* 3(5), 964-971. Recuperaodo de:  
[https://www.researchgate.net/publication/330366514\\_Fitotoxicidad-de-abonos-organicos-liquidos-en-especies-hortícolas-indicadoras-un-metodo-de-pre-seleccion](https://www.researchgate.net/publication/330366514_Fitotoxicidad-de-abonos-organicos-liquidos-en-especies-hortícolas-indicadoras-un-metodo-de-pre-seleccion)
- Cumpa, J. (2021). *Propuesta de diseño de una planta de compostaje para disminuir el impacto ambiental en el distrito de chiclayo*. Tesis de grado. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Chiclayo, Perú.
- Docampo, R. (2013). *Compostaje y compost*. Recuperaodo de:  
[https://www.researchgate.net/publication/282094560\\_Compostaje\\_y\\_Compost](https://www.researchgate.net/publication/282094560_Compostaje_y_Compost)
- Henao, G. & Márquez, L. (2008). *Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia*. Tesis de grado. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia.
- Herrera, J. & Prado, M. (2006). *Programa de capacitación y entrenamiento para la introduccion de la tecnología de compostaje y uso de compost*. Santiago de Chile: Universidad de las Américas.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2004). *NTC5 167. Productos para la industria agrícola productos organicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas de suelo*. Bpgptá: Icontec.

- Isaza, G., Perez, M. & Laines, J. (2009). Comparación de dos técnicas de aireación en la degradación de la materia orgánica. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 25(3), 1-18.  
<https://doi.org/10.19136/era.a25n3.196>
- Mansilla, M. (2012). *Determinacion de la concentración de nutrientes n,p,k en los residuos solidos orgánicos selectivos provenientes del mercado ayaymaman, mediante la técnica de compostaje*. Tesis de pregrado. Universidad Nacional de San Martín. Moyobamba.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2021). *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Regional*. Recuperado de: <https://www.minvivienda.gov.co/viceministerio-de-agua-y-saneamiento-basico/gestion-institucional/gestion-de-residuos-solidos/planes-de-gestion-integral-de-residuos-solidos#:~:text=Es%20el%20instrumento%20de%20planeaci%C3%B3n,mismos%2C%20el%20cual%20se%20ejecutar%C3%A1>
- Mitma, M. (2015). *Evaluacion de parametros de temperatura, pH y humedad para el proceso de compostaje en la planta de tratamiento de residuos solidos organicos d ela municipalidad provincial de Leoncio Prado L*. Tesis de pregrado. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú.
- Molano, J., Caicedo, Y. & Lara, C. (2019). *Implementación d eun sistema integral de compostaje a base de residuos solidos organicos de la universidad cooperativa de Colombia Campus Cali*. Tesis de grado. Universidad Cooperativa de Colombia. Cali-Valle, Colombia.
- Montoya, A. (2012). Caracterización de residuos solidos. *Cuaderno Activa*, 4(2), 67–72.  
Recuperado de: <https://ojs.tdea.edu.co/index.php/cuadernoactiva/article/view/34>

- Moreno, J. & Vela, A. (2020). *Implementación de una planta piloto para el manejo y tratamiento de los residuos orgánicos generados en la plaza de mercado del municipio de Cachipay, Cundinamarca*. Tesis de grado. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Facatativá, Colombia.
- Negro, M., Villa, F., Aibar, J., Alarcón, R., Ciria, P., Cristóbal, M., et al., (2000). *Producción y gestión de compost*. Recuperado de:  
<http://digital.csic.es/bitstream/10261/16792/1/2000%20Compost%20CIEMAT.pdf>;
- Ocana, E., Rebellón, L. & Lozada, P. (2013). Influencia de la frecuencia de volteo para el control de la humedad de los sustratos en el compostaje de bioresiduos de origen municipal. *Revista Analytics*, 4(2), 1-15.
- Orozco, V. (2016). *Diseño y automatización de un sistema de aireación forzada para el co-compostaje de residuos hortícolas en la comunidad de Gatazo cantón Colta*. Tesis de grado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador.
- Osorio, A. (2011). Biodegradación de residuos de frutas y vegetales provenientes de supermercado usando la técnica de aireación forzada. *Revista de Divulgación, División Académica de Ciencias Biológicas*, 4(2), 1-15.
- Penagos, J. (2011). *Reduction of organic waste in Colombia through the liquid compost*.  
 Recuperaodo de:  
[https://www.academia.edu/24425799/Reducci%C3%B3n\\_de\\_los\\_Residuos\\_S%C3%B3lidos\\_Org%C3%A1nicos\\_en\\_Colombia\\_por\\_medio\\_del\\_Compostaje\\_L%C3%ADquido\\_Reduction\\_of\\_Organic\\_Waste\\_in\\_Colombia\\_Through\\_the\\_Liquid\\_Compost](https://www.academia.edu/24425799/Reducci%C3%B3n_de_los_Residuos_S%C3%B3lidos_Org%C3%A1nicos_en_Colombia_por_medio_del_Compostaje_L%C3%ADquido_Reduction_of_Organic_Waste_in_Colombia_Through_the_Liquid_Compost)

- Quinchoker, C. & Huerta, E. (2021). *Determinación de la calidad del compostaje producido por ventilación forzada y por pilas (cielo abierto) a partir de los residuos orgánicos del comedor universitario de la Universidad Peruana Unión*. Tesis de grado. Universidad Peruana Unión. Juliaca, Perú.
- Ramos, D. (2014). Generalidades de los abonos orgánicos. *Cultivos Tropicales*, 35(4), 52-59.  
Recuperado de: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362014000400007](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362014000400007)
- Reátegui, K., Zenteno, H. & Hernández, C. (2006). *Evaluación del sistema de producción de EM-compost utilizando aireación forzada y residuos de banano*. Tesis de grado. Universidad Earth. Medellín, Costa Rica.
- Román, P., Martínez, M. & Pantoja, A. (2013). *Manual de compostaje del agricultor*.  
Recuperado de: <https://www.fao.org/3/i3388s/I3388S.pdf>.
- Romero, L. (2018). *Evaluación de temperatura, pH, humedad, residuos sólidos orgánicos (frutas y verduras) y digesta de animales de camal en el proceso de compostaje*. Tesis grado. Universidad de Altiplano, Puno. Perú.
- Sztern, D. & Pravia, M. (1999). *Manual para elaboración de compost, bases conceptuales y procedimientos*. Montevideo: Organización Panamericana de la Salud.
- Tortosa, G. (2015). Sistemas de compostaje. *Compostado Ciencia*, 4(2), 1-16.
- Turpo, L. (2018). *Eficacia de un programa de educación ambiental para la mejora de los conocimientos, prácticas y actitudes en el manejo de residuos sólidos en el mercado Cancollani*. Tesis de grado. Universidad Peruana Unión. Juliaca, Perú.



- Vargas, O., Trujillo, J. & Torres, M. (2019). El compostaje, una alternativa para el aprovechamiento de residuos orgánicos en las centrales de abastecimiento. *Revista Orinoquia*, 23(2), 123-129.
- Varnero, M., Rojas, C. & Orellana, R. (2007). Índices de fitotoxicidad en residuos orgánicos durante el compostaje. *Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal*, 7(1), 28-37.  
<https://dx.doi.org/10.4067/S0718-27912007000100003>
- Vilcahuaman, A. (2016). *Tiempo y calidad del compost con aplicación de tres dosis de microorganismos eficaces”- concepción*. Tesis de grado. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo, Perú.
- Zapata, R. (2009). El compostaje y los índices para evaluar su estabilidad. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelos & Centro Nacional de Investigaciones de Café (Eds.), *Materia orgánica biología del suelo y productividad agrícola: Segundo seminario regional comité regional eje cafetero*. Antioquia: Cenicafé.

**Anexos**

## Anexo 1. Análisis microbiológico de residuos orgánicos



### REPORTE DE RESULTADOS N° MB-209855

Fecha de emisión: 05 de abril de 2022	Código de la muestra: 209855
Solicitante: ASOCIACION CONSTRUAMBIENTAL O.N.G.	
Dirección: CL 11 A N 7 E 45 BRR GUALANDAY	
Muestra: RESIDUO ORGÁNICO CENABASTOS	Lugar de muestreo: //
Fecha de muestreo: 24 de marzo de 2022	Matriz: Alimento – Materia prima
Fecha de recepción: 25 de marzo de 2022	Responsable de muestreo: Solicitante
Envase o empaque: Plástico	Procedimiento de muestreo: Solicitante
Tipo de muestreo: Integrada	Tamaño de la muestra: 400 g
Condiciones de recepción de la muestra: Refrigerada	Plan de muestreo: //
Observaciones: //	Lote: //

### ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Fecha de análisis	VARIABLE	MÉTODO	RESULTADOS	UNIDADES
25-03-2022 28-03-2022	RECuento DE AEROBIOS MESÓFILOS	NTC 4519	59 x 10 <sup>2</sup>	UFC / g
25-03-2022 26-03-2022	COLIFORMES TERMOTOLERANTES (Anteriormente Coliformes Fecales)	SM 9222 D Modf.	48 x 10 <sup>2</sup>	UFC / g (Base Seca)
25-03-2022 26-03-2022	<i>Escherichia coli</i>	SM 9222 J Modf.	66 x 10	UFC / g (Base Seca)
25-03-2022 28-03-2022	<i>Salmonella spp</i>	ISO 6579	Ausencia	Ausencia o Presencia / g (Base seca)

**OBSERVACIONES:** Resultados microbiológicos correspondientes a <10 UFC / g ó <10 UFC / g (Base Seca) ó Ausencia / g (Base seca) indican que no hubo recuperación de microorganismos durante el trabajo de ensayo.

Nota: La muestra a la que se refieren los datos de este reporte, ha sido proporcionada por el SOLICITANTE, por lo tanto, SIAMA no es responsable del origen o fuente de donde se ha extraído dicha muestra. En consecuencia, los datos que figuran en el informe no constituyen una garantía de la representatividad de la(s) muestra(s) y por tanto se refieren únicamente a dicha(s) muestra(s).

Los resultados son válidos para la muestra analizada. No se pueden reproducir sin la previa autorización de SIAMA.

Este reporte de resultados es válido únicamente si tiene sello seco.

Elaboró: PAULA ALEJANDRA CARVAJAL TORRES  
PROFESIONAL MICROBIOLOGÍA  
MICROBIÓLOGA. REG. FOLIO 80066 D-7

Revisó: BRAYAN VILLAMIZAR PÉREZ  
DIRECTOR MICROBIOLOGÍA  
MICROBIÓLOGO. REG. FOLIO. 799 13-L

FIN DEL REPORTE DE RESULTADOS.

Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados con el máximo rigor de la ley.

Código: R - 051 Versión: 0.4 Fecha: 10/02/2020 Página: 1 de 1

Activar Win  
Ir a Configuraci

Servicios Integrados para la Industria del Agro, Minero - Energética y el Medio Ambiente.

www.siama.co

## Anexo 2. Análisis fisicoquímico de residuos orgánicos



### REPORTE DE RESULTADOS N° 209855

Fecha de emisión:	9 de abril de 2022	Código de la muestra:	209855
Solicitante:	<b>ASOCIACION CONSTRUAMBIENTAL O.N.G.</b>		
Dirección:	CL 11 A N 7 E 45 BRR GUALANDAY		
Muestra	<b>RESIDUO ORGANICO CENABASTOS</b>		
Fecha de muestreo:	24 de marzo de 2022	Matriz:	Otro
Fecha de recepción:	25 de marzo de 2022	Responsable de muestreo:	SOLICITANTE
Envase o empaque:	Plástico	Procedimiento de muestreo:	SOLICITANTE
Tipo de muestreo:	Integrado	Tamaño de la muestra:	4 kg
Condiciones de recepción de la muestra:	Refrigeradas	Plan de muestreo:	//
Observaciones:	//		

FECHA DE ANÁLISIS	VARIABLE	MÉTODO	RESULTADOS	UNIDADES
7/04/2022	CARBONO ORGÁNICO TOTAL	NTC 5403 Walkey & black	<b>37,50</b>	%
4/04/2022	HUMEDAD	ISO 11465:2011	<b>83,44</b>	%
7/04/2022	MATERIA ORGÁNICA	Walkey Black	<b>64,65</b>	%
6/04/2022	NITRÓGENO TOTAL	NTC 5889	<b>1,83</b>	%
5/04/2022	pH	NTC 5264	<b>4,32</b>	Unidades de pH
7/04/2022	RELACIÓN C/N	Cálculo	<b>20,49</b>	-

#### OBSERVACIONES:

La muestra a la que se refieren los datos de este reporte, ha sido proporcionada por el SOLICITANTE, por lo tanto SIAMA no es responsable del origen o fuente de donde se ha extraído dicha muestra. En consecuencia los datos que figuran en el informe no constituyen una garantía de la representatividad de la (s) muestra(s) y por tanto se refiere(n) única y exclusivamente a dicha(s) Los resultados son válidos para la muestra analizada. No se pueden reproducir sin la previa autorización de SIAMA.  
Este reporte de resultados es válido únicamente si tiene sello seco.

