



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL**

**APROVECHAMIENTO COMUNITARIO DE LOS RESIDUOS  
SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA OBTENCIÓN DE COMPOST  
EN EL CASERÍO ANDIGNATO DEL CANTÓN CEVALLOS,  
PROVINCIA DE TUNGURAHUA**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA AMBIENTAL**

**AUTORAS: SAMANTHA ELIZABETH GIL NÚÑEZ**

**WENDY ANABELL OÑATE BARRENO**

**DIRECTOR: ING. HANNIBAL LORENZO BRITO MOINA MsG.**

Riobamba – Ecuador

2023

**© 2023, Samantha Elizabeth Gil Núñez & Wendy Anabell Oñate Barreno**

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

Nosotras, Samantha Elizabeth Gil Núñez & Wendy Anabell Oñate Barreno, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados de este son auténticos. Aquellos textos de otras fuentes están correctamente citados y referenciados.

Como autoras asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos presentes en este Trabajo de Integración Curricular, el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 7 de diciembre de 2023



**Samantha Elizabeth Gil Núñez**

**180534119-3**



**Wendy Anabell Oñate Barreno**

**180510282-7**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto Técnico, **APROVECHAMIENTO COMUNITARIO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA OBTENCIÓN DE COMPOST EN EL CASERÍO ANDIGNATO DEL CANTÓN CEVALLOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA**, realizado por las señoritas: **SAMANTHA ELIZABETH GIL NÚÑEZ** y **WENDY ANABELL OÑATE BARRENO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Johanna Elizabeth Ayala Izurieta MSc. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2023-12-07
Ing. Hannibal Lorenzo Brito Moina MSc. <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2023-12-07
Ing. María Soledad Núñez Moreno MSc. <b>ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2023-12-07

## DEDICATORIA

La presente tesis se la dedico a mi madre: Paulina Núñez que es una mujer ejemplar, por su apoyo incondicional, su comprensión, por sus consejos, por los valores y amor, que me ha motivado constantemente a ser una persona de bien. A mi abuelita Rosa Santos (Coquito), que estuvo a mi lado desde muy pequeña que, aun teniendo su enfermedad, me atendió, cuidó y velo por mí, y aunque no la puedo tener presente sé que desde el cielo está llorando de felicidad, y estoy segura que se siente orgullosa de mi. A mis hermanas: Jessica y Mayra, gracias por su cariño y estar conmigo en todo momento. A mi familia, especialmente a mi abuelito Alfonso que siempre está conmigo, mi tío Edison, mi primo Emilio, mis sobrinos Alex y Danna, gracias por sus consejos, palabras de aliento gracias por acompañarme en este proceso. Mi cuñado Pablo que para mí es un ejemplo de superación. A mi gran amigo Oscar Soria, por haberme brindado su tiempo, confianza y su aprecio. A la Familia Arias Peña por recibirme con los brazos abiertos, por brindarme un techo y haberse convertido en mi familia, especialmente a Alexandra, Francisco y Marco, la vida les devolverá más. A mi fiel amiga, compañera e hija, mi perrita Ruby quien me acompañó durante todos los años de mi carrera, que me ha dado las fuerzas que necesitaba para seguir adelante, fue mi base más sólida para no rendirme. A mis amigos/as que, con su apoyo, confianza me motivaron para alcanzar mis metas. No lo hubiera logrado sin ustedes.

Samantha

El presente trabajo lo dedico principalmente a Dios, quien ha sido mi guía, y el que ha proporcionado fuerza y sabiduría durante mi carrera universitaria. Con Profundo respeto y admiración a mis padres Jorge Oñate y Delia Barreno, quienes me apoyaron incondicionalmente en todo momento brindándome su amor, confianza y sacrificio, enseñándome a no rendirme y ser constante sobre todas las cosas para lograr cualquier objetivo pese a cualquier adversidad, lo que me permitió superarme cada día hasta llegar a cumplir mi sueño. A mi hermano Andersson quien ha sido mi mayor motivación, inspiración y mi apoyo incondicional en momentos difíciles a pesar de la distancia. A mis abuelitos paternos Jorge y Matilde por con su paciencia y amor, por haberme brindado su apoyo en todo momento motivándome siempre a alcanzar mis sueños y por tenerme siempre en sus oraciones. A mis abuelitos maternos Juan y Lilia por confiar y creer en mí, por infundir sus valores haciendo de mí una mejor persona, que con su bendición desde el cielo estarán muy orgullosos de ser una gran profesional. A José quien ha sido una persona incondicional conmigo, dispuesto a escucharme, demostrándome todo su amor e impulsándome a salir adelante. A mis bebés de 4 patitas Cloe, Canela y Lizy quienes me acompañaron durante todo el proceso

trasnochándose junto a mí que con su compañía bastaba para trabajar a gusto. Finalmente, y no menos importante quiero dedicar este trabajo a tanto familiares, como amigos y docentes por apoyarme, por extender su mano en momentos difíciles y por el amor brindado cada día.

Wendy

## **AGRADECIMIENTO**

“Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, y especialmente a la carrera de Ingeniería Ambiental por abrirnos sus puertas y darnos la oportunidad de estudiar en tan prestigiosa universidad. También deseo reconocer al Laboratorio de Ciencias por proporcionar los recursos necesarios para llevar a cabo esta investigación. De igual manera nuestros agradecimientos a nuestro director de tesis, Ing. Hannibal Brito, por su orientación experta, apoyo constante y sabios consejos a lo largo de este proceso. Su dedicación y conocimientos han sido fundamentales para el desarrollo y la finalización de este trabajo. Asimismo, queremos agradecer a la Ing. Soledad Núñez cuyos valiosos aportes y sugerencias enriquecieron enormemente mi investigación. No podemos pasar por alto el apoyo incondicional de nuestras familias y amigos, quienes nos brindaron su comprensión, ánimo y motivación durante este desafiante pero gratificante camino académico. Por último, pero no menos importante, agradecemos a cada persona que de alguna manera contribuyeron, ya sea con su tiempo, conocimientos o palabras de aliento, a la culminación de esta tesis. Su apoyo ha sido fundamental en este logro académico. Muchas gracias a todos.”

Samantha & Wendy

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS .....	xii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xv
INDICE DE ABREVIATURAS .....	xvii
RESUMEN .....	xvii
ABSTRACT .....	xviii
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA .....	3
1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.2 Justificación .....	3
1.3 Objetivos .....	5
1.3.1 <i>Objetivo general</i> .....	5
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	5

### CAPÍTULO II.....

2. MARCO TEÓRICO .....	6
2.1 Antecedentes .....	6
2.2 Referencias teóricas.....	7
2.2.1 <i>Residuos sólidos</i> .....	7
2.2.1.1 <i>Residuos sólidos aprovechables</i> .....	8
2.2.1.2 <i>Tratamiento de Desechos Sólidos</i> .....	8
2.2.1.3 <i>Los residuos orgánicos</i> .....	8
2.2.2 <i>Gestión de residuos solidos</i> .....	10
2.2.2.1 <i>Tratamiento de residuos sólidos</i> .....	12
2.2.2.2 <i>Disposición final de residuos sólidos</i> .....	13
2.2.2.3 <i>Problemas generados en la gestión de los residuos sólidos urbanos</i> .....	13
2.2.2.4 <i>Consecuencias de un manejo inadecuado de los residuos solidos</i> .....	14
2.2.3 <i>Compost</i> .....	15
2.2.3.1 <i>Clasificación del compost</i> .....	15
2.2.3.2 <i>Sistemas de compostaje</i> .....	16

2.2.3.3	<i>Composición físico-químico del compost</i> .....	18
2.2.3.4	<i>Materiales utilizados en el desarrollo de compost</i> .....	18
2.2.3.5	<i>Beneficios del compostaje</i> .....	19
2.2.3.6	<i>Composición nutricional del compost</i> .....	21
2.2.3.7	<i>Etapas del proceso de compostaje</i> .....	21
2.2.3.8	<i>Métodos de descomposición</i> .....	24
2.2.3.9	<i>Elementos para el desarrollo de compost</i> .....	26
2.2.3.10	<i>Factores que afectan el proceso de compostaje</i> .....	28
2.2.4	<b><i>Técnica de compostaje Tatakura</i></b> .....	32
2.3	<b>Marco legal para manejo de residuos</b> .....	33