  
**Aprobó: MARÍA DEL PILAR VARGAS RIVERA**  
**DIRECTORA DE FISICOQUIMICA**  
**QUIMICA AMBIENTAL PQAmb 00029**

#### FIN DEL REPORTE DE RESULTADOS

Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados con el máximo rigor de la ley.

Código	R - 051	Versión	0.4	Fecha	10/02/2020	Página	1 de 1
--------	---------	---------	-----	-------	------------	--------	--------

Carretera 24 No. 36 - 11. Teléfonos: +57 7 634 80 00 Celular 318 707 0821 Bucaramanga - Colombia - info@siama.co

### Anexo 3. Análisis fisicoquímico y microbiológico de residuos de poda



#### REPORTE DE RESULTADOS N° 212356

Fecha de emisión:	18 de julio de 2022	Código de la muestra:	212356
Solicitante:	<b>ASOCIACIÓN CONSTRUAMBIENTAL O.N.G.</b>		
Dirección:	CL 11 A N 7 E 45 BRR GJALANDAY		
Muestra:	<b>RESIDUOS DE PODAS (CENTRALES ELÉCTRICA)</b>		
Fecha de muestreo:	10 de junio de 2022	Matriz:	Materia prima
Fecha de recepción:	21 de junio de 2022	Responsable de muestreo:	SOLICITANTE
Envase o empaque:	Plástico	Procedimiento de muestreo:	SOLICITANTE
Tipo de muestreo:	Puntual	Tamaño de la muestra:	2,5 kg
Condiciones de recepción de la mue	Refrigeradas	Plan de muestreo:	//
Observaciones:	//		

FECHA DE ANÁLISIS	VARIABLE	MÉTODO	RESULTADOS	UNIDADES
14/07/2022	CARBONO ORGÁNICO TOTAL (COT)	NTC 5403 WALKY & BLACK	45,05	%
7/07/2022	HUMEDAD	ISO 11465:2011	59,28	%
14/07/2022	MATERIA ORGÁNICA	NTC 5403 WALKY & BLACK	77,66	%
13/07/2022	NITRÓGENO TOTAL	NTC 5889:2011	0,98	%
21/06/2022 24/06/2022	RECUESTO DE AEROBIOS MESÓFILOS	NTC 4519	28 x 10 <sup>4</sup>	UFC / g ó ml.
21/06/2022 22/06/2022	COLIFORMES TERMOTOLERANTES (Anteriormente Coliformes Fecales)	SM 9222 D Modificado	10 x 10 <sup>3</sup>	UFC / g (Base seca)
21/06/2022 22/06/2022	<i>Escherichia coli</i>	SM 9222 D Modificado	25 x 10 <sup>3</sup>	UFC / g (Base seca)
21/06/2022 24/06/2022	<i>Salmonella spp</i>	ISO 6579 Modificado	Ausencia	Ausencia ó Presencia / g (Base seca)

#### SM: STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER.

##### OBSERVACIONES:

Por solicitud del cliente se analiza(n) la(s) muestra(s) teniendo en cuenta que el tiempo para el análisis de alguna(s) variable(s) supera las recomendaciones de los métodos estándar.

La muestra a la que se refieren los datos de este reporte, ha sido proporcionada por el SOLICITANTE, por lo tanto SIAMA no es responsable del origen o fuente de donde se ha extraído dicha muestra. En consecuencia los datos que figuran en el informe no constituyen una garantía de la representatividad de la (s) muestra(s) y por tanto se refiere(n) única y exclusivamente a dicha(s) muestra(s).

Los resultados son válidos para la muestra analizada. No se pueden reproducir sin la previa autorización de SIAMA.

Este reporte de resultados es válido únicamente si tiene sello seco.

Aprobó:   
**MARÍA DEL PÍLAR VARGAS RIVERA**  
 DIRECTORA DE FISCOQUIMICA  
 QUIMICA AMBIENTAL PQAmb 00029

  
**BRAYAN VILLANIZAR**  
 DIRECTOR DE MICROBIOLOGÍA  
 MICROBIOLOGO REG. FOLIO 799 13-L

#### FIN DEL REPORTE DE RESULTADOS

Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados con el máximo rigor de la ley.

Código	R - 051	Versión	0.4	Fecha	10/02/2020	Página	1 de 1
--------	---------	---------	-----	-------	------------	--------	--------

Ir a Configuración

Servicios Integrados para la Industria del Agro, Minero - Energética y el Medio Ambiente.

[www.siamaco.com](http://www.siamaco.com)



## Anexo 4. Análisis fisicoquímico y microbiológico del sistema autónomo



### REPORTE DE RESULTADOS N° 213525

Fecha de emisión:	17 de agosto de 2022	Código de la muestra:	213525
Solicitante:	<b>ASOCIACIÓN CONSTRUAMBIENTAL O.N.G.</b>		
Dirección:	CL 11 A N 7 E 45 BRR GUALANDAY		
Muestra:	<b>ABONO ORGÁNICO -SISTEMA AUTÓNOMO (T1)</b>		
Fecha de muestreo:	25 de julio de 2022	Matriz:	Suelos
Fecha de recepción:	27 de julio de 2022	Responsable de muestreo:	SOLICITANTE
Envase o empaque:	Plástico	Procedimiento de muestreo:	SOLICITANTE
Tipo de muestreo:	Puntual	Tamaño de la muestra:	2200 g
Condiciones de recepción de la mue	No refrigerada	Plan de muestreo:	//
Observaciones:	//		

FECHA DE ANÁLISIS	VARIABLE	MÉTODO	RESULTADOS	UNIDADES
9/08/2022	CARBONO ORGÁNICO TOTAL (COT)	NTC 5403 WALKLEY & BLACK	17,95	%
11/08/2022	FÓSFORO TOTAL	IGAC 6a EDICIÓN 2005	0,20	%
3/08/2022	HUMEDAD	ISO 11465:2011	63,30	%
9/08/2022	MATERIA ORGÁNICA	NTC 5403 WALKLEY & BLACK	30,95	%
9/08/2022	NITRÓGENO TOTAL	NTC 5889:2011	1,43	%
1/08/2022	pH	NTC 5264:2018	8,80	Unidades de pH
16/08/2022	POTASIO	EPA 3051 A, SM 3111 B	1,87	mg/Kg ss
16/08/2022	CROMO	EPA 3050 B Y SM 3111 B	<10	mg/Kg ss
11/08/2022	CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE HUMEDAD	NTC 5167	73,40	%
1/08/2022	CADMIO TOTAL (VER ANEXO) [A] [S]	EPA 3050 B, SM 3111 B	<2,0	mg/Kg ss
27/07/2022 30/07/2022	COLIFORMES TERMOTOLERANTES (Anteriormente Coliformes Fecales)	SM 9222 D (Ed. 23 rd) Modif.	15 x 10 <sup>4</sup>	UFC / g (Base seca)

[A] Variables realizadas en SIAMA. acreditadas por IDEAM Resolución 1277 de 2019, extensión Resolución 0150 de 2020.

[S] Variables subcontratadas

[A] [S] Variables subcontratadas con laboratorio acreditado

SM: STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. AWWA, WEF, APHA 23th.

ss= suelo seco


#### OBSERVACIONES:

La muestra a la que se refieren los datos de este reporte, ha sido proporcionada por el SOLICITANTE, por lo tanto SIAMA no es responsable del origen o fuente de donde se ha extraído dicha muestra. En consecuencia los datos que figuran en el informe no constituyen una garantía de la representatividad de la (s) muestra(s) y por tanto se refiere(n) única y exclusivamente a dicha(s) muestra(s).

Los resultados son válidos para la muestra analizada. No se pueden reproducir sin la previa autorización de SIAMA.

Este reporte de resultados es válido únicamente si tiene sello seco.

Aprobó:   
**MARIA DEL PILAR VARGAS RIVERA**  
 DIRECTORA DE FISICOQUIMICA  
 QUIMICA AMBIENTAL PQAmb 00029

  
**BRAYAN VILLAMIZAR**  
 DIRECTOR DE MICROBIOLOGÍA  
 MICROBIÓLOGO REG. FOLIO 799 13-L

#### FIN DEL REPORTE DE RESULTADOS

Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados con el máximo rigor de la ley.

Código	R - 051	Versión	0.4	Fecha	10/02/2020	Página	1 de 1
--------	---------	---------	-----	-------	------------	--------	--------

Activar  
a Config

Servicios Integrados para la Industria del Agro, Minero - Energética y el Medio Ambiente.

[www.siamaco.com](http://www.siamaco.com)



## Anexo 6. Análisis fisicoquímico y microbiológico del sistema abierto con aireación



### REPORTE DE RESULTADOS N° 213526

Fecha de emisión:	17 de agosto de 2022	Código de la muestra:	213526
Solicitante:	ASOCIACIÓN CONSTRUAMBIENTAL O.N.G.		
Dirección:	CL 11 A N 7 E 45 BRR GJALANDAY		
Muestra:	ABONO ORGÁNICO -SISTEMA ABIERTO CON AIREACIÓN (T2)		
Fecha de muestreo:	25 de julio de 2022	Matriz:	Suelos
Fecha de recepción:	27 de julio de 2022	Responsable de muestreo:	SOLICITANTE
Envase o empaque:	Plástico	Procedimiento de muestreo:	SOLICITANTE
Tipo de muestreo:	Puntual	Tamaño de la muestra:	2200 g
Condiciones de recepción de la mue	No refrigerada	Plan de muestreo:	//
Observaciones:	//		

FECHA DE ANÁLISIS	VARIABLE	MÉTODO	RESULTADOS	UNIDADES
9/08/2022	CARBONO ORGÁNICO TOTAL (COT)	NTC 5403 WALKEY & BLACK	17,99	%
11/08/2022	FÓSFORO TOTAL	IGAC 6a EDICIÓN 2006	0,20	%
3/08/2022	HUMEDAD	ISO 11465:2011	58,64	%
9/08/2022	MATERIA ORGÁNICA	NTC 5403 WALKEY & BLACK	31,01	%
9/08/2022	NITRÓGENO TOTAL	NTC 5889:2011	1,68	%
1/08/2022	pH	NTC 5264:2018	8,09	Unidades de pH
16/08/2022	POTASIO	EPA 3051 A, SM 3111 B	1,74	mg/Kg ss
16/08/2022	CROMO	EPA 3050 B Y SM 3111 B	<10	mg/Kg ss
11/08/2022	CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE HUMEDAD	NTC 5167	82,72	%
1/08/2022	CADMIO TOTAL (VER ANEXO) [A] [S]	EPA 3050 B, SM 3111 B	<2,0	mg/Kg ss
27/07/2022 30/07/2022	COLIFORMES TERMOTOLERANTES (Anteriormente Coliformes Fecales)	SM 9222 D (Ed. 23 rd) Modif.	22 x 10 <sup>2</sup>	UFC / g (Base seca)

[A] Variables realizadas en SIAMA, acreditadas por IDEAM Resolución 1277 de 2019, extensión Resolución 0150 de 2020.

[S] Variables subcontratadas

[A] [S] Variables subcontratadas con laboratorio acreditado

SM: STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. AWWA, WEF, APHA 23th.

ss= suelo seco


**OBSERVACIONES:**

La muestra a la que se refieren los datos de este reporte, ha sido proporcionada por el SOLICITANTE, por lo tanto SIAMA no es responsable del origen o fuente de donde se ha extraído dicha muestra. En consecuencia los datos que figuran en el informe no constituyen una garantía de la representatividad de la (s) muestra(s) y por tanto se refiere(n) única y exclusivamente a dicha(s) muestra(s).