### CAPÍTULO III

3.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	35
3.1	<b>Diseño práctico</b> .....	35
3.1.1	<i>Modelo de estudio</i> .....	35
3.1.2	<i>Unidad de análisis</i> .....	35
3.1.3	<i>Población de estudio</i> .....	35
3.1.4	<i>Tamaño de la muestra</i> .....	36
3.1.5	<i>Selección de la muestra</i> .....	36
3.2	<b>Lugar de estudio</b> .....	36
3.2.1	<b><i>Información general del cantón Cevallos</i></b> .....	36
3.2.1.1	<i>Ubicación del cantón Cevallos</i> .....	36
3.2.1.2	<i>Limites</i> .....	37
3.2.2	<b><i>Unidad de estudio</i></b> .....	37
3.2.2.1	<i>Ubicación del caserío Andignato</i> .....	37
3.3	<b>Tipo de investigación</b> .....	38
3.4	<b>Parte experimental</b> .....	39
3.4.1	<b><i>Levantamiento de la información</i></b> .....	39
3.4.1.1	<i>Encuestas</i> .....	39
3.4.1.2	<i>Capacitaciones</i> .....	40
3.4.1.3	<i>Observación directa</i> .....	42
3.4.2	<b><i>Caracterización de los residuos sólidos domiciliarios</i></b> .....	42
3.4.2.1	<i>Determinar el número de viviendas</i> .....	43
3.4.2.2	<i>Recolección de muestras en la zona de estudio</i> .....	44
3.4.2.3	<i>Producción per cápita de los residuos sólidos domiciliarios del Caserío Andignato</i> . 46	

3.4.2.4	<i>La recolección de residuos orgánicos</i> .....	49
3.4.2.5	<i>Proyección de la población y producción per cápita del caserío Andignato</i> .....	51
3.4.3	<b><i>Elaboración de compost aprovechando los residuos sólidos orgánicos de origen domiciliario a través del método Takakura y verificar su calidad del compost obtenido</i></b> .....	51
3.4.3.1	<i>Análisis de las muestras de residuos orgánicos</i> .....	51
3.4.3.2	<i>Método Takakura</i> .....	54
3.4.3.3	<i>Elaboración de las fermentaciones</i> .....	54
3.4.3.4	<i>Preparación del lecho de fermentación</i> .....	55
3.4.3.5	<i>Implementación de la compostera</i> .....	56
3.4.4	<b><i>Monitoreo de parámetros en el proceso de compostaje</i></b> .....	56
3.4.4.1	<i>Temperatura</i> .....	56
3.4.4.2	<i>Humedad</i> .....	56
3.4.4.3	<i>pH</i> .....	57
3.4.4.4	<i>Aireación</i> .....	57
3.4.4.5	<i>Conductividad eléctrica</i> .....	57
3.4.5	<b><i>Metodología para análisis de laboratorio de los parámetros físicos- químicos y biológicos del compost</i></b> .....	57
3.4.5.1	<i>Análisis de laboratorio de los parámetros físicos- químicos</i> .....	57
3.4.5.2	<i>Análisis de laboratorio de los parámetros biológicos</i> .....	58

## **CAPÍTULO IV**

4.	<b>ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	59
4.1	<b>Análisis de las encuestas realizadas en el caserío Andignato</b> .....	59
4.2	<b>Resultado de la caracterización de los residuos sólidos del caserío Andignato</b> ...	70
4.2.1	<b><i>Generación Per Cápita (GPC)</i></b> .....	70
4.2.2	<b><i>Proyección de la población y la generación per cápita de Andignato</i></b> .....	73
4.2.3	<b><i>Composición de los residuos sólidos en el caserío Andignato</i></b> .....	74
4.2.4	<b><i>Caracterización fisicoquímica de los residuos iniciales</i></b> .....	76
4.3	<b>Parámetros de control del proceso de compostaje</b> .....	77
4.3.1	<b><i>Parámetros físico químicos</i></b> .....	77
4.4	<b>Evaluación de la calidad de compost</b> .....	81

## **CAPÍTULO V**

<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>85</b>
<b>5.1</b>	<b>Conclusiones .....</b>	<b>85</b>
<b>5.2</b>	<b>Recomendaciones .....</b>	<b>86</b>

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2-1:</b> Características de un adecuado manejo de residuos sólidos .....	11
<b>Tabla 2-2:</b> Actividades funcionales en la gestión residuos sólidos .....	12
<b>Tabla 2-3:</b> Temperatura y tiempo de exposición para eliminar patógenos.....	18
<b>Tabla 2-4:</b> Temperatura y tiempo de exposición para eliminar patógenos.....	23
<b>Tabla 2- 5:</b> Factores que afectan al compostaje .....	29
<b>Tabla 2-6:</b> Marco legal para manejo de residuos .....	33
<b>Tabla 3-1:</b> Límites del cantón Cevallos.....	37
<b>Tabla 3-2:</b> Clasificación de los residuos solidos .....	47
<b>Tabla 3-3:</b> Ingrediente para la elaboración de la solución dulce .....	55
<b>Tabla 3-4:</b> Ingredientes para la elaboración de la solución salada .....	55
<b>Tabla 3-5:</b> Preparación del lecho de la fermentación .....	56
<b>Tabla 3-6:</b> Metodología para análisis de laboratorio de los parámetros físicos-químicos del compost.....	57
<b>Tabla 4-1:</b> Peso de los residuos sólidos generados en el caserío Andignato.....	70
<b>Tabla 4-2:</b> Generación Per Cápita del caserío Andignato por vivienda (Kg/ hab * día) .....	71
<b>Tabla 4-3:</b> Generación Per Cápita promedio del caserío Andignato.....	73
<b>Tabla 4-4:</b> Proyección de la población del caserío Andignato .....	73
<b>Tabla 4-5:</b> Generación Per Cápita promedio del caserío Andignato.....	74
<b>Tabla 4-6:</b> Composición porcentual de los residuos sólidos en el caserío Andignato .....	75
<b>Tabla 4-7:</b> Caracterización fisicoquímica de los residuos iniciales.....	76
<b>Tabla 4-8:</b> Caracterización fisicoquímica del compost .....	81
<b>Tabla 4-9:</b> Macro y micro nutrientes en el compost Material seco: macroelementos en porcentaje % y microelementos en ppm equivalente a mg/kg.....	82
<b>Tabla 4-10:</b> Metales Pesados en el compost.....	83

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 2-1:</b> Compost orgánico para disolución en suelo arcilloso.....	15
<b>Ilustración 2-2:</b> Fase mesofílica inicial .....	22
<b>Ilustración 2-3:</b> Fase termofílica del compostaje.....	22
<b>Ilustración 2-4:</b> Hongo indicador de fase mesofílica.....	24
<b>Ilustración 2-5:</b> Descomposición aeróbica .....	25
<b>Ilustración 2-6:</b> Descomposición aeróbica .....	26
<b>Ilustración 2-7:</b> Activación de microorganismos al respecto de las etapas de compostaje por el método Takakura. ....	33
<b>Ilustración 3-1:</b> Mapa de ubicación del cantón Cevallos de la provincia de Tungurahua.....	37
<b>Ilustración 3-2:</b> Mapa de ubicación del caserío Andignato del cantón Cevallos.....	38
<b>Ilustración 3-3:</b> Explicación del proyecto a los moradores del caserío Andignato .....	41
<b>Ilustración 3-4:</b> Retroalimentación y establecimiento de horarios para la recolección de los RSO .....	41
<b>Ilustración 3-5:</b> Disposición final de los residuos sólidos del cantón Cevallos.....	42
<b>Ilustración 3-6:</b> Botadero de basura a cielo abierto del cantón Cevallos.....	42
<b>Ilustración 3-7:</b> Mapa de ubicación de los puntos de muestreo de las viviendas en el caserío Andignato .....	44
<b>Ilustración 3-8:</b> Entrega de los residuos sólidos por parte de los moradores .....	45
<b>Ilustración 3-9:</b> Caracterización de los residuos sólidos .....	46
<b>Ilustración 3-10:</b> Pesaje de los residuos sólidos .....	46
<b>Ilustración 3-11:</b> Separación y pesaje de los residuos según su componente.....	49
<b>Ilustración 3-12:</b> Folleto tipo tríptico sobre la clasificación de los residuos- parte exterior .....	50
<b>Ilustración 3-13:</b> Folleto tipo tríptico sobre la clasificación de los residuos- parte interior .....	50
<b>Ilustración 4-1:</b> Género.....	59
<b>Ilustración 4-2:</b> Edad .....	60
<b>Ilustración 4-3:</b> Grado de instrucción.....	60
<b>Ilustración 4-4:</b> ¿Sabe usted que son los residuos domiciliarios? .....	61
<b>Ilustración 4-5:</b> ¿Qué clase de residuos genera más en su domicilio?.....	62
<b>Ilustración 4-6:</b> ¿Conoce usted sobre la clasificación de los residuos?.....	62
<b>Ilustración 4-7:</b> ¿Qué tipo de residuos sólidos clasifican en su domicilio?.....	63
<b>Ilustración 4-8:</b> ¿En qué actividades utiliza los residuos orgánicos dentro de su hogar?.....	64
<b>Ilustración 4-9:</b> ¿Qué considera usted que dificulta la clasificación de los residuos en el hogar? .....	64

<b>Ilustración 4-10:</b> ¿Estaría usted dispuesto a clasificar sus residuos según su tipo (residuos orgánicos/ cartón/ plástico/vidrio en su hogar? .....	65
<b>Ilustración 4-11:</b> ¿Cree usted que se le puede dar otra disposición a sus residuos orgánicos?..	66
<b>Ilustración 4-12:</b> ¿Sabe usted que es el compost/abono orgánico?.....	66
<b>Ilustración 4-13:</b> ¿Ha realizado usted alguna vez compost?.....	67
<b>Ilustración 4-14:</b> ¿Estaría usted dispuesto a realizar compost con sus residuos orgánicos?.....	68
<b>Ilustración 4-15:</b> ¿Si se designara un lugar comunitario para realizar compost, estaría usted dispuesto a depositar voluntariamente sus desechos orgánicos en el lugar? 68	
<b>Ilustración 4-16:</b> ¿Le parece a usted que aprovechar los residuos orgánicos de la comunidad para la elaboración de compost (abono orgánico) va a resultar beneficioso tanto como para el planeta y la comunidad donde habita, reduciendo la contaminación ambiental? .....	69
<b>Ilustración 4-17:</b> Composición porcentual de los residuos orgánicos .....	75
<b>Ilustración 4-18:</b> Variación de la temperatura en la pila.....	77
<b>Ilustración 4-19:</b> Variación de humedad en la pila.....	78
<b>Ilustración 4-20:</b> Variación de pH en la pila.....	79
<b>Ilustración 4-21:</b> Variación de conductividad térmica en la pila .....	80
<b>Ilustración 4-22:</b> Índice de germinación .....	84

## ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** ENCUESTAS REALIZADAS EN ANDIGNATO
- ANEXO B:** VISITA AL BOTADERO DE BASURA DEL CANTÓN CEVALLOS
- ANEXO C:** CAPACITACIONES A LOS MORADORES DEL CASERÍO ANDIGNATO
- ANEXO D:** CONSTRUCCIÓN DE UN TIPO INVERNADERO PARA PROTEGER AL COMPOST DE LA LLUVIA, VIENTO Y SOL
- ANEXO E:** PREPARACIÓN DE LAS SOLUCIONES MICROBIANAS
- ANEXO F:** RECOLECCIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
- ANEXO G:** PESAJE Y CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
- ANEXO H:** ANÁLISIS DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS
- ANEXO I:** MONTAJE DE LA PILA
- ANEXO J:** MEDICIÓN DE HUMEDAD, TEMPERATURA Y VOLTEOS
- ANEXO K:** ENSACADO DEL COMPOST PARA ENTREGAR A LA COMUNIDAD
- ANEXO L:** TAMIZADO DEL COMPOST
- ANEXO M:** ENTREGA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS A LAS PERSONAS DEDICADAS AL RECICLAJE
- ANEXO N:** COMPOST
- ANEXO O:** RELACIÓN C/N
- ANEXO P:** FICHA DE REGISTRO DE RECOLECCIÓN DE LAS MUESTRAS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS
- ANEXO Q:** FORMATO DE LA ENCUESTA REALIZADA EN EL CASERÍO ANDIGNATO

## INDICE DE ABREVIATURAS

<b>C/N</b>	Relación Carbono y Nitrógeno
<b>GPC</b>	Generación Per Cápita
<b>pH</b>	Potencial Hidrogeno
<b>C</b>	Carbono
<b>N</b>	Nitrógeno
<b>Cd</b>	Cadmio
<b>Co</b>	Cobalto
<b>Pb</b>	Plomo
<b>Ni</b>	Níquel
<b>CP</b>	Caja Petri
<b>IG</b>	Índice de Germinación
<b>VA01</b>	Vivienda Andignato 01
<b>RS</b>	Residuos Solidos
<b>CE</b>	Conductividad Eléctrica
<b>MO</b>	Materia Orgánica
<b>H</b>	Humedad
<b>K</b>	Potasio
<b>B</b>	Boro
<b>Na</b>	Sodio
<b>P</b>	Fosforo

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el caserío Andignato del cantón Cevallos, ubicado en la provincia de Tungurahua, el mismo que tuvo como objetivo aprovechar los residuos orgánicos domiciliarios para la obtención de compost. Se realizó un levantamiento de información para determinar la situación actual sobre el manejo de los residuos sólidos. Se elaboró un estudio de caracterización para conocer la producción per cápita de cada persona. El compost se realizó mediante el método Takakura que se basó en la utilización de dos soluciones una salada en la que se incluye residuos vegetales, cáscaras de frutas, agua y sal, y una solución dulce en la que se coloca yogurt, levadura, suero de leche, agua y azúcar. Estas dos soluciones se dejaron reposar 7 días para que se fermenten y se desarrollen los microorganismos. Para elaborar el hecho de fermentación del compost, se implementó cascarilla de arroz, viruta y estiércol bovino adecuando una relación C/N de 30 y se colocó las soluciones fermentadas en el hecho consiguiendo una humedad de 40% a 60%, dejándola reposar durante 5 días creando una capa de moho (microorganismos) y se comenzó a agregar los residuos orgánicos. Durante el proceso se controló parámetros como la temperatura, ph, humedad, aireación y conductividad eléctrica. Finalmente, al terminar el proceso, se tomó una muestra 500 g para determinar la calidad del compost a través de los análisis físicos, químicos y biológicos. Concluyendo que, la muestra analizada en un laboratorio certificado dió como resultado que el compost es de clase B, mismo que está dentro del rango permisible que cumplen con las exigencias establecidas. Se recomienda seguir estandarizando el método Takakura para mejor aún más calidad del compost y así aumentar el aporte de nutrientes.

**Palabras clave:** <RESIDUOS ORGÁNICOS>, <COMPOST>, <MÉTODO TAKAKURA>, <CALIDAD DEL COMPOST>, <FERMENTACIÓN DEL COMPOST>.