Los resultados son válidos para la muestra analizada. No se pueden reproducir sin la previa autorización de SIAMA.

Este reporte de resultados es válido únicamente si tiene sello seco.

Aprobó:   
**MARÍA DEL PILAR VARGAS RIVERA**  
 DIRECTORA DE FISICOQUÍMICA  
 QUÍMICA AMBIENTAL PQAmb 00029

  
**BRAYAN VILLAMIZAR**  
 DIRECTOR DE MICROBIOLOGÍA  
 MICROBIÓLOGO REG. FOLIO 799 13-L

**FIN DEL REPORTE DE RESULTADOS**

Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados con el máximo rigor de la ley.

Código	R - 051	Versión	0.4	Fecha	10/02/2020	Página	1 de 1
--------	---------	---------	-----	-------	------------	--------	--------

Servicios Integrados para la Industria del Agro, Minero - Energética y el Medio Ambiente.

[www.siama.co](http://www.siama.co)



### Anexo 7. Análisis del cadmio en el sistema abierto con aireación

PCR 04-050, Versión N° 13/2019-04-03



## RESULTADOS DE ANÁLISIS

R 200793



**Empresa:** SIAMA S.A.S  
**NIT:** 804.016.152-8  
**Dirección:** Cra 24 N° 36-11  
**Solicitado por:** María del Pilar Vargas Rivera  
**Teléfono:** (7) 6348000 Ext. 104  
**Celular:** fiscoquimica@siamaldia.com  
**E-mail:** 80058  
**Orden de Servicio:**

**Fecha Recepción:** 2022-07-29  
**Fecha de Emisión de Resultados:** 2022-08-09  
**Fecha de Muestreo:** 2022-07-05  
**Muestreo a Cargo de:** CHEMILAB  
**Plan de muestreo:** No Reporta  
**Procedimiento de muestreo:** No Reporta  
**Número total de muestras:** 4  
**Lugar de Muestreo:** NO REPORTA  
**Tipo de muestreo:** Puntual Suelos  
**Tipo de Muestra:** AP( ) ARD( ) ARND( ) AN( )  
AM( ) S(X) AX( )

Reporte de Resultados										
Item	Fecha de Análisis (AADA-MPI-OD)	Parámetro	Método	Técnica	Límite de Cuantificación del método	Unidad	213524	213525	213526	213527
1	2022-08-01	Cadmio Total*	EPA-3050 B, SM 3111 B	Digestión-Ac-Llama Aire Acetileno	2,0	mg/kg SS	MS306489 <2,0	MS306490 <2,0	MS306491 <2,0	MS306492 <2,0

ARI: Agua Residual Industrial, ARID: Agua Residual Doméstica, ARRG: Agua Residual no Doméstica, AR: Agua Superficial o Subterránea, AP: Agua Potable, S: Suelo, AM: Agua Marra, AX: Otros  
 \* ChemiLab tiene estos parámetros acreditados mediante Resolución 1618 de 2021 del IDIAM  
 \*\* Análisis realizados por laboratorio subcontratado acreditado  
 \*\*\* Análisis realizados por laboratorio subcontratado no acreditado  
 Parámetro no acreditado

Observaciones: Métodos de Análisis aplicados según el Laboratorio de Suelos IGAC y US-EPA (aplica para suelos)  
 Métodos de Análisis aplicados según Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (aplica para aguas)  
**Resultados válidos únicamente para la(s) muestra(s) analizadas.**  
**Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin autorización previa de ChemiLab S.A.S**

*Johana Portillo*

**JOHANA FORTILLO GARCIA**  
 Profesional de Reportes  
 PQAmb-0020  
**\*\* FIN DE ESTE REPORTE \*\***

## Anexo 8. Análisis fisicoquímico y microbiológico del sistema tradicional



### REPORTE DE RESULTADOS N° 213527

Fecha de emisión:	17 de agosto de 2022	Código de la muestra:	213527
Solicitante:	<b>ASOCIACIÓN CONSTRUAMBIENTAL O.N.G.</b>		
Dirección:	CL 11 A N 7 E 45 BRR GUALANDAY		
Muestra:	<b>ABONO ORGÁNICO -SISTEMA TRADICIONAL (T3)</b>		
Fecha de muestreo:	25 de julio de 2022	Matriz:	Suelos
Fecha de recepción:	27 de julio de 2022	Responsable de muestreo:	SOLICITANTE
Envase o empaque:	Plástico	Procedimiento de muestreo:	SOLICITANTE
Tipo de muestreo:	Puntual	Tamaño de la muestra:	2200 g
Condiciones de recepción de la mue	No refrigerada	Plan de muestreo:	//
Observaciones:	//		

FECHA DE ANÁLISIS	VARIABLE	MÉTODO	RESULTADOS	UNIDADES
9/08/2022	CARBONO ORGÁNICO TOTAL (COT)	NTC 5403 WALKEY & BLACK	17,74	%
11/08/2022	FÓSFORO TOTAL	IGAC 6a EDICIÓN 2006	0,32	%
3/08/2022	HUMEDAD	ISO 11465:2011	60,88	%
9/08/2022	MATERIA ORGÁNICA	NTC 5403 WALKEY & BLACK	30,58	%
9/08/2022	NITRÓGENO TOTAL	NTC 5889:2011	1,80	%
1/08/2022	pH	NTC 5264:2018	8,56	Unidades de pH
16/08/2022	POTASIO	EPA 3051 A, SM 3111 B	1,89	mg/Kg ss
16/08/2022	CROMO	EPA 3050 B Y SM 3111 B	18,26	mg/Kg ss
11/08/2022	CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE HUMEDAD	NTC 5167	68,46	%
1/08/2022	CADMIO TOTAL (VER ANEXO) [A] [S]	EPA 3050 B , SM 3111 B	<2,0	mg/Kg ss
27/07/2022 30/07/2022	COLIFORMES TERMOTOLERANTES (Anteriormente Coliformes Fecales)	SM 9222 D (Ed. 23 rd) Modif.	30 x 10 <sup>2</sup>	UFC / g (Base seca)

[A] Variables realizadas en SIAMA. acreditadas por IDEAM Resolución 1277 de 2019, extensión Resolución 0150 de 2020.

[S] Variables subcontratadas

[A] [S] Variables subcontratadas con laboratorio acreditado

SM: STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. AWWA, WEF, APHA 23th.

ss= suelo seco

#### OBSERVACIONES:

La muestra a la que se refieren los datos de este reporte, ha sido proporcionada por el SOLICITANTE, por lo tanto SIAMA no es responsable del origen o fuente de donde se ha extraído dicha muestra. En consecuencia los datos que figuran en el informe no constituyen una garantía de la representatividad de la (s) muestra(s) y por tanto se refiere(n) única y exclusivamente a dicha(s) muestra(s).

Los resultados son válidos para la muestra analizada. No se pueden reproducir sin la previa autorización de SIAMA.

Este reporte de resultados es válido únicamente si tiene sello seco.

Aprobó:   
**MARIA DEL PILAR VARGAS RIVERA**  
 DIRECTORA DE FISICOQUIMICA  
 QUIMICA AMBIENTAL PQAmb 00029

  
**BRAYAN VILLAMIZAR**  
 DIRECTOR DE MICROBIOLOGÍA  
 MICROBIÓLOGO REG. FOLIO 799 13-L

#### FIN DEL REPORTE DE RESULTADOS

Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados con el máximo rigor de la ley.

Código	R - 051	Versión	0.4	Fecha	10/02/2020	Página	1 de 1
--------	---------	---------	-----	-------	------------	--------	--------

Activar W  
a Configur

Servicios Integrados para la Industria del Agro, Minero - Energética y el Medio Ambiente.

[www.siama.co](http://www.siama.co)



### Anexo 10. Monitoreo de parámetros durante el proceso de compostaje

Día	Fecha	Hora	Sistema	Pila	T°	pH	Humedad	Altura
1	09/06/2022	12:00 p. m.	Abierto con aireación	1	36,5	5,1	68,38	1,1
1	09/06/2022	12:05 p. m.	Abierto con aireación	2	34	4,6	70,57	1
1	09/06/2022	12:10 p. m.	Abierto con aireación	3	34,5	4,7	69,37	1
2	10/06/2022	1:20 p. m.	Abierto con aireación	1	61,7	5,6		1,1
2	10/06/2022	1:25 p. m.	Abierto con aireación	2	58,5	4		1
2	10/06/2022	1:30 p. m.	Abierto con aireación	3	56,7	5,5		1
3	11/06/2022	11:00 a. m.	Abierto con aireación	1	54,7	5,2		1,1
3	11/06/2022	11:05 a. m.	Abierto con aireación	2	50,7	5,7		1
3	11/06/2022	11:10 a. m.	Abierto con aireación	3	50,2	5,3		1
4	12/06/2022	10:30 a. m.	Abierto con aireación	1	58,2	5,7		1,8
4	12/06/2022	10:35 a. m.	Abierto con aireación	2	56,5	6,2		0,98
4	12/06/2022	10:40 a. m.	Abierto con aireación	3	63	5,7		0,97
5	13/06/2022	10:20 a. m.	Abierto con aireación	1	63,2	5,7		1,8
5	13/06/2022	10:25 a. m.	Abierto con aireación	2	53,5	6		0,98
5	13/06/2022	10:30 a. m.	Abierto con aireación	3	59,7	5,7		0,97
6	14/06/2022	3:20 p. m.	Abierto con aireación	1	63	5,3		1,4
6	14/06/2022	3:25 p. m.	Abierto con aireación	2	56,7	5,3		0,98
6	14/06/2022	3:30 p. m.	Abierto con aireación	3	65,5	5,6		0,96
7	15/06/2022	4:20 p. m.	Abierto con aireación	1	56,2	5,6		1,4
7	15/06/2022	4:25 p. m.	Abierto con aireación	2	57,5	5,6		0,98
7	15/06/2022	4:30 p. m.	Abierto con aireación	3	57,5	6,2		0,96
8	16/06/2022	11:30 a. m.	Abierto con aireación	1	55,75	5,7	55,69	1,4
8	16/06/2022	11:35 a. m.	Abierto con aireación	2	58,2	5,3	58,29	0,98
8	16/06/2022	11:40 a. m.	Abierto con aireación	3	61,7	5,7	63,58	0,96
9	17/06/2022	8:30 a. m.	Abierto con aireación	1	66,5	5,2		1
9	17/06/2022	8:35 a. m.	Abierto con aireación	2	69,5	5,3		0,96
9	17/06/2022	8:40 a. m.	Abierto con aireación	3	62	5,7		0,93
10	18/06/2022	9:00 a. m.	Abierto con aireación	1	67	5,7		1
10	18/06/2022	9:05 a. m.	Abierto con aireación	2	66,5	5,7		0,96
10	18/06/2022	9:10 a. m.	Abierto con aireación	3	58,75	5,8		0,93
11	19/06/2022	9:30 a. m.	Abierto con aireación	1	56,5	5,7		0,98
11	19/06/2022	9:35 a. m.	Abierto con aireación	2	56,2	5,6		0,94
11	19/06/2022	9:40 a. m.	Abierto con aireación	3	56,2	6		0,9
12	20/06/2022	9:20 a. m.	Abierto con aireación	1	61	5,3		0,98
12	20/06/2022	9:25 a. m.	Abierto con aireación	2	59,5	5,3		0,94
12	20/06/2022	9:30 a. m.	Abierto con aireación	3	49,5	6		0,9
13	21/06/2022	10:00 a. m.	Abierto con aireación	1	43,7	6,1	62,03	0,98