0010-DBRA-UPT-2024

## ABSTRACT

This research was carried out at Andignato hamlet in Cevallos town, which is located in Tungurahua province. Its objective was the use of organic household waste to obtain compost. Information was gathered to determine the current situation of solid waste management. A characterization study was carried out to determine the per capita production of each person. The compost was made using the Takakura method, which is based on the use of two solutions: a salty solution containing vegetable waste, fruit peels, water and salt; and a sweet solution containing yogurt, yeast, whey, water, and sugar. These two solutions were left to stand for 7 days to ferment and allow the microorganisms to develop. To elaborate the compost fermentation process, rice husks, shavings, and bovine manure were used with a C/N ratio of 30. The fermented solutions were placed in the compost, achieving a humidity of 40% to 60%, leaving it to rest for 5 days. This created a layer of mold (microorganisms), and the organic residues were added. During the process, parameters such as temperature, pH, humidity, aeration and electrical conductivity were controlled. Finally, at the end of the process, a 500 g sample was taken to determine the quality of the compost through physical, chemical and biological analysis. It was concluded that the sample analyzed in a certified laboratory gave as a result that the compost is class B, which is within the permissible range that complies with the established requirements. It is recommended to continue standardizing the Takakura method to further improve the quality of the compost and thus increase the nutrient supply.

**Key words:** <ORGANIC WASTE>, <COMPOST>, <TAKAKURA METHOD>, <COMPOST QUALITY>, <COMPOST FERMENTATION>.

0010-DBRA-UPT-2024



Ing Romel Francisco Calles Jiménez

0603877713

## **INTRODUCCIÓN**

En el presente trabajo hace referencia a la elaboración de compost a partir de los residuos sólidos orgánicos generados en el caserío Andignato que se encuentra ubicado en el cantón Cevallos, dentro de la provincia de Tungurahua, los mismo que hasta la actualidad han sido depositados en el botadero de basura municipal a cielo abierto que se encuentra ubicado en el sector de Playa Seca, causando problemas de impacto ambiental y social, que atentan contra la salud y el ambiente de la comunidad atrayendo enfermedades por vectores así como la contaminación de la atmosfera, agua y suelo como consecuencia de la descomposición de la materia orgánica, debido a que no existe un sistema previo de manejo adecuado.

El trabajo titulado Aprovechamiento comunitario de los residuos sólidos orgánicos para la obtención de compost en el caserío Andignato del cantón Cevallos, provincia de Tungurahua en conjunto con el Ministerio de Ambiente Agua y Transición y el proyecto “Mi Barrio Verde” tiene como propósito contribuir a la reducción de basura, darles una diferente disposición final a los residuos sólidos orgánicos, generar una economía circular e incentivar a las actividades agrícolas de la zona con la construcción de huertos ecológicos.

El compostaje es un proceso biooxidativo, controlado y aeróbico, en el que intervienen numerosos microorganismos que actúan sobre la materia orgánica sólida, proporcionando al final como productos del proceso dióxido de carbono, agua, así como una materia orgánica estabilizada conocida como compost (abono orgánico), libre de fitotoxinas y semillas de malas hierbas que puede ser empleada en agricultura sin que provoque efectos desfavorables (Valencia, 2016 p. 1).

El método utilizado en este proyecto en el proceso de compostaje es el “Método Takakura” debido a que se utilizan microorganismos aeróbicos que descomponen los residuos orgánicos en un corto tiempo a diferencia de otros métodos de compostaje. Esta alternativa amigable con el ambiente reduce la cantidad de desechos orgánicos que se producen en los domicilios diariamente y en las labores de campo y así obtener un producto con la calidad y parámetros requeridos para enriquecer el suelo.

El trabajo investigativo se desarrolló en base a la información obtenida de fuentes bibliográficas como libros, artículos científicos, revistas y manuales, así como de la información obtenida a partir de los resultados del trabajo de campo y análisis de muestras realizadas en el laboratorio.

Durante la investigación de campo se obtuvo información sobre como es el manejo de los residuos sólidos domiciliarios a través de encuestas realizadas a los moradores y se obtuvo la producción per cápita del caserío Andignato. Para ello, se recolectó durante una semana los residuos sólidos y se caracterizó según su composición como plástico, cartón, papel, vidrio, residuos orgánicos, tetrapak, metal y peligrosos, para posteriormente realizar el pesaje.

Para la elaboración del compost se realizó análisis iniciales de los residuos orgánicos, se tomó 1000 kg de los residuos orgánicos domiciliarios y se colocó 250 kg de cascarilla de arroz, 250 kg de viruta y 280 kg de estiércol bovino, formando una pila de 1780 kg. Los residuos orgánicos fueron triturados manualmente a un diámetro alrededor de 3 cm. El proceso de compostaje se monitorio a través de parámetros como la temperatura, humedad, conductividad, pH y aireación. Posteriormente, luego de 12 semanas se recolecto una muestra de 500 g para obtener los resultados de laboratorio y determinar la calidad del compost.

Los objetivos planteados se enfocan en la obtención de compost a partir del aprovechamiento de los residuos orgánicos en el caserío Andignato para obtener un producto final con propiedades físico – químico y biológico que garantice un compost de buena calidad para los suelos. El trabajo se desarrolló en tres capítulos: el Capítulo I se refiere al marco teórico referencial, Capítulo II sobre el marco metodológico y el Capítulo III se da a conocer los resultados, análisis y discusión.

En la presente investigación a través de la caracterización y cuantificación de los residuos sólidos se identificó que los residuos que más se genera en la zona son los orgánicos con un 79 % y se obtuvo como resultado que la generación per cápita en el caserío Andignato es de 0,43 kg / hab\*día. También se logró obtener los resultados finales del producto final (compost), realizado en un laboratorio certificado, determinando que el compost es de clase B, con una calidad intermedia que cumple con las exigencias establecidas.

## **CAPÍTULO I**

### **1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA**

#### **1.1 Planteamiento del problema**

La gestión de residuos sólidos sigue siendo un desafío importante en muchas ciudades, especialmente debido al crecimiento demográfico en las zonas urbanas, el aumento de la generación de residuos sólidos y la disminución de los sitios de eliminación.

Si estos residuos no se gestionan adecuadamente, pueden afectar a la salud humana y al medio ambiente. Por esta razón, es importante implementar recomendaciones que minimicen la cantidad de residuos y el impacto ambiental que estos causan.

Esta investigación debe realizarse de manera eficiente y ordenada para asegurar que existan soluciones adecuadas para el bienestar de caserío Andignato.

Por esta razón, en la etapa de tratamiento de residuos orgánicos, que es la etapa de separación en origen, el diagnóstico se realiza a través de revisión bibliográfica a través de informes proporcionados por autoridades locales, encuestas y salidas de campo.

Además, con el fin de introducir el método asiático Takakura en la etapa de tratamiento de residuos orgánicos, tenemos previsto desarrollar un programa de compostaje calculando la producción diaria de residuos orgánicos.

#### **1.2 Justificación**

Los residuos sólidos domésticos son unos de los problemas ambientales más graves que se presenta en la actualidad, debido al desarrollo industrial, económico y crecimiento poblacional consumista en los últimos años, que ha generado la producción de los desechos.

La recolección sin separación de residuos no es la mejor elección ambiental, porque genera contaminación y es más complicada, pero es la más utilizada en la mayoría de las ciudades del Ecuador (Farfan, 2010, p. 12).

Los problemas derivados del manejo de residuos sólidos urbanos y orgánicos producen gases de efecto invernadero que contribuyen al calentamiento global, contaminación de suelos, aire y agua por la generación de lixiviados, atraen animales de diferentes tipos que favorecen la formación de focos de infección y transmisión de enfermedades.

Uno de los métodos alternativos y adecuados para la gestión de los residuos orgánicos en grandes cantidades y de una forma sustentable es el compostaje. Este desarrollo sustentable favorece a la reducción de los residuos orgánicos que son direccionados a los vertederos de basura a cielo abierto o rellenos sanitarios. El compostaje es un proceso biológico (con oxígeno) con el que se crean condiciones óptimas (aireación, humedad, temperatura controlada) que, a partir de los residuos sólidos orgánicos, los microorganismos descomponedores elaboran abono de alta calidad.

En el cantón Cevallos, por informes que reposan en la Unidad de Servicios Públicos y Gestión Ambiental se verifico a diario se genera de 6 a 8 toneladas de desechos diarios, siendo Andignato el caserío más grande de Cevallos, es de donde proviene más los residuos que son destinados al vertedero a cielo abierto, ubicado el Playa Seca; siendo la mayor parte residuos orgánicos que por su naturaleza son de fácil degradación sin previo tratamiento generando gran cantidad de GEI (Gases de Efecto Invernadero) como CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono), CH<sub>4</sub> (metano), N<sub>2</sub>O (óxido de nitrógeno) y lixiviados que provocan contaminación al ambiente y daños peligrosos a la salud.

Con el trabajo desarrollado se busca una alternativa adecuada para el manejo de los residuos sólidos orgánicos que son generados en grandes cantidades en el Caserío Andignato y evitar que la disposición final de estos residuos sea al vertedero de basura a cielo abierto sin previo tratamiento.

El procedimiento a llevar a cabo de este trabajo se divide en 3 fases, la primera fase que es el levantamiento de información para determinar el estado actual sobre el manejo de los residuos orgánicos en los domicilios, la segunda fase consiste en la separación en la fuente en cada domicilio para obtener la producción per cápita, la tercera fase se procedió al desarrollo del proceso de compostaje a través del método Takakura, esta alternativa elabora el compost degradando la materia orgánica en corto tiempo y obteniendo el compost y verificando su calidad a través de análisis fisicoquímicos y biológicos. El presente trabajo está vinculado con el MAATE (Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica), en el proyecto de educación ambiental denominado “Mi Barrio Verde”, que busca incentivar las buenas prácticas ambientales en los barrios para contribuir a la mejora de la calidad de vida, aprovechando los residuos orgánicos

generados en su hogar. Se espera en un futuro desarrollar proyectos que den solución a los problemas relacionados con las grandes cantidades de residuos generados en el cantón Cevallos y fomentar la conciencia del reciclaje.

### **1.3 Objetivos**

#### ***1.3.1 Objetivo general***

- Aprovechar los residuos sólidos orgánicos para la obtención de compost en el caserío Andignato del cantón Cevallos, provincia de Tungurahua.

#### ***1.3.2 Objetivos específicos***

- Realizar un diagnóstico comunitario sobre la situación actual del manejo de los residuos sólidos domiciliarios en el caserío Andignato
- Caracterizar los residuos sólidos generados en los domicilios del caserío Andignato previamente separados en la fuente
- Evaluar el método de compostaje Takakura como alternativa al aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos del caserío Andignato

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes

En este apartado es fundamental resaltar una serie de estudios similares con el propósito de emplearlos de base para la aplicación de presente trabajo de investigación. En primera instancia se resalta a Castillo (2020), quien en su trabajo de investigación tuvo como propósito, evaluar la calidad del compost a partir de la mezcla de cuatro tipos de residuos orgánicos y tres dosis de microorganismos eficaces. La metodología utilizada estuvo orientada al método experimental con un diseño completamente al azar de 12 composteras de 0,8 m x 0,6 m, se monitorearon continuamente los parámetros de temperatura, pH, humedad y conductividad eléctrica. Los resultados demostraron que la humedad, pH, conductividad eléctrica, contenido de materia orgánica, nitrógeno total, fósforo, potasio, calcio, magnesio, cobre, relación C: N, cromo y plomo, cumplen con los estándares de calidad del compost.

Delgado et al. (2019), se permitió reutilizar residuos orgánicos y evaluar el proceso de compostaje en laboratorio en cuatro tratamientos: gallinaza + paja (G + P), gallinaza + paja + ceniza (G + P + C), gallinaza + paja + huevos (G + P + H + H), y estiércol de ave + paja + huevos + ceniza (G + P + H + C), todo ello en cantidad adecuada para que la relación C/N < 20 sea apta para compostaje. El método utilizado fue desarrollado sobre una base experimental longitudinal. Los resultados obtenidos de diferentes mezclas de sustrato durante el periodo de compostaje muestran buena calidad agronómica, el compost no contiene concentraciones de compuestos fitotóxicos que afecten los cultivos por lo que puede ser utilizado como fertilizante orgánico y sustrato para los cultivos.

Brito et al. (2016), en su proyecto de investigación se plantearon obtener fertilizante orgánico (compost) a partir de residuos orgánicos sólidos generados en el mercado mayorista y eventualmente utilizarlo en la agricultura. Para el experimento, se recogió una pila de 1,0 tonelada con una relación peso/peso fija de los tres componentes principales: residuos sólidos orgánicos del mercado (600 kg), residuos de poda de árboles (300 kg) y hojas de palmeras ornamentales residuos (*Phoenix canariensis*) (100 kg) para lograr una relación carbono/nitrógeno (C/N) adecuada. El compost se elaboró mediante un sistema de pila abierta y volteo manual; Durante el proceso se monitoreó semanalmente la temperatura y la humedad. Una vez finalizado el proceso,

se verificó la calidad del compost mediante análisis fisicoquímicos, químicos y biológicos, los cuales se encontraban dentro de límites aceptables para un producto de calidad.

Finalmente, este último trabajo se enfoca en el manejo de los residuos sólidos municipales en el cantón Cevallos, considerando que al no existir un sistema de separación en fuente controlado por el municipio en el cantón Cevallos, los principales residuos generados son los residuos orgánicos (45%), le sigue por textiles similares al cuero (23%). La metodología utilizada incluyó un modelo cuantitativo descriptivo. En el cantón Cevallos no existe un sistema de clasificación en origen controlado por el municipio, y los principales residuos generados son residuos orgánicos (45%), seguidos de textiles (23%) y cueros (23%). Los hallazgos muestran que la opción más viable es un programa de reciclaje, con la recuperación de 770,12 kg de materiales reciclables por día, el tamaño del espacio de almacenamiento es de 2,5 m de alto, 6 m de ancho y 10 m de largo. Respecto al programa de compostaje, se generan 3.216,37 kg de residuos orgánicos al día, para su procesamiento se instalarán 36 pilas de compost de 2,5 metros de ancho, 1,3 metros de alto y 6,6 metros de largo cada una, y el costo de implementación es de \$59.407,46 (Pazmiño, 2022).

## **2.2 Referencias teóricas**

### **2.2.1 Residuos sólidos**

El concepto de residuo sólido ha sido definido desde la década de los 80 como los desechos originados por actividades humanas y animales, que son descartados por considerarse inútiles o no deseados. Los residuos son sustancias que se pueden desechar, y su disposición final es responsabilidad de quienes los generan. Se puede describir como cualquier objeto, material, sustancia o elemento en forma sólida que, tras ser producto del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales o de servicios, carece de valor para su generador, pero que puede ser transformado en un nuevo producto con valor económico añadido (Montes, 2018).

En el contexto del estudio en Ecuador, se define como la materia producida en actividades de producción y consumo que carece de utilidad práctica para la actividad que la genera y no posee valor económico en el contexto en el que se produce (Gil, et al., 2018).

### 2.2.1.1 *Residuos sólidos aprovechables*

Es importante promover y divulgar tanto entre las autoridades como entre la población en general las múltiples opciones disponibles para sacar provecho de los desechos sólidos y los beneficios resultantes de su uso productivo. En términos generales, los residuos sólidos pueden dividirse en dos categorías: orgánicos e inorgánicos. En función de su potencial aprovechamiento o destino final, se pueden organizar en diferentes grupos (Lozada, 2019).

- Reutilizables, son aquellos que, una vez seleccionados, pueden ser vendidos a diversas industrias, como vidrio, papel, cartón, trapos, huesos, metales y otros materiales.
- Residuos no reciclables perjudiciales, se refieren a los desechos generados en entornos hospitalarios que no pueden ser almacenados, sino que deben ser incinerados de manera rápida y continua.
- Residuos no reciclables inertes, abarcan los desechos como piedras, tierra, materiales de construcción y similares, que solo pueden utilizarse como material de relleno.
- Transformables, engloban todos los residuos susceptibles de ser transformados a través de diversos procesos mecánicos y/o químicos en productos seguros y aprovechables.