<b>Día</b>	<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>Sistema</b>	<b>Pila</b>	<b>T°</b>	<b>pH</b>	<b>Humedad</b>	<b>Altura</b>
13	21/06/2022	10:05 a. m.	Abierto con aireación	2	46,5	5,8	39,05	0,94
13	21/06/2022	10:10 a. m.	Abierto con aireación	3	44,5	6,1	62,23	0,9
14	22/06/2022	9:50 a. m.	Abierto con aireación	1	48,2	5,7		0,98
14	22/06/2022	9:55 a. m.	Abierto con aireación	2	51,2	6,5		0,94
14	22/06/2022	10:00 a. m.	Abierto con aireación	3	45	6,5		0,9
15	23/06/2022	10:00 a. m.	Abierto con aireación	1	54,7	5,6		0,95
15	23/06/2022	10:05 a. m.	Abierto con aireación	2	54,7	5,8		0,9
15	23/06/2022	10:10 a. m.	Abierto con aireación	3	47,2	6		0,89
16	24/06/2022	11:00 a. m.	Abierto con aireación	1	53,5	5,7		0,94
16	24/06/2022	11:05 a. m.	Abierto con aireación	2	52,2	6,3		0,9
16	24/06/2022	11:10 a. m.	Abierto con aireación	3	44,7	6,2		0,88
17	25/06/2022	10:30 a. m.	Abierto con aireación	1	46,2	5,6		0,94
17	25/06/2022	10:35 a. m.	Abierto con aireación	2	47	5,7		0,9
17	25/06/2022	10:40 a. m.	Abierto con aireación	3	40	6,5		0,88
18	26/06/2022	10:00 a. m.	Abierto con aireación	1	51,2	6,2		0,9
18	26/06/2022	10:05 a. m.	Abierto con aireación	2	53,2	6		0,87
18	26/06/2022	10:10 a. m.	Abierto con aireación	3	43,5	6,1		0,87
19	27/06/2022	10:20 a. m.	Abierto con aireación	1	50,2	5,5		0,9
19	27/06/2022	10:25 a. m.	Abierto con aireación	2	52,2	5,8		0,86
19	27/06/2022	10:30 a. m.	Abierto con aireación	3	42,5	6,1		0,85
20	28/06/2022	10:10 a. m.	Abierto con aireación	1	49,5	5,5		0,9
20	28/06/2022	10:15 a. m.	Abierto con aireación	2	48,2	5,6		0,86
20	28/06/2022	10:20 a. m.	Abierto con aireación	3	44,5	6,1		0,85
21	29/06/2022	10:00 a. m.	Abierto con aireación	1	49,2	5,6		1,05
21	29/06/2022	10:05 a. m.	Abierto con aireación	2	48	5,6		0,98
21	29/06/2022	10:10 a. m.	Abierto con aireación	3	44	6		0,98
22	30/06/2022	10:00 a. m.	Abierto con aireación	1	40,5	5,8	53,57	1,05
22	30/06/2022	10:05 a. m.	Abierto con aireación	2	39	5,8	61,98	0,98
22	30/06/2022	10:10 a. m.	Abierto con aireación	3	36,7	5,7	59	0,98
23	01/07/2022	9:40 a. m.	Abierto con aireación	1	53,2	6,2		1,05
23	01/07/2022	9:45 a. m.	Abierto con aireación	2	55	5,7		0,98
23	01/07/2022	9:50 a. m.	Abierto con aireación	3	50,2	6		0,98
24	02/07/2022	10:00 a. m.	Abierto con aireación	1	50	5,7		1
24	02/07/2022	10:05 a. m.	Abierto con aireación	2	53	6		0,95
24	02/07/2022	10:10 a. m.	Abierto con aireación	3	49,2	6,3		0,96
25	03/07/2022	9:40 a. m.	Abierto con aireación	1	37	5,5		1
25	03/07/2022	9:45 a. m.	Abierto con aireación	2	42,2	5,5		0,95
25	03/07/2022	9:50 a. m.	Abierto con aireación	3	46,5	6,1		0,96
26	04/07/2022	9:50 a. m.	Abierto con aireación	1	52,5	6,2		0,98

<b>Día</b>	<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>Sistema</b>	<b>Pila</b>	<b>T°</b>	<b>pH</b>	<b>Humedad</b>	<b>Altura</b>
26	04/07/2022	9:55 a. m.	Abierto con aireación	2	46,7	6,1		0,95
26	04/07/2022	10:00 a. m.	Abierto con aireación	3	49	6,3		0,94
27	05/07/2022	9:00 a. m.	Abierto con aireación	1	54,5	6,8		0,95
27	05/07/2022	9:05 a. m.	Abierto con aireación	2	50,2	6,7		0,9
27	05/07/2022	9:10 a. m.	Abierto con aireación	3	45,5	6,5		0,92
28	06/07/2022	10:15 a. m.	Abierto con aireación	1	52,7	6		0,95
28	06/07/2022	10:20 a. m.	Abierto con aireación	2	50,5	6,2		0,9
28	06/07/2022	10:25 a. m.	Abierto con aireación	3	47,2	6,8		0,92
29	07/07/2022	9:50 a. m.	Abierto con aireación	1	49,7	6,3	60,07	0,93
29	07/07/2022	9:55 a. m.	Abierto con aireación	2	48	6,1	60,99	0,9
29	07/07/2022	10:00 a. m.	Abierto con aireación	3	43,2	6,2	55,35	0,9
30	08/07/2022	10:05 a. m.	Abierto con aireación	1	49,2	5,6		0,9
30	08/07/2022	10:10 a. m.	Abierto con aireación	2	46	5,6		0,88
30	08/07/2022	10:15 a. m.	Abierto con aireación	3	43,2	6		0,89
31	09/07/2022	9:00 a. m.	Abierto con aireación	1	41	6,6		0,9
31	09/07/2022	9:05 a. m.	Abierto con aireación	2	42,7	6,7		0,88
31	09/07/2022	9:10 a. m.	Abierto con aireación	3	53,2	6,3		0,89
32	10/07/2022	9:05 a. m.	Abierto con aireación	1	57,5	6,2		0,88
32	10/07/2022	9:10 a. m.	Abierto con aireación	2	53,5	6,3		0,85
32	10/07/2022	9:15 a. m.	Abierto con aireación	3	51	6,7		0,85
33	11/07/2022	9:20 a. m.	Abierto con aireación	1	57,2	5,6		0,88
33	11/07/2022	9:25 a. m.	Abierto con aireación	2	59	6		0,85
33	11/07/2022	9:30 a. m.	Abierto con aireación	3	52,7	5,7		0,85
34	12/07/2022	9:50 a. m.	Abierto con aireación	1	55,5	5,6		0,88
34	12/07/2022	9:55 a. m.	Abierto con aireación	2	54,5	6,2		0,85
34	12/07/2022	10:00 a. m.	Abierto con aireación	3	54	6,2		0,85
35	13/07/2022	10:00 a. m.	Abierto con aireación	1	54,5	5,8		0,88
35	13/07/2022	10:05 a. m.	Abierto con aireación	2	50,7	6,2		0,85
35	13/07/2022	10:10 a. m.	Abierto con aireación	3	44,5	6,7		0,85
36	14/07/2022	10:00 a. m.	Abierto con aireación	1	49,2	5,7	61,91	0,85
36	14/07/2022	10:05 a. m.	Abierto con aireación	2	42,7	5,6	60,15	0,82
36	14/07/2022	10:10 a. m.	Abierto con aireación	3	40,2	5,8	62,02	0,8
37	15/07/2022	9:40 a. m.	Abierto con aireación	1	54,2	5,5	58,9	0,85
37	15/07/2022	9:45 a. m.	Abierto con aireación	2	47,7	5,8	68,7	0,82
37	15/07/2022	9:50 a. m.	Abierto con aireación	3	44,7	5,8	60,0	0,8
38	16/07/2022	9:00 a. m.	Abierto con aireación	1	43,7	6,5	64,68	0,82
38	16/07/2022	9:05 a. m.	Abierto con aireación	2	45,7	5,6	56,65	0,8
38	16/07/2022	9:10 a. m.	Abierto con aireación	3	46	5,8	60,22	0,79
39	17/07/2022	10:05 a. m.	Abierto con aireación	1	53	5,3	64,34	0,82

<b>Día</b>	<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>Sistema</b>	<b>Pila</b>	<b>T°</b>	<b>pH</b>	<b>Humedad</b>	<b>Altura</b>
39	17/07/2022	10:10 a. m.	Abierto con aireación	2	50,2	5,7	59,33	0,8
39	17/07/2022	10:15 a. m.	Abierto con aireación	3	49,5	6,3	59,10	0,79
40	18/07/2022	9:40 a. m.	Abierto con aireación	1	52,5	5,1	65,85	0,8
40	18/07/2022	9:45 a. m.	Abierto con aireación	2	53,7	5,2	62,49	0,78
40	18/07/2022	9:50 a. m.	Abierto con aireación	3	53,7	5,6	61,29	0,76
41	19/07/2022	9:05 a. m.	Abierto con aireación	1	50,2	5,3	63,98	0,8
41	19/07/2022	9:10 a. m.	Abierto con aireación	2	48,7	5,5	60,87	0,78
41	19/07/2022	9:15 a. m.	Abierto con aireación	3	49,75	5,7	62,29	0,76
42	20/07/2022	9:20 a. m.	Abierto con aireación	1	52,5	5,8	67,09	0,9
42	20/07/2022	9:25 a. m.	Abierto con aireación	2	49,7	5,5	64,51	0,9
42	20/07/2022	9:30 a. m.	Abierto con aireación	3	49,5	5,5	62,10	0,9
43	21/07/2022	9:50 a. m.	Abierto con aireación	1	48,2	5,3	62,10	0,9
43	21/07/2022	9:55 a. m.	Abierto con aireación	2	45,7	5,3	60,65	0,9
43	21/07/2022	10:00 a. m.	Abierto con aireación	3	48	5,1	64,86	0,9
44	22/07/2022	10:00 a. m.	Abierto con aireación	1	53	5,6	64,51	0,87
44	22/07/2022	10:05 a. m.	Abierto con aireación	2	47	5,3	64,16	0,88
44	22/07/2022	10:10 a. m.	Abierto con aireación	3	47,2	5,5	62,87	0,87
45	23/07/2022	10:00 a. m.	Abierto con aireación	1	46,5	5,8	64,58	0,87
45	23/07/2022	10:05 a. m.	Abierto con aireación	2	44	6,2	62,59	0,88
45	23/07/2022	10:10 a. m.	Abierto con aireación	3	38,7	6,3	63,58	0,87
46	24/07/2022	9:40 a. m.	Abierto con aireación	1	48,5	5,8	64,39	0,87
46	24/07/2022	9:45 a. m.	Abierto con aireación	2	45,2	6,2	61,48	0,88
46	24/07/2022	9:50 a. m.	Abierto con aireación	3	44	6,3	62,59	0,87
47	25/07/2022	10:00 a. m.	Abierto con aireación	1	53	6,2	62,29	0,82
47	25/07/2022	10:05 a. m.	Abierto con aireación	2	49,2	5,5	61,08	0,85
47	25/07/2022	10:10 a. m.	Abierto con aireación	3	48,2	5,5	58,63	0,85
48	26/07/2022	10:00 a. m.	Abierto con aireación	1	53	6,2	62,68	0,8
48	26/07/2022	10:05 a. m.	Abierto con aireación	2	49,2	5,5	65,85	0,84
48	26/07/2022	10:10 a. m.	Abierto con aireación	3	48,2	5,5	61,29	0,84
49	27/07/2022	9:40 a. m.	Abierto con aireación	1	47	5,8	65,38	0,78
49	27/07/2022	9:45 a. m.	Abierto con aireación	2	47,2	5,6	67,49	0,8
49	27/07/2022	9:50 a. m.	Abierto con aireación	3	47	6,7	66,29	0,84
50	28/07/2022	10:00 a. m.	Abierto con aireación	1	52,5	6,2	68,49	0,78
50	28/07/2022	10:05 a. m.	Abierto con aireación	2	51,2	6,3	66,49	0,8
50	28/07/2022	10:10 a. m.	Abierto con aireación	3	49,2	7	65,58	0,84
51	29/07/2022	9:40 a. m.	Abierto con aireación	1	48,7	5,1	62,10	0,75
51	29/07/2022	9:45 a. m.	Abierto con aireación	2	47,7	5,5	60,87	0,76
51	29/07/2022	9:50 a. m.	Abierto con aireación	3	50	5,8	66,01	0,8
52	30/07/2022	9:50 a. m.	Abierto con aireación	1	42	5,2	63,47	0,75