### 2.2.1.2 *Tratamiento de desechos sólidos*

Todos los desechos arrojados en el vertedero de un lugar en específico deben someterse a una clasificación para asegurar un tratamiento adecuado. Esto dependerá del tipo de desecho, que se pueden dividir en las siguientes categorías (Gurmessa, et al., 2004):

- Desechos orgánicos, como los residuos de cocina, plantas y animales, los cuales pueden ser procesados para producir compost y ser reintegrados al suelo como fertilizante orgánico.
- Desechos reciclables, como papel, cartón, plásticos y vidrio (si están en buenas condiciones), que pueden ser vendidos para su posterior reutilización.
- Desechos domésticos no aprovechables, como papel de baño, papel y cartón en mal estado, que pueden ser incinerados (Senplades, 2021).

### 2.2.1.3 *Los residuos orgánicos*

Se trata de desechos que tienen la capacidad de descomponerse de forma natural, pudiendo desintegrarse o degradarse rápidamente, transformándose en otro tipo de materia orgánica. Por lo

general, se someten a algún método de compostaje y provienen de diversas fuentes, incluyendo hogares, industrias, plantas de tratamiento, la agricultura, la horticultura y la silvicultura, entre otros (Múñoz, 2018).

La cantidad, composición y características físicas de estos desechos de origen vegetal están influenciadas por diversos factores, como su procedencia, el proceso de producción, la preparación, la estación del año, el sistema de recolección, la estructura social y la cultura local. Los residuos orgánicos se suelen clasificar en las siguientes categorías (Chuva, 2018):

- Restos de comida

Se les conoce como residuos orgánicos domésticos o bioresiduos domésticos, que representan la parte de los residuos generados en la preparación de alimentos, específicamente se refieren a los sobrantes de comida y productos alimenticios en mal estado. Los residuos que incluyen restos de alimentos pueden dividirse en dos categorías: crudos y cocinados, debido a que poseen propiedades químicas y físicas distintas, como el pH y el contenido de humedad. Cada una de estas variables se comporta de manera diferente dependiendo del tipo de residuo, lo que implica que se requiere un enfoque diferenciado en el manejo de cada tipo de desecho (Espantoso, 2020).

- Excretas de animales

Las excretas son los residuos generados como consecuencia del proceso metabólico de los alimentos consumidos por los seres vivos. Los organismos obtienen los nutrientes esenciales para su supervivencia, crecimiento y reproducción, mientras que los elementos no utilizados en la digestión se eliminan en forma de heces y orina. Estas excretas pueden variar en tipo y pueden incluir las de animales como ganado bovino, caballos, cerdos, ovejas y cabras, siendo estas últimas las más comunes (De la Peña, et al., 2019).

- Restos de podas y jardín

En los trabajos de conservación y recorte en áreas verdes, como parques y jardines, se produce una considerable cantidad de desechos. Estos desechos se destacan por ocupar un espacio significativo teniendo un peso relativamente bajo. Están compuestos por ramas, componentes leñosos y follaje, con una cantidad considerable de hojas, la cual puede variar en función del tipo de especie de planta o árbol involucrado (Galeas, 2018).

### **2.2.2 Gestión de residuos sólidos**

Hay tres aspectos fundamentales para llevar a cabo una gestión efectiva en la gestión de los desechos sólidos urbanos. En primer lugar, es necesario examinar los patrones de consumo de la población. Luego, se debe determinar la cantidad de material que se puede recoger o reutilizar, lo que a su vez permitirá identificar el espacio requerido para la planta de tratamiento y la disposición final de los residuos. Este enfoque puede dar lugar a cuestiones que involucran aspectos económicos, políticos y medioambientales (Malpartida, 2020).

Esta gestión se concibe como un conjunto de medidas y procedimientos que se ejecutan para proporcionar un servicio de limpieza pública adecuado, promoviendo la prevención, la recuperación y la eliminación de los desechos de manera coherente con los principios de la salud pública, la viabilidad económica, la ingeniería, la conservación, la estética y otros aspectos ambientales (Roman, 2018).

La responsabilidad de la gestión de los desechos sólidos en todo el país recae en las autoridades municipales, conforme a la Ley de Régimen Municipal y el Código de Salud. La gestión integral de residuos sólidos (GIRS) se puede definir como la elección y aplicación de enfoques, tecnologías y programas de gestión apropiados para alcanzar metas y objetivos específicos relacionados con la gestión de residuos (CEPAL, 2020).

Este enfoque integral del manejo de los desechos sólidos abarca una serie de acciones coordinadas y relacionadas, que abarcan aspectos normativos, operativos, financieros, planificación, administrativos, sociales, educativos, monitoreo, supervisión y evaluación (Messina, et al., 2022). Todo esto se realiza con el objetivo de gestionar los residuos desde su generación hasta su disposición final, con el fin de lograr beneficios ambientales, una gestión económica óptima y la aceptación social, adaptándose a las necesidades y circunstancias particulares de cada localidad y región (Múñoz, 2018).

**Tabla 2-1:** Características de un adecuado manejo de residuos sólidos

<b>Aspecto</b>	<b>Descripción</b>
<b>Técnica</b>	Comprende desde la disposición hasta la disposición final de los residuos sólidos. Debe ser sencillo y contemplar el uso humano propio de la zona.
<b>Social</b>	Ayuda a la aceptación de la comunidad, es participativo y permite la intervención activa de la sociedad
<b>Económico</b>	Los costos de implementación, operación, mantenimiento e incluso administrativo deben ser viable
<b>Organizativo</b>	Administración y gestión del servicio simple y dinámica; es racional
<b>Salud</b>	Debe constar dentro de un programa de prevención de enfermedades infecciosas
<b>Ambiental</b>	Evitar impactos ambientales negativos en el suelo, agua y aire

Fuente: (Múñoz, 2018)

Realizado por: Gil S., Oñate W., 2023

El sistema de gestión se refiere a un conjunto de actividades relacionadas o integradas, se pueden desglosar en seis fases funcionales: Generación, que implica el conocimiento de las cantidades y la composición de los residuos producidos; Pre-recogida, que abarca la separación en la fuente de origen; Recogida, que comprende la carga y el transporte desde la zona de generación hasta la estación de transferencia; Transporte, que implica el desplazamiento hacia el lugar de tratamiento o eliminación; Tratamiento, donde se lleva a cabo la separación, procesamiento y transformación de los residuos; y Evacuación, que constituye el destino final de los residuos (CEPAL, 2020).

En el contexto nacional, las actividades relacionadas con el proceso de gestión de residuos sólidos (GRS) incluyen: Almacenamiento en el lugar de generación, Entrega, Barrido y limpieza de vías y áreas públicas, Recolección y Transporte, Transferencia, Tratamiento, Disposición final y Recuperación (Subsecretaría de Calidad Ambiental, 2022).

**Tabla 2-2:** Actividades funcionales en la gestión residuos sólidos

<b>Actividad</b>	<b>Descripción</b>
<b>Generación de residuos Producción per cápita (PPC)</b>	Materiales sin valor, generados desde la actividad humana, sean estos orgánicos e inorgánicos y en intervalo de tiempo dentro de un grupo humano.
<b>Almacenamiento</b>	Colocación en recipientes adecuados en el origen, de acuerdo a normas de salubridad
<b>Entrega</b>	Estar dispuestos en fundas plásticas, en el lugar (acera) y horarios dispuestos por la entidad recolectora
<b>Barrido y limpieza de vías y áreas públicas</b>	Recolección de residuos existentes en áreas públicas de forma manual o mecánico, cuyos horarios correspondan al recorrido del recolector
<b>Recolección y transporte</b>	Efectuado por los operarios capacitados y equipados adecuadamente, dentro de los horarios y sitios asignados en sus respectivas rutas
<b>Transferencia</b>	Ubicación de los RSUs en estaciones de transferencia, cuya ubicación haya sido autorizada por una Entidad Ambiental de Control
<b>*Tratamiento</b>	Construcciones donde se reduce el tamaño, volumen, peso, homogenización de los componentes y uniformidad del tamaño
<b>*Disposición final</b>	Botadero o relleno sanitario y otros destinados al reciclaje y reutilización

Fuente: (Chuva, 2018 p. 42)

Realizado por: Gil S., Oñate W., 2023

### 2.2.2.1 *Tratamiento de residuos sólidos*

En esta fase, es necesario que los desechos sean llevados a instalaciones de procesamiento, donde se evaluarán y utilizarán en función de sus propiedades y características, tanto biológicas como físico-químicas. Se llevará a cabo la recuperación, el procesamiento y la separación, que pueden realizarse manual o mecánicamente, lo que incluye tamizado, trituración y compactación. La transformación de los residuos puede llevarse a cabo con o sin la recuperación de energía (Montes, 2018).