<b>Día</b>	<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>Sistema</b>	<b>Pila</b>	<b>T°</b>	<b>pH</b>	<b>Humedad</b>	<b>Altura</b>
52	30/07/2022	9:55 a. m.	Abierto con aireación	2	49,2	6	62,58	0,76
52	30/07/2022	10:00 a. m.	Abierto con aireación	3	49,5	5,6	65,48	0,8
53	31/07/2022	9:00 a. m.	Abierto con aireación	1	50	5,6	61,52	0,75
53	31/07/2022	9:05 a. m.	Abierto con aireación	2	52	6	68,57	0,76
53	31/07/2022	9:10 a. m.	Abierto con aireación	3	48,5	6	63,58	0,8
54	01/08/2022	9:40 a. m.	Abierto con aireación	1	51,5	6,2	63,85	0,7
54	01/08/2022	9:45 a. m.	Abierto con aireación	2	51	5,5	67,38	0,72
54	01/08/2022	9:50 a. m.	Abierto con aireación	3	45,5	6,7	61,57	0,78
55	02/08/2022	9:05 a. m.	Abierto con aireación	1	49,7	5,5	62,69	0,7
55	02/08/2022	9:10 a. m.	Abierto con aireación	2	52	5,6	65,69	0,72
55	02/08/2022	9:15 a. m.	Abierto con aireación	3	47,2	5,6	61,57	0,78
56	03/08/2022	9:20 a. m.	Abierto con aireación	1	48	5,8	63,68	0,68
56	03/08/2022	9:25 a. m.	Abierto con aireación	2	49,7	6,2	64,83	0,68
56	03/08/2022	9:30 a. m.	Abierto con aireación	3	45,5	7	58,37	0,75
57	04/08/2022	9:50 a. m.	Abierto con aireación	1	48	5,5	69,74	0,68
57	04/08/2022	9:55 a. m.	Abierto con aireación	2	50,5	6	67,73	0,68
57	04/08/2022	10:00 a. m.	Abierto con aireación	3	45	6,3	69,19	0,75
5	05/08/2022	9:25 a. m.	Abierto con aireación	2	44,7	6,2	66,49	0,65
58	05/08/2022	9:20 a. m.	Abierto con aireación	1	46	6	68,57	0,68
58	05/08/2022	9:30 a. m.	Abierto con aireación	3	42,2	6	68,53	0,75
59	06/08/2022	9:50 a. m.	Abierto con aireación	1	41,5	6,6	68,17	0,65
59	06/08/2022	9:55 a. m.	Abierto con aireación	2	41,2	6,6	65,28	0,65
59	06/08/2022	10:00 a. m.	Abierto con aireación	3	39	6,2	67,24	0,75
60	07/08/2022	9:20 a. m.	Abierto con aireación	1	45,2	5,8	67,29	0,65
60	07/08/2022	9:25 a. m.	Abierto con aireación	2	43,2	6,6	64,28	0,65
60	07/08/2022	9:30 a. m.	Abierto con aireación	3	39,2	6,1	66,54	0,75
61	08/08/2022	9:05 a. m.	Abierto con aireación	1	48	6,6	68,37	0,65
61	08/08/2022	9:10 a. m.	Abierto con aireación	2	46,2	6,2	67,48	0,63
61	08/08/2022	9:15 a. m.	Abierto con aireación	3	43,5	6,6	65,48	0,75
62	09/08/2022	9:40	Abierto con aireación	1	45,2	5,8	67,98	0,65
62	09/08/2022	9:45	Abierto con aireación	2	48,2	6,2	61,67	0,63
62	09/08/2022	9:50	Abierto con aireación	3	43	6,6	66,29	0,75
63	10/08/2022	9:05	Abierto con aireación	1	45,7	6,5	66,23	0,65
63	10/08/2022	9:10	Abierto con aireación	2	43,5	6,3	58,53	0,63
63	10/08/2022	9:15	Abierto con aireación	3	41,5	6	65,58	0,72
64	11/08/2022	9:20	Abierto con aireación	1	41,7	6,5	64,23	0,65
64	11/08/2022	9:25	Abierto con aireación	2	43,5	6,3	56,87	0,63
64	11/08/2022	9:30	Abierto con aireación	3	41,7	6,8	66,01	0,72
65	12/08/2022	9:50	Abierto con aireación	1	45,5	7	62,17	0,63



Día	Fecha	Hora	Sistema	Pila	T°	pH	Humedad	Altura
65	12/08/2022	9:55	Abierto con aireación	2	47,5	6,2	59,63	0,63
65	12/08/2022	10:00	Abierto con aireación	3	40,7	5,7	65,48	0,72
66	13/08/2022	9:20	Abierto con aireación	1	42,2	6,8	58,42	0,63
66	13/08/2022	9:25	Abierto con aireación	2	42,2	6,3	58,16	0,63
66	13/08/2022	9:30	Abierto con aireación	3	41	6,8	63,58	0,66
67	14/08/2022	9:50	Abierto con aireación	1	45,7	7	55,97	0,63
67	14/08/2022	9:55	Abierto con aireación	2	47,2	6,3	54,73	0,59
67	14/08/2022	10:00	Abierto con aireación	3	42,7	6,2	61,57	0,66
68	15/08/2022	9:20	Abierto con aireación	1	35,7	6,6	60,35	0,62
68	15/08/2022	9:25	Abierto con aireación	2	46,5	6,2	50,67	0,59
68	15/08/2022	9:30	Abierto con aireación	3	45,2	6,8	60,46	0,66
69	16/08/2022	9:05	Abierto con aireación	1	43,2	6,8	62,75	0,58
69	16/08/2022	9:10	Abierto con aireación	2	46,2	6,2	51,74	0,59
69	16/08/2022	9:15	Abierto con aireación	3	43,2	6,7	58,37	0,61
70	17/08/2022	9:20	Abierto con aireación	1	41,7	6,1	63,97	0,58
70	17/08/2022	9:25	Abierto con aireación	2	44,2	6,8	52,74	0,59
70	17/08/2022	9:30	Abierto con aireación	3	42,7	6,7	60,0	0,61
71	18/08/2022	9:50	Abierto con aireación	1	43,5	7	62,96	0,58
71	18/08/2022	9:55	Abierto con aireación	2	45,5	6,7	59,6	0,59
71	18/08/2022	10:00	Abierto con aireación	3	44,2	7	60,22	0,61
72	19/08/2022	9:20	Abierto con aireación	1	42	6,8	60,45	0,56
72	19/08/2022	9:25	Abierto con aireación	2	46,7	7	60,1	0,57
72	19/08/2022	9:30	Abierto con aireación	3	43,5	7	59,10	0,61
73	20/08/2022	9:50	Abierto con aireación	1	42,5	7	58,65	0,56
73	20/08/2022	9:55	Abierto con aireación	2	44,7	6,6	58,12	0,57
73	20/08/2022	10:00	Abierto con aireación	3	43	7	61,29	0,61
74	21/08/2022	9:20	Abierto con aireación	1	43,5	6,7	61,53	0,56
74	21/08/2022	9:25	Abierto con aireación	2	44,75	7	54,2	0,57
74	21/08/2022	9:30	Abierto con aireación	3	43,2	6,5	62,29	0,57
75	22/08/2022	9:50	Abierto con aireación	1	43,5	6,5	57,14	0,56
75	22/08/2022	9:55	Abierto con aireación	2	46,2	6,2	79,64	0,57
75	22/08/2022	10:00	Abierto con aireación	3	45	7	58,63	0,57
76	23/08/2022	9:50	Abierto con aireación	1	41,8	6,8	62,96	0,56
76	23/08/2022	9:55	Abierto con aireación	2	45,2	7	59,6	0,57
76	23/08/2022	10:00	Abierto con aireación	3	42,5	7	60,22	0,57
77	24/08/2022	9:20	Abierto con aireación	1	44,2	7	60,45	0,56
77	24/08/2022	9:25	Abierto con aireación	2	42,8	6,6	60,1	0,57
77	24/08/2022	9:30	Abierto con aireación	3	41,3	7	59,10	0,57
78	25/08/2022	9:50	Abierto con aireación	1	40,1	6,7	58,65	0,56

<b>Día</b>	<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>Sistema</b>	<b>Pila</b>	<b>T°</b>	<b>pH</b>	<b>Humedad</b>	<b>Altura</b>
78	25/08/2022	9:55	Abierto con aireación	2	38,7	7	58,12	0,57
78	25/08/2022	10:00	Abierto con aireación	3	36,8	6,5	61,29	0,57
79	26/08/2022	9:20	Abierto con aireación	1	36,8	6,5	61,53	0,57
79	26/08/2022	9:25	Abierto con aireación	2	36,8	6,2	54,2	0,57
79	26/08/2022	9:30	Abierto con aireación	3	36,8	7	62,29	0,57
80	27/08/2022	9:50	Abierto con aireación	1	35,3	6,5	57,14	0,55
80	27/08/2022	9:55	Abierto con aireación	2	35,3	6,5	79,64	0,55
80	27/08/2022	10:00	Abierto con aireación	3	35,3	6,2	58,63	0,55
1	20/06/2022	10:30 a. m.	Autónomo	1	32,75	6		1,1
1	20/06/2022	10:35 a. m.	Autónomo	2	31,75	5,8		1,06
1	20/06/2022	10:40 a. m.	Autónomo	3	31	5,5		1,06
2	21/06/2022	11:20 a. m.	Autónomo	1	54	5,5	77,16	1,1
2	21/06/2022	11:25 a. m.	Autónomo	2	50,25	5,3	57,96	1,06
2	21/06/2022	11:30 a. m.	Autónomo	3	57,75	4,6	60,16	1,06
3	22/06/2022	8:20 a. m.	Autónomo	1	55,75	4,75		1,1
3	22/06/2022	8:25 a. m.	Autónomo	2	54,5	5,25		1,06
3	22/06/2022	8:30 a. m.	Autónomo	3	54,5	6,25		1,06
4	23/06/2022	9:00 a. m.	Autónomo	1	55,7	5,8		1,1
4	23/06/2022	9:05 a. m.	Autónomo	2	55,5	5,6		1,06
4	23/06/2022	9:10 a. m.	Autónomo	3	56,75	6		1,06
5	24/06/2022	9:30 a. m.	Autónomo	1	58,25	4,6		1,1
5	24/06/2022	9:35 a. m.	Autónomo	2	60	5,1		1,06
5	24/06/2022	9:40 a. m.	Autónomo	3	61,5	5,8		1,06
6	25/06/2022	11:00 a. m.	Autónomo	1	60,5	5,3		1,05
6	25/06/2022	11:05 a. m.	Autónomo	2	55,5	6		1
6	25/06/2022	11:10 a. m.	Autónomo	3	54,5	5,7		1
7	26/06/2022	10:15 a. m.	Autónomo	1	58	5,6		1,05
7	26/06/2022	10:20 a. m.	Autónomo	2	54	5,2		1
7	26/06/2022	10:25 a. m.	Autónomo	3	63,2	5		1
8	27/06/2022	10:00 a. m.	Autónomo	1	67,7	5		1,05
8	27/06/2022	10:05 a. m.	Autónomo	2	66	5		1
8	27/06/2022	10:10 a. m.	Autónomo	3	61	4,3		1
9	28/06/2022	9:35 a. m.	Autónomo	1	68,5	5,5		1,05
9	28/06/2022	9:40 a. m.	Autónomo	2	63,7	5,6		1
9	28/06/2022	9:45 a. m.	Autónomo	3	66,5	5,3		1
10	29/06/2022	10:00 a. m.	Autónomo	1	59	5,3		0,98
10	29/06/2022	10:05 a. m.	Autónomo	2	64,2	5,1		0,95
10	29/06/2022	10:10 a. m.	Autónomo	3	65,5	5		0,94
11	30/06/2022	9:40 a. m.	Autónomo	1	66,5	5,8	66,28	0,98

<b>Día</b>	<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>Sistema</b>	<b>Pila</b>	<b>T°</b>	<b>pH</b>	<b>Humedad</b>	<b>Altura</b>
11	30/06/2022	9:45 a. m.	Autónomo	2	60,5	5,3	61,98	0,95
11	30/06/2022	9:50 a. m.	Autónomo	3	64,5	4,8	67,89	0,94
12	01/07/2022	10:20 a. m.	Autónomo	1	66,7	6		0,98
12	01/07/2022	10:25 a. m.	Autónomo	2	62	4,8		0,95
12	01/07/2022	10:30 a. m.	Autónomo	3	62,5	5,2		0,94
13	02/07/2022	11:00 a. m.	Autónomo	1	64,25	5,1		0,98
13	02/07/2022	11:05 a. m.	Autónomo	2	65,5	5,5		0,95
13	02/07/2022	11:10 a. m.	Autónomo	3	64,5	5,5		0,94
14	03/07/2022	11:00 a. m.	Autónomo	1	65,5	5,5		0,98
14	03/07/2022	11:05 a. m.	Autónomo	2	61,5	5		0,95
14	03/07/2022	11:10 a. m.	Autónomo	3	64,2	5,8		0,94
15	04/07/2022	10:30 a. m.	Autónomo	1	66	6		0,95
15	04/07/2022	10:35 a. m.	Autónomo	2	59,5	5,8		0,92
15	04/07/2022	10:40 a. m.	Autónomo	3	63,2	5,3		0,9
16	05/07/2022	10:00 a. m.	Autónomo	1	46,2	5,5		0,95
16	05/07/2022	10:05 a. m.	Autónomo	2	48	5,7		0,92
16	05/07/2022	10:10 a. m.	Autónomo	3	45,2	5,6		0,9
17	06/07/2022	10:40 a. m.	Autónomo	1	55,2	5,7		0,9
17	06/07/2022	10:45 a. m.	Autónomo	2	61,7	6		0,86
17	06/07/2022	10:50 a. m.	Autónomo	3	64,5	5,8		0,86
18	07/07/2022	10:30 a. m.	Autónomo	1	65,2	5,5	66,86	0,9
18	07/07/2022	10:35 a. m.	Autónomo	2	71,2	5,8	58,29	0,86
18	07/07/2022	10:40 a. m.	Autónomo	3	69	5,7	68,96	0,86
19	08/07/2022	10:20 a. m.	Autónomo	1	46,5	6,1		0,9
19	08/07/2022	10:25 a. m.	Autónomo	2	49,2	6,6		0,86
19	08/07/2022	10:30 a. m.	Autónomo	3	51,2	5,6		0,86
20	09/07/2022	10:00 a. m.	Autónomo	1	54	6,3		0,99
20	09/07/2022	10:05 a. m.	Autónomo	2	58	5,3		0,95
20	09/07/2022	10:10 a. m.	Autónomo	3	55,5	6,1		0,95
21	10/07/2022	10:10 a. m.	Autónomo	1	46	6		0,99
21	10/07/2022	10:15 a. m.	Autónomo	2	50,2	5,8		0,95
21	10/07/2022	10:20 a. m.	Autónomo	3	53,2	5,6		0,95
22	11/07/2022	10:00 a. m.	Autónomo	1	53	5,6		0,99
22	11/07/2022	10:05 a. m.	Autónomo	2	54,7	6		0,95
22	11/07/2022	10:10 a. m.	Autónomo	3	55,5	5,5		0,95
23	12/07/2022	9:50 a. m.	Autónomo	1	52,7	6,3		0,99
23	12/07/2022	9:55 a. m.	Autónomo	2	51,2	6,6		0,95
23	12/07/2022	10:00 a. m.	Autónomo	3	54,2	5,8		0,95
24	13/07/2022	10:00 a. m.	Autónomo	1	48,7	6,5		0,99

<b>Día</b>	<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>Sistema</b>	<b>Pila</b>	<b>T°</b>	<b>pH</b>	<b>Humedad</b>	<b>Altura</b>
24	13/07/2022	10:05 a. m.	Autónomo	2	47,7	6,2		0,95
24	13/07/2022	10:10 a. m.	Autónomo	3	48	6,8		0,95
25	14/07/2022	10:15 a. m.	Autónomo	1	59,5	5,7	35,11	0,94
25	14/07/2022	10:20 a. m.	Autónomo	2	59	6,1	68,47	0,9
25	14/07/2022	10:25 a. m.	Autónomo	3	53,2	5,8	65,83	0,9
26	15/07/2022	9:30 a. m.	Autónomo	1	55	5,7	66,79	0,94
26	15/07/2022	9:35 a. m.	Autónomo	2	58,2	6	66,17	0,9
26	15/07/2022	9:40 a. m.	Autónomo	3	57,5	5,7	67,24	0,9
27	16/07/2022	9:40 a. m.	Autónomo	1	58	6,3	64,68	0,94
27	16/07/2022	9:45 a. m.	Autónomo	2	57,7	5,6	56,65	0,9
27	16/07/2022	9:50 a. m.	Autónomo	3	59,5	5,3	60,22	0,9
28	17/07/2022	9:20 a. m.	Autónomo	1	57,7	5,3	67,24	0,94
28	17/07/2022	9:25 a. m.	Autónomo	2	57,5	6,2	63,44	0,9
28	17/07/2022	9:30 a. m.	Autónomo	3	57,2	5,6	67,39	0,9
29	18/07/2022	9:40 a. m.	Autónomo	1	61,2	6,6	76,57	0,89
29	18/07/2022	9:45 a. m.	Autónomo	2	57,2	5,7	69,71	0,86
29	18/07/2022	9:50 a. m.	Autónomo	3	60,5	5,2	71,72	0,88
30	19/07/2022	9:45 a. m.	Autónomo	1	52	5,3	68,39	0,89
30	19/07/2022	9:50 a. m.	Autónomo	2	52,2	5,2	64,51	0,86
30	19/07/2022	9:55 a. m.	Autónomo	3	55,2	5,2	72,05	0,88
31	20/07/2022	10:00 a. m.	Autónomo	1	52,7	5,2	67,09	0,86
31	20/07/2022	10:05 a. m.	Autónomo	2	50	5,2	71,04	0,85
31	20/07/2022	10:10 a. m.	Autónomo	3	53	5,7	72,58	0,84
32	21/07/2022	10:00 a. m.	Autónomo	1	52,2	5,5	68,11	0,86
32	21/07/2022	10:05 a. m.	Autónomo	2	49,5	5,3	70,21	0,85
32	21/07/2022	10:10 a. m.	Autónomo	3	48,5	5,1	75,38	0,84
33	22/07/2022	9:50 a. m.	Autónomo	1	54	5,1	65,69	0,86
33	22/07/2022	9:55 a. m.	Autónomo	2	51	5,2	64,34	0,85
33	22/07/2022	10:00 a. m.	Autónomo	3	52	5,2	66,01	0,84
34	23/07/2022	10:00 a. m.	Autónomo	1	50,25	5,3	69,37	0,84
34	23/07/2022	10:05 a. m.	Autónomo	2	45,2	5,5	67,04	0,83
34	23/07/2022	10:10 a. m.	Autónomo	3	48	5,7	69,27	0,82
35	24/07/2022	10:00 a. m.	Autónomo	1	53	5,8	68,18	0,84
35	24/07/2022	10:05 a. m.	Autónomo	2	46,5	6,5	66,49	0,83
35	24/07/2022	10:10 a. m.	Autónomo	3	52	6,1	65,98	0,82
36	25/07/2022	9:50 a. m.	Autónomo	1	54,5	6,6	62,87	0,84
36	25/07/2022	9:55 a. m.	Autónomo	2	52,7	6,2	70,33	0,83
36	25/07/2022	10:00 a. m.	Autónomo	3	55,2	6,3	65,03	0,82
37	26/07/2022	10:00 a. m.	Autónomo	1	53	6,5	64,86	0,8

<b>Día</b>	<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>Sistema</b>	<b>Pila</b>	<b>T°</b>	<b>pH</b>	<b>Humedad</b>	<b>Altura</b>
37	26/07/2022	10:05 a. m.	Autónomo	2	53	6,7	66,17	0,79
37	26/07/2022	10:10 a. m.	Autónomo	3	53	6,2	68,25	0,78
38	27/07/2022	10:00 a. m.	Autónomo	1	49	6,1	63,15	0,8
38	27/07/2022	10:05 a. m.	Autónomo	2	45,7	6	64,28	0,79
38	27/07/2022	10:10 a. m.	Autónomo	3	49,2	5,7	65,97	0,78
39	28/07/2022	10:05 a. m.	Autónomo	1	50	6,2	72,58	0,8
39	28/07/2022	10:10 a. m.	Autónomo	2	46,5	6,6	69,59	0,79
39	28/07/2022	10:15 a. m.	Autónomo	3	50,2	6,3	70,49	0,78
40	29/07/2022	10:05 a. m.	Autónomo	1	46,5	5,5	66,79	0,88
40	29/07/2022	10:10 a. m.	Autónomo	2	44,2	5,8	68,79	0,88
40	29/07/2022	10:15 a. m.	Autónomo	3	49,2	5,8	66,33	0,88
41	30/07/2022	10:10 a. m.	Autónomo	1	52	5,6	64,17	0,88
41	30/07/2022	10:15 a. m.	Autónomo	2	44	5,6	65,57	0,88
41	30/07/2022	10:20 a. m.	Autónomo	3	51	5,3	63,64	0,88
42	31/07/2022	10:00 a. m.	Autónomo	1	41	5,5	62,95	0,88
42	31/07/2022	10:05 a. m.	Autónomo	2	51,5	6	63,95	0,88
42	31/07/2022	10:10 a. m.	Autónomo	3	53	5,6	61,85	0,88
43	01/08/2022	10:00 a. m.	Autónomo	1	55,7	5,7	60,18	0,88
43	01/08/2022	10:05 a. m.	Autónomo	2	55,5	5,5	58,19	0,88
43	01/08/2022	10:10 a. m.	Autónomo	3	55	6,2	58,45	0,88
44	02/08/2022	9:20 a. m.	Autónomo	1	51	6	57,15	0,85
44	02/08/2022	9:25 a. m.	Autónomo	2	53,5	5,2	55,36	0,86
44	02/08/2022	9:30 a. m.	Autónomo	3	54,2	5,6	56,49	0,86
45	03/08/2022	10:00 a. m.	Autónomo	1	51,2	5,3	67,35	0,85
45	03/08/2022	10:05 a. m.	Autónomo	2	53	5,5	69,15	0,86
45	03/08/2022	10:10 a. m.	Autónomo	3	53,5	5,6	73,06	0,86
46	04/08/2022	9:00 a. m.	Autónomo	1	52	6,6	65,28	0,85
46	04/08/2022	9:05 a. m.	Autónomo	2	52,7	6,1	68,15	0,86
46	04/08/2022	9:10 a. m.	Autónomo	3	54	5,7	73,18	0,86
47	05/08/2022	9:00 a. m.	Autónomo	1	47,5	6,2	65,48	0,68
47	05/08/2022	9:05 a. m.	Autónomo	2	53,2	6	66,59	0,75
47	05/08/2022	9:10 a. m.	Autónomo	3	53,2	6,7	72,57	0,86
48	06/08/2022	10:00 a. m.	Autónomo	1	50,5	5,7	64,29	0,8
48	06/08/2022	10:05 a. m.	Autónomo	2	51,5	6,6	65,28	0,78
48	06/08/2022	10:10 a. m.	Autónomo	3	52,5	6,1	71,47	0,76
49	07/08/2022	9:20 a. m.	Autónomo	1	53,7	5,3	68,19	0,8
49	07/08/2022	9:25 a. m.	Autónomo	2	53,2	6,2	64,62	0,78
49	07/08/2022	9:30 a. m.	Autónomo	3	54,2	6,1	70,14	0,76
50	08/08/2022	9:00 a. m.	Autónomo	1	53	6,2	67,48	0,8