La decisión de establecer una planta de tratamiento recae completamente en los gobiernos locales, que deben seguir pautas legales que abarcan aspectos económicos, políticos, técnicos y

financieros del proyecto. Además, es importante que busquen apoyo para la búsqueda de mercados, tanto a nivel nacional como internacional (Chuva, 2018).

#### 2.2.2.2 *Disposición final de residuos sólidos*

Siempre existe una cantidad remanente de residuos que no puede ser recuperada o transformada, lo que hace necesario encontrar una ubicación definitiva y adecuada para estos. Hasta la fecha, se han utilizado varios enfoques, que incluyen (Giraldo, et al., 2022):

Botaderos o vertederos a cielo abierto: Estos lugares se caracterizan por la disposición descontrolada de residuos sin ningún tipo de regulación ni planificación, lo que genera graves riesgos ambientales y sanitarios. Este enfoque provoca la contaminación de suelos, aire y aguas circundantes (Múñoz, 2018).

Vertederos controlados: En este método, los residuos se compactan y esparcen para formar celdas que se alternan con capas de tierra. Aunque esto reduce en cierta medida la emisión de olores y la propagación de plagas, permite una futura recuperación del sitio. Los vertederos controlados son una opción de bajo costo y suelen ser utilizados por países con una menor producción de residuos sólidos (Palacios, et al., 2022).

Rellenos sanitarios: Estas instalaciones se diseñan siguiendo criterios técnicos e ingenieriles para minimizar los impactos ambientales y sanitarios. Los rellenos sanitarios son estructuras construidas en la superficie terrestre, preparadas con capas compactas de arcilla y revestimientos de geo-membrana (lámina sintética de PVC). También cuentan con pozos impermeables que drenan los líquidos generados, conocidos como lixiviados, y sistemas de captura de gases, como el metano y el dióxido de carbono. El espacio requerido para un relleno sanitario se basa en factores como la cantidad de material de cobertura, la densidad de compactación, la profundidad o altura del relleno y áreas adicionales para infraestructuras auxiliares (Montes, 2018).

#### 2.2.2.3 *Problemas generados en la gestión de los residuos sólidos urbanos*

En la situación problemática de los residuos sólidos existen diferentes problemáticas al momento de ejecutar un proyecto (Sosa, et al., 2023):

- La variabilidad en términos de cantidad y la diversidad de los desechos sólidos.

- El desarrollo desigual de áreas urbanas y su dispersión (como ciudades, urbanizaciones y zonas residenciales), lo que incrementa los costos de transporte de residuos.
- La utilización de tecnología avanzada para el tratamiento adecuado de los residuos, cuyos costos son prohibitivos.
- La limitación económica que representa la cantidad de presupuesto invertido por las entidades públicas en esta actividad.
- La necesidad de establecer nuevas regulaciones que promuevan y mejoren la relación con el medio ambiente.
- El creciente agotamiento de recursos energéticos y materias primas.
- La escasez de datos y la disponibilidad de información.

#### 2.2.2.4 *Consecuencias de un manejo inadecuado de los residuos solidos*

El manejo deficiente y la sobreproducción de Residuos Sólidos Urbanos plantean graves desafíos medioambientales, tales como (Galeas, 2018):

- Contaminación del agua: La filtración de lixiviados generados por desechos orgánicos, ya sea de manera directa o indirecta, contamina los ríos y los sistemas acuíferos subterráneos. Esta contaminación puede afectar a las fuentes de agua utilizadas por la población o interferir en la cadena alimenticia, lo que, a su vez, puede desencadenar diversos problemas de salud.
- Contaminación del aire: La descomposición natural de los residuos provoca la fermentación de estos, generando gases tóxicos, como el metano, el dióxido de carbono y humos malolientes. Estos gases pueden representar riesgos de explosiones, incendios y la propagación de fuegos incontrolados.
- Contaminación del suelo: El almacenamiento inadecuado de los residuos sólidos conduce a la contaminación de la capa vegetal y resulta en la degradación del paisaje.
- Problemas sociales y de salud: La contaminación del entorno físico puede tener un impacto negativo en la salud de la población que reside cerca de estas áreas. Los vertederos no controlados de residuos sólidos a menudo atraen una variedad de roedores y aves que también pueden actuar como portadores de enfermedades. Además, los problemas sociales y de salud afectan a las comunidades que trabajan en vertederos al aire libre, sin mencionar el impacto visual negativo en el entorno natural, lo que puede perjudicar el desarrollo urbano y turístico.

### 2.2.3 *Compost*

El compost es una enmienda del suelo producida mediante el metabolismo de un sustrato orgánico (superficie en la que crecen organismos) por microbios aeróbicos (que necesitan oxígeno) en condiciones controladas. Es acertado aseverar que el compostaje es una antigua tecnología agrícola que se remonta a los tiempos bíblicos y que sigue teniendo importantes aplicaciones en la agricultura moderna; misma que en los últimos años ha resurgido el interés por el compost en los sistemas de cultivo modernos (Acuña, 2018).



**Ilustración 2-1:** Compost orgánico para disolución en suelo arcilloso

**Fuente:** (OXFAM, 2018)

Por otro lado, es importante resaltar que, en los sistemas de cultivo ecológicos, el compost es la principal fuente de nutrientes para los cultivos. De manera similar, en los sistemas de cultivo convencionales, el compost proporciona una fuente suplementaria de nitrógeno que complementa el nitrógeno de los fertilizantes para proporcionar un sistema agrícola más sostenible (Malpartida, 2020).

El compost permite a los productores y ganaderos reducir el volumen de estiércol que sale de sus explotaciones y constituye una fuente de nutrientes y materia orgánica para las granjas circundantes.

#### 2.2.3.1 *Clasificación del compost*

En lo que respecta a la clasificación del compost es necesario recordar que, dependiendo de la etapa del proceso de compostaje, el compost se puede dividir en tres tipos: compost fresco, compost maduro y compost tratado. A medida que avance el proceso de degradación, el producto irá pasando por cada una de estas etapas.

- Compost fresco

Es términos simples, este producto se identifica como uno que, a pesar de haber pasado por la etapa termófila, durante la cual se destruye la gran cantidad de organismos patógenos presentes en los residuos, todavía sufre el proceso de degradación, aunque a un ritmo menor que la etapa inicial, por lo que el producto aún no es estable y no se recomienda su uso directamente sobre las raíces de las plantas, ya que el material provoca diversas reacciones en estas condiciones (Espantoso, 2020). Aunque el compost fresco es generalmente un producto inestable, dependiendo del tipo de suelo puede aportar estabilidad a suelos muy degradados que pueden restaurarse. Una alternativa al uso de este producto es preparar el suelo para el cultivo, pero plantarlo a una profundidad de 5 a 10 cm para evitar problemas en la siembra (Galeas, 2018).

- Compost maduro

Este es un producto que se obtiene luego de la descomposición completa de toda la materia orgánica y ha pasado por la etapa final de compostaje, por lo que este material tiene muchas propiedades beneficiosas para las plantas, ya que los valores de sus parámetros corresponden a los estándares establecidos para la clasificación. De abono maduro, pero a pesar de ello no se recomienda aplicarlo directamente sobre las raíces de las plantas, ya que esto puede tener consecuencias en las mismas (Behera, et al., 2022).