<b>Día</b>	<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>Sistema</b>	<b>Pila</b>	<b>T°</b>	<b>pH</b>	<b>Humedad</b>	<b>Altura</b>
50	08/08/2022	9:05 a. m.	Autónomo	2	52,2	7	66,78	0,78
50	08/08/2022	9:10 a. m.	Autónomo	3	53,2	5,8	69,15	0,76
51	09/08/2022	10:00	Autónomo	1	53	5,8	68,2	0,76
51	09/08/2022	10:05	Autónomo	2	51,5	6,2	67,9	0,76
51	09/08/2022	10:10	Autónomo	3	52	6	67,5	0,76
52	10/08/2022	9:00	Autónomo	1	52	7	67,7	0,76
52	10/08/2022	9:05	Autónomo	2	49,2	7	67,87	0,76
52	10/08/2022	9:10	Autónomo	3	51,5	6,8	64,67	0,76
53	11/08/2022	9:00	Autónomo	1	46	6,8	64,87	0,76
53	11/08/2022	9:05	Autónomo	2	44,2	6,7	68,7	0,76
53	11/08/2022	9:10	Autónomo	3	47,7	6,1	63,9	0,76
54	12/08/2022	10:00	Autónomo	1	47,2	6,6	64,6	0,76
54	12/08/2022	10:05	Autónomo	2	45,5	6,2	70,6	0,76
54	12/08/2022	10:10	Autónomo	3	48,2	7	67,95	0,74
55	13/08/2022	9:20	Autónomo	1	45,5	7	67,36	0,74
55	13/08/2022	9:25	Autónomo	2	43,5	6,2	65,96	0,74
55	13/08/2022	9:30	Autónomo	3	44	6,6	65,8	0,74
56	14/08/2022	9:00	Autónomo	1	49,2	6,2	64,87	0,74
56	14/08/2022	9:05	Autónomo	2	45,5	7	63,98	0,74
56	14/08/2022	9:10	Autónomo	3	50,2	6,6	65,56	0,74
57	15/08/2022	10:00	Autónomo	1	50	6,8	65,65	0,74
57	15/08/2022	10:05	Autónomo	2	46	7	67,46	0,7
57	15/08/2022	10:10	Autónomo	3	52,2	6,7	65,98	0,74
58	16/08/2022	10:30	Autónomo	1	47,7	6,6	64,87	0,74
58	16/08/2022	10:35	Autónomo	2	45,7	6,5	67,87	0,7
58	16/08/2022	10:40	Autónomo	3	49	7	68,45	0,74
59	17/08/2022	11:20	Autónomo	1	46,7	6,6	69,6	0,74
59	17/08/2022	11:25	Autónomo	2	44,5	6,6	67,98	0,68
59	17/08/2022	11:30	Autónomo	3	46	6,3	67,8	0,74
60	18/08/2022	8:20	Autónomo	1	46,2	7	68,76	0,74
60	18/08/2022	8:25	Autónomo	2	46,2	6,6	65,65	0,68
60	18/08/2022	8:30	Autónomo	3	48	6,2	67,876	0,74
61	19/08/2022	9:00	Autónomo	1	46,7	6,7	67,46	0,74
61	19/08/2022	9:05	Autónomo	2	47,2	6,3	64,16	0,68
61	19/08/2022	9:10	Autónomo	3	45,7	7	68,97	0,74
62	20/08/2022	9:30	Autónomo	1	46,5	6,6	66,87	0,7
62	20/08/2022	9:35	Autónomo	2	47,2	7	65,76	0,68
62	20/08/2022	9:40	Autónomo	3	47,5	6,3	64,78	0,71
63	21/08/2022	11:00	Autónomo	1	47,2	7	63,78	0,7

Día	Fecha	Hora	Sistema	Pila	T°	pH	Humedad	Altura
63	21/08/2022	11:05	Autónomo	2	46,5	6,8	61,98	0,68
63	21/08/2022	11:10	Autónomo	3	47	6,7	64,76	0,71
64	22/08/2022	10:15	Autónomo	1	48,5	6,6	60,65	0,7
64	22/08/2022	10:20	Autónomo	2	48,7	7	61,987	0,68
64	22/08/2022	10:25	Autónomo	3	48,5	7	63,67	0,71
65	23/08/2022	8:25	Autónomo	1	40,0	7	63,4	0,75
65	23/08/2022	8:30	Autónomo	2	47,0	6,5	65,1	0,74
65	23/08/2022	9:00	Autónomo	3	45,6	7	62,7	0,74
66	24/08/2022	9:05	Autónomo	1	40,2	6,7	62,5	0,73
66	24/08/2022	9:10	Autónomo	2	40,2	6,7	58,9	0,73
66	24/08/2022	9:30	Autónomo	3	40,2	6,7	56,5	0,72
67	25/08/2022	9:35	Autónomo	1	38,7	6,5	55,6	0,72
67	25/08/2022	9:40	Autónomo	2	38,7	6,5	60,8	0,72
67	25/08/2022	11:00	Autónomo	3	38,7	6,5	60,5	0,70
68	26/08/2022	11:05	Autónomo	1	38	6,0	59,1	0,70
68	26/08/2022	11:10	Autónomo	2	38	6,6	56,5	0,70
68	26/08/2022	10:15	Autónomo	3	38	6,7	56,5	0,70
69	27/08/2022	10:20	Autónomo	1	35,4	6,8	57,4	0,70
69	27/08/2022	10:25	Autónomo	2	35,4	6,8	56,5	0,68
69	27/08/2022	10:30	Autónomo	3	35,4	6,8	57,4	0,68
1	13/06/2022	16:40	tradicional	1	37,7	5,2	60,36	1
1	13/06/2022	16:45	tradicional	2	37,2	4,6	65,18	1
1	13/06/2022	16:50	tradicional	3	33	5,6	59,19	0,98
2	14/06/2022	15:35	tradicional	1	53	5,5		1
2	14/06/2022	15:40	tradicional	2	51	4,2		1
2	14/06/2022	15:45	tradicional	3	53,5	5,8		0,98
3	15/06/2022	16:35	tradicional	1	55,7	5,3		1
3	15/06/2022	16:40	tradicional	2	53	4,7		1
3	15/06/2022	16:45	tradicional	3	57,7	5,6		0,98
4	16/06/2022	11:45	tradicional	1	63	5,2		0,97
4	16/06/2022	11:50	tradicional	2	66,7	5,1		0,98
4	16/06/2022	11:55	tradicional	3	68,5	5		0,96
5	17/06/2022	8:45	tradicional	1	70,5	5,5		0,97
5	17/06/2022	8:50	tradicional	2	68,7	4,6		0,96
5	17/06/2022	8:55	tradicional	3	70,5	4,6		0,95
6	18/06/2022	10:00	tradicional	1	68,25	5,8		0,94
6	18/06/2022	10:10	tradicional	2	73,5	5,2		0,93
6	18/06/2022	10:20	tradicional	3	7	5,6		0,93
7	19/06/2022	9:30	tradicional	1	64,2	5,7		0,92

Día	Fecha	Hora	Sistema	Pila	T°	pH	Humedad	Altura
7	19/06/2022	9:35	tradicional	2	68	5,1		0,9
7	19/06/2022	9:40	tradicional	3	67,7	5,2		0,9
8	20/06/2022	8:40	tradicional	1	65,2	5,3		1
8	20/06/2022	8:45	tradicional	2	65	5,3		1
8	20/06/2022	8:50	tradicional	3	69,7	5,5		1
9	21/06/2022	9:35	tradicional	1	66	5,7	67,2	1
9	21/06/2022	9:40	tradicional	2	66	5,3	68,1	1
9	21/06/2022	9:45	tradicional	3	61	5,7	67,2	1
10	22/06/2022	10:05	tradicional	1	61,7	5,3		1
10	22/06/2022	10:10	tradicional	2	50,2	5,6		1
10	22/06/2022	10:15	tradicional	3	63	5,6		1
11	23/06/2022	10:00	tradicional	1	58,5	5,6		0,98
11	23/06/2022	10:05	tradicional	2	67,5	5,6		0,99
11	23/06/2022	10:10	tradicional	3	61,7	5,8		0,98
12	24/06/2022	9:40	tradicional	1	61,2	5,5		0,96
12	24/06/2022	9:45	tradicional	2	66,5	5,5		0,98
12	24/06/2022	9:50	tradicional	3	59,7	5,3		0,98
13	25/06/2022	10:00	tradicional	1	51,7	5,7		0,94
13	25/06/2022	10:05	tradicional	2	56,7	6		0,95
13	25/06/2022	10:10	tradicional	3	57,5	5,8		0,94
14	26/06/2022	10:00	tradicional	1	56,2	5,7		0,91
14	26/06/2022	10:05	tradicional	2	57,2	5,6		0,91
14	26/06/2022	10:10	tradicional	3	55,2	6,1		0,9
15	27/06/2022	10:20	tradicional	1	57,7	6,1		0,98
15	27/06/2022	10:25	tradicional	2	62,7	5,7		0,96
15	27/06/2022	10:30	tradicional	3	57,7	5,8		0,96
16	28/06/2022	11:00	tradicional	1	52,5	6,1		0,97
16	28/06/2022	11:05	tradicional	2	59,5	5,8		0,96
16	28/06/2022	11:10	tradicional	3	55	5,7		0,94
17	29/06/2022	9:05	tradicional	1	55,7	6		0,94
17	29/06/2022	9:10	tradicional	2	59,2	5,6		0,93
17	29/06/2022	9:15	tradicional	3	55	5,6		0,92
18	30/06/2022	9:40	tradicional	1	45,5	6,1	47,38	0,94
18	30/06/2022	9:45	tradicional	2	51,5	5,7	55,28	0,93
18	30/06/2022	9:50	tradicional	3	45,5	5,6	61,78	0,92
19	01/07/2022	10:00	tradicional	1	54	5,7		0,9
19	01/07/2022	10:05	tradicional	2	54,7	5,7		0,9
19	01/07/2022	10:10	tradicional	3	54	5,7		0,89
20	02/07/2022	9:40	tradicional	1	52,5	6,2		0,9



<b>Día</b>	<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>Sistema</b>	<b>Pila</b>	<b>T°</b>	<b>pH</b>	<b>Humedad</b>	<b>Altura</b>
20	02/07/2022	9:45	tradicional	2	59	6		0,89
20	02/07/2022	9:50	tradicional	3	53,9	5,7		0,89
21	03/07/2022	9:45	tradicional	1	40,25	6,3		0,89
21	03/07/2022	9:50	tradicional	2	42	5,5		0,87
21	03/07/2022	9:55	tradicional	3	40	6,6		0,88
22	04/07/2022	10:00	tradicional	1	50,7	7		0,98
22	04/07/2022	10:05	tradicional	2	52	6,5		0,98
22	04/07/2022	10:10	tradicional	3	50,2	6,3		0,98
23	05/07/2022	9:30	tradicional	1	50,5	7		0,98
23	05/07/2022	9:35	tradicional	2	50,5	6,8		0,98
23	05/07/2022	9:40	tradicional	3	50,7	6,6		0,98
24	06/07/2022	10:10	tradicional	1	54,5	5,6		0,95
24	06/07/2022	10:15	tradicional	2	55,5	6,5		0,96
24	06/07/2022	10:20	tradicional	3	53,2	5,6		0,96
25	07/07/2022	10:30	tradicional	1	51,7	6,6	53,61	0,94
25	07/07/2022	10:35	tradicional	2	50,7	6,2	52,93	0,94
25	07/07/2022	10:40	tradicional	3	51	6,5	52,52	0,94
26	08/07/2022	11:00	tradicional	1	52	6		0,9
26	08/07/2022	11:05	tradicional	2	52	5,7		0,91
26	08/07/2022	11:10	tradicional	3	45	5,6		0,9
27	09/07/2022	10:00	tradicional	1	54,2	6,6		0,9
27	09/07/2022	10:05	tradicional	2	54	6,5		0,89
27	09/07/2022	10:10	tradicional	3	53	6,8		0,89
28	10/07/2022	10:40	tradicional	1	52,5	6		0,87
28	10/07/2022	10:45	tradicional	2	51	6,6		0,86
28	10/07/2022	10:50	tradicional	3	50,75	6,2		0,86
29	11/07/2022	10:10	tradicional	1	49,7	6		0,94
29	11/07/2022	10:15	tradicional	2	54	6,5		0,92
29	11/07/2022	10:20	tradicional	3	54,5	5,8		0,94
30	12/07/2022	10:00	tradicional	1	53,7	6		0,94
30	12/07/2022	10:05	tradicional	2	53	6		0,92
30	12/07/2022	10:10	tradicional	3	51	5,5		0,94
31	13/07/2022	9:40	tradicional	1	52,7	6,2		0,94
31	13/07/2022	9:45	tradicional	2	52	5,5		0,92
31	13/07/2022	9:50	tradicional	3	52,5	6,2		0,94
32	14/07/2022	10:00	tradicional	1	55,2	5,5	55,59	0,9
32	14/07/2022	10:05	tradicional	2	50	5,7	57,97	0,89
32	14/07/2022	10:10	tradicional	3	50,7	5,7	61,29	0,89
33	15/07/2022	9:40	tradicional	1	52,5	6,6	63,98	0,88

<b>Día</b>	<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>Sistema</b>	<b>Pila</b>	<b>T°</b>	<b>pH</b>	<b>Humedad</b>	<b>Altura</b>
33	15/07/2022	9:45	tradicional	2	53,7	6,3	67,24	0,87
33	15/07/2022	9:50	tradicional	3	56,5	6,5	67,39	0,87
34	16/07/2022	9:45	tradicional	1	47,7	6,6	67,39	0,88
34	16/07/2022	9:50	tradicional	2	49	6,3	61,90	0,87
34	16/07/2022	9:55	tradicional	3	47,2	6	60,22	0,87
35	17/07/2022	10:00	tradicional	1	55,5	6,7	62,10	0,86
35	17/07/2022	10:05	tradicional	2	50	6,3	55,86	0,85
35	17/07/2022	10:10	tradicional	3	53,5	5,8	59,10	0,85
36	18/07/2022	9:30	tradicional	1	56,2	5,2	63,62	0,85
36	18/07/2022	9:35	tradicional	2	55	5,5	67,68	0,85
36	18/07/2022	9:40	tradicional	3	53,7	5,3	64,86	0,83
37	19/07/2022	10:10	tradicional	1	51,2	5,8	63,80	0,85
37	19/07/2022	10:15	tradicional	2	54,5	5,2	63,62	0,85
37	19/07/2022	10:20	tradicional	3	48,2	5,5	62,10	0,83
38	20/07/2022	10:05	tradicional	1	53	5,6	65,36	0,85
38	20/07/2022	10:10	tradicional	2	53,7	5,6	59,56	0,85
38	20/07/2022	10:15	tradicional	3	51	5,5	62,29	0,83
39	21/07/2022	10:00	tradicional	1	54,7	5,6	67,24	0,83
39	21/07/2022	10:05	tradicional	2	52,5	5,3	68,11	0,83
39	21/07/2022	10:10	tradicional	3	47	5,3	67,24	0,8
40	22/07/2022	9:40	tradicional	1	55,2	5,2	59,10	0,8
40	22/07/2022	9:45	tradicional	2	50,5	5,3	58,87	0,8
40	22/07/2022	9:50	tradicional	3	50,7	5,2	61,29	0,79
41	23/07/2022	10:00	tradicional	1	53	6,6	57,84	0,78
41	23/07/2022	10:05	tradicional	2	53	6,5	55,54	0,8
41	23/07/2022	10:10	tradicional	3	53,2	6,1	59,81	0,77
42	24/07/2022	10:00	tradicional	1	49,7	6,3	60,16	0,76
42	24/07/2022	10:05	tradicional	2	50,5	6,3	58,62	0,79
42	24/07/2022	10:10	tradicional	3	48,5	6,2	63,56	0,77
43	25/07/2022	10:20	tradicional	1	54	5,7	64,51	0,8
43	25/07/2022	10:25	tradicional	2	50,2	5,8	60,22	0,8
43	25/07/2022	10:30	tradicional	3	52,5	5,5	60,22	0,8
44	26/07/2022	10:30	tradicional	1	54	5,7	65,03	0,8
44	26/07/2022	10:35	tradicional	2	50,2	5,8	66,01	0,8
44	26/07/2022	10:40	tradicional	3	52,5	5,6	58,87	0,8
45	27/07/2022	11:00	tradicional	1	49,7	7	59,84	0,8
45	27/07/2022	11:05	tradicional	2	53,7	6,6	61,65	0,8
45	27/07/2022	11:10	tradicional	3	55	7	55,81	0,8
46	28/07/2022	10:00	tradicional	1	53	5,7	54,37	0,78

<b>Día</b>	<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>Sistema</b>	<b>Pila</b>	<b>T°</b>	<b>pH</b>	<b>Humedad</b>	<b>Altura</b>
46	28/07/2022	10:05	tradicional	2	53,5	7	53,56	0,77
46	28/07/2022	10:10	tradicional	3	52,5	7	51,95	0,78
47	29/07/2022	10:40	tradicional	1	49,5	5,5	65,36	0,75
47	29/07/2022	10:45	tradicional	2	54,7	5,7	68,0	0,75
47	29/07/2022	10:50	tradicional	3	55,2	5,8	56,4	0,74
48	30/07/2022	10:10	tradicional	1	48	5,8	61,34	0,75
48	30/07/2022	10:15	tradicional	2	43,8	5,5	65,81	0,75
48	30/07/2022	10:20	tradicional	3	50	5,6	52,53	0,74
49	31/07/2022	10:00	tradicional	1	48,7	5,5	58,39	0,72
49	31/07/2022	10:05	tradicional	2	48	5,5	63,95	0,73
49	31/07/2022	10:10	tradicional	3	51,7	5,8	55,17	0,7
50	01/08/2022	9:40	tradicional	1	49	6,5	60,13	0,8
50	01/08/2022	9:45	tradicional	2	55,5	6,2	65,95	0,8
50	01/08/2022	9:50	tradicional	3	54,7	6,5	59,48	0,8
51	02/08/2022	10:00	tradicional	1	50	5,2	58,75	0,8
51	02/08/2022	10:05	tradicional	2	53,7	5,2	62,06	0,8
51	02/08/2022	10:10	tradicional	3	54	5,6	56,63	0,8
52	03/08/2022	9:30	tradicional	1	47,5	5,7	55,03	0,8
52	03/08/2022	9:35	tradicional	2	51,5	5,7	59,18	0,8
52	03/08/2022	9:40	tradicional	3	50,5	5,7	55,28	0,8
53	04/08/2022	8:40	tradicional	1	48,2	5,6	53,89	0,75
53	04/08/2022	8:45	tradicional	2	49	6,1	57,51	0,76
53	04/08/2022	8:50	tradicional	3	51,7	6,1	51,69	0,78
54	05/08/2022	9:35	tradicional	1	48,2	5,6	59,84	0,75
54	05/08/2022	9:40	tradicional	2	49,7	6,1	57,18	0,76
54	05/08/2022	9:45	tradicional	3	51,2	6,1	55,38	0,78
55	06/08/2022	9:30	tradicional	1	45	7	56,49	0,7
55	06/08/2022	9:35	tradicional	2	50,2	5,8	54,67	0,71
55	06/08/2022	9:40	tradicional	3	49,2	5,5	54,16	0,7
56	07/08/2022	10:10	tradicional	1	47,2	7	53,67	0,7
56	07/08/2022	10:15	tradicional	2	49,2	6,6	53,78	0,71
56	07/08/2022	10:20	tradicional	3	51,5	5	52,97	0,7
57	08/08/2022	10:05	tradicional	1	50,2	6,7	59,19	0,68
57	08/08/2022	10:10	tradicional	2	52,7	6,2	57,57	0,68
57	08/08/2022	10:15	tradicional	3	52	6,6	54,16	0,69
58	09/08/2022	10:00	tradicional	1	51,5	6,6	57,84	0,68
58	09/08/2022	10:05	tradicional	2	48,5	5,7	55,86	0,68
58	09/08/2022	10:10	tradicional	3	50,5	6	62,10	0,69
59	10/08/2022	9:40	tradicional	1	50,2	7	60,16	0,68

Día	Fecha	Hora	Sistema	Pila	T°	pH	Humedad	Altura
59	10/08/2022	9:45	tradicional	2	47	6,2	67,68	0,68
59	10/08/2022	9:50	tradicional	3	49	6,2	62,29	0,69
60	11/08/2022	10:00	tradicional	1	48	6,6	64,51	0,68
60	11/08/2022	10:05	tradicional	2	51,7	7	63,62	0,68
60	11/08/2022	10:10	tradicional	3	49,2	7	67,24	0,69
61	12/08/2022	10:00	tradicional	1	47,5	7	65,03	0,64
61	12/08/2022	10:05	tradicional	2	50	7	59,56	0,64
61	12/08/2022	10:10	tradicional	3	47,5	6,6	63,56	0,64
62	13/08/2022	10:20	tradicional	1	50	6,6	59,84	0,64
62	13/08/2022	10:25	tradicional	2	51,7	6,7	68,11	0,64
62	13/08/2022	10:30	tradicional	3	48,2	6,2	59,48	0,64
63	14/08/2022	10:30	tradicional	1	51,2	7	61,34	0,64
63	14/08/2022	10:35	tradicional	2	52,2	6,6	58,87	0,64
63	14/08/2022	10:40	tradicional	3	51	6,2	56,63	0,64
64	15/08/2022	11:00	tradicional	1	49	6,6	58,75	0,64
64	15/08/2022	11:05	tradicional	2	51,7	7	55,54	0,64
64	15/08/2022	11:10	tradicional	3	40,2	6,6	55,28	0,57
65	16/08/2022	10:00	tradicional	1	48,5	6,6	53,89	0,6
65	16/08/2022	10:05	tradicional	2	51,5	7	58,62	0,57
65	16/08/2022	10:10	tradicional	3	49,5	6,3	54,16	0,57
66	17/08/2022	10:40	tradicional	1	44	7	59,84	0,6
66	17/08/2022	10:45	tradicional	2	45,7	6,5	60,22	0,57
66	17/08/2022	10:50	tradicional	3	43,7	7	62,29	0,57
67	18/08/2022	10:10	tradicional	1	45	6,3	56,49	0,6
67	18/08/2022	10:15	tradicional	2	46	7	66,01	0,57
67	18/08/2022	10:20	tradicional	3	46	6,6	58,87	0,53
68	19/08/2022	10:00	tradicional	1	46,2	6,3	59,84	0,6
68	19/08/2022	10:05	tradicional	2	47	6,8	61,65	0,52
68	19/08/2022	10:10	tradicional	3	45,2	6,8	55,81	0,53
69	20/08/2022	9:40	tradicional	1	45,7	6,2	54,37	0,55
69	20/08/2022	9:45	tradicional	2	46,2	6,3	62,06	0,52
69	20/08/2022	9:50	tradicional	3	45,5	7	52,97	0,53
70	21/08/2022	10:00	tradicional	1	43,7	6,2	53,67	0,53
70	21/08/2022	10:05	tradicional	2	47,2	6	63,95	0,52
70	21/08/2022	10:10	tradicional	3	46	6,8	51,95	0,53
71	22/08/2022	9:30	tradicional	1	45	6,6	55,67	0,5
71	22/08/2022	9:35	tradicional	2	45,7	6,3	65,95	0,52
71	22/08/2022	9:40	tradicional	3	45,5	6,5	50,67	0,53
72	23/08/2022	9:30	tradicional	1	40,0	7	55,8	0,54

<b>Día</b>	<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>Sistema</b>	<b>Pila</b>	<b>T°</b>	<b>pH</b>	<b>Humedad</b>	<b>Altura</b>
72	23/08/2022	9:35	tradicional	2	37,5	6,5	51,8	0,52
72	23/08/2022	9:40	tradicional	3	38,5	7	53,6	0,50
73	24/08/2022	8:40	tradicional	1	37,5	7	50,9	0,54
73	24/08/2022	8:45	tradicional	2	35,8	6,5	47,9	0,52
73	24/08/2022	8:50	tradicional	3	35,5	6,5	48,5	0,50
74	25/08/2022	9:35	tradicional	1	34,7	7	50,9	0,52
74	25/08/2022	9:40	tradicional	2	34,5	6,5	49,9	0,48
74	25/08/2022	9:45	tradicional	3	36,5	7	49	0,50
75	26/08/2022	9:30	tradicional	1	31,5	7	47	0,52
75	26/08/2022	9:35	tradicional	2	35,5	7	49	0,48
75	26/08/2022	9:40	tradicional	3	33,5	7	45	0,50