- Compost curado

Este producto en particular se utiliza como fertilizante para cultivos agrícolas, y aunque se aplica directamente a las raíces de las plantas, no existe ningún peligro por parte del fertilizante porque toda la materia orgánica del producto ya está completamente mineralizada, por lo que es un producto que ha alcanzado una estabilidad total (Chuva, 2018).

#### 2.2.3.2 *Sistemas de compostaje*

Entre los diferentes sistemas tenemos (Sosa, et al., 2023):

- Sistema de pilas o camellones

Se denominan pilas de compostaje, cuando presentan una morfología y dimensiones determinadas. De acuerdo con el método de aireación utilizado, este sistema se subdivide además en: móviles, cuando hay reconfiguración de las pilas y, estático con aireación forzada (Galeas, 2018).

- Sistema de reactores

Los residuos orgánicos son procesados en instalaciones que pueden ser estáticas o dinámicas, que se conocen como Reactores. Básicamente los reactores, son estructuras por lo general metálicas: cilíndricas o rectangulares, donde se mantienen controlados determinados parámetros (humedad, aireación), procurando que los mismos permanezcan en forma relativamente constante (Roman, 2018).

- Sistema de pozas

Los materiales y métodos para la elaboración del compost varían de acuerdo a las características del ambiente o ecosistema donde se va a fabricar, lo que define la modalidad de elaboración del compost. No existen restricciones sobre la modalidad de compostaje, pero en el caso de zonas semiáridas se considera la modalidad de compostaje a bajo relieve o en pozas para disminuir las pérdidas de humedad por evapotranspiración y facilitando los volteos. En un estudio comparativo para la elaboración de compost por técnica manual se aplica este método de compostaje en pozas cuyas dimensiones eran de 2,60 m de largo por 1,30 de ancho y 0,80 de profundidad y las herramientas que se utilizaron fueron picos y lampas (Roman, 2018).

El uso de compost como material de enmienda es una práctica muy común entre los agricultores que cultivan productos orgánicos, la mayoría de ellos utilizan el método de descomposición en fosas (Malpartida, 2020).

Existen distintos sistemas para llevar a cabo la etapa de maduración, estos se clasifican en dos grupos, los abiertos y cerrados, diferenciándose en dos grupos debido a que el segundo desarrolla el compostaje en reactores y/o contenedores y, los principales sistemas de compostaje son (Vargas, 2019):

- Sistemas abiertos

Apilamiento estático aireado

Apilamiento con volteo

- Sistemas cerrados

Reactor de flujo en pistón vertical

Reactor de flujo en pistón horizontal

### 2.2.3.3 Composición físico-químico del compost

Dentro de lo que podría denominarse como la calidad del compost se presentan ciertos parámetros valorados en a manera de porcentaje con el detalle de valorar significativamente este elemento. La Tabla 2-3 mostrada a continuación denota dichos parámetros.

**Tabla 2-3:** Temperatura y tiempo de exposición para eliminar patógenos

N°	PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
1	pH H <sub>2</sub> O	7,8–8,0	Unidad
2	Materia Orgánica (MO)	35,0–40,0	%
3	C/N	16,0–20,0	-
4	Humedad	40,0–45,0	%
5	Nitrógeno Total	1,5–1,8	%
6	Fósforo Total	0,8–1,0	%
7	Potasio (K)	1,0	%
8	Calcio (Ca)	1,0	%
9	Magnesio (Mg)	0,9–1,0	%
10	Cobre (Cu)	4,0	%
11	Zinc (Zn)	3,0–4,0	%
12	Manganeso (Mn)	0,5	%
13	Germinación	Inferior al 8,0	%
14	Presentación	Granos inferiores a 10	mm
15	Densidad	0,48–0,50	Ton/m <sup>3</sup>
16	Nemátodos	Ausentes	-

Fuente: (Chuva, 2018 p. 50)

Realizado por: Gil S., Oñate W., 2023

#### 2.2.3.4 *Materiales utilizados en el desarrollo de compost*

Desde un punto de vista técnico, es necesario un control cuidadoso de los residuos orgánicos utilizados. En general, los residuos orgánicos se pueden dividir en:

- Residuos orgánicos de rápida descomposición, como residuos de alimentos orgánicos frescos, verduras, cáscaras de frutas, etc.
- Residuos orgánicos de lenta descomposición, como ramas y hojas de árboles, paja, aserrín, etc.
- Residuos orgánicos de difícil descomposición: fragmentos de madera, ropa de fibras naturales, cuero, cuernos, huesos, etc.
- Residuos orgánicos peligrosos, principalmente residuos hospitalarios. Los residuos orgánicos utilizados en proyectos de compostaje deben tener ciertas propiedades para asegurar la producción de compost de calidad (Gil, et al., 2018).

Sin embargo, antes del desarrollo de compost es de suma importancia tener en consideración; que los residuos deben ser fácilmente degradables ya sean de lenta o difícil descomposición. No deben contener residuos peligrosos de empresas industriales (excepto la industria alimentaria) y hospitales.

#### 2.2.3.5 *Beneficios del compostaje*

El uso de compost en los cultivos de campo debería formar parte de cualquier plan de gestión de cultivos a largo plazo. El compostaje también ayuda a las centrales lecheras a gestionar el estiércol, tiene beneficios agronómicos, controla las enfermedades de las plantas y aporta nutrientes al suelo (De la Peña, et al., 2019).

- Gestión del estiércol

La industria ganadera produce grandes cantidades de estiércol que deben eliminarse de forma que se evite la contaminación de los recursos hídricos. El compostaje es una forma eficaz de tratar el estiércol porque reduce su volumen entre un 30% y un 50% y disminuye el uso de combustible y la mano de obra necesaria. Se reduce el número de viajes y la mano de obra necesaria para esparcirlo, aunque se necesita algo más de combustible y mano de obra para el proceso de compostaje (Gil, et al., 2018).

Además, el compostaje reduce significativamente el olor y las moscas asociadas con el estiércol. Para el agricultor, el aspecto práctico del compostaje es que conserva el nitrógeno recolectado durante los meses de invierno, cuando el suelo está congelado y el estiércol no se puede incorporar al suelo. Los microorganismos en las pilas de abono absorben los nutrientes y los retienen en sus cuerpos, evitando que sean arrastrados (Galeas, 2018).

- Beneficios agronómicos

De este beneficio en particular, como resultado del compostaje el sustrato se transforma en una enmienda orgánica del suelo rica en sustancias húmicas. Las sustancias húmicas unen las partículas del suelo, formando agregados responsables de la estructura fina del suelo. Una buena estructura del suelo modifica las propiedades físicas del suelo, creando condiciones favorables para el crecimiento y desarrollo de los cultivos. El movimiento del agua, el intercambio de calor, la aireación y la porosidad dependen en gran medida del tipo y grado de agregación del suelo. El efecto de agregar materia orgánica a la estructura del suelo explica el aumento observado en la tasa de infiltración, la capacidad de retención de agua y la mejora de la salud del suelo después de la aplicación de compost (Múñoz, 2018).

Es menester acotar que dentro del proceso de compostaje se pierde el 50% del carbono del sustrato original, los nutrientes mineralizables del sustrato se convierten en una forma orgánica que proporciona una liberación lenta de fertilizante al cultivo. Este proceso es complejo, ya que una parte del compost se mineraliza rápidamente y otra parte más resistente se mineraliza a largo plazo, posiblemente a lo largo de varios años (Gurmessa, et al., 2024). Esta situación es beneficiosa porque proporciona un almacén de nutrientes y los protege de la pérdida por lixiviación.

El proceso de mineralización del compost no se conoce bien, y se necesita más investigación para ajustar la liberación de nutrientes de esta reserva a las demandas de nutrientes de un cultivo. El proceso depende de la temperatura y la humedad. En suelos irrigados donde las temperaturas del suelo oscilan entre 75°F y 85°F, la liberación de nutrientes será más rápida que donde las temperaturas del suelo son superiores o inferiores a este rango (Gurmessa, et al., 2024).

Es acertado afirmar que, en un sistema orgánico, el compost también puede ser una fuente primaria de nutrientes, especialmente de fósforo y potasio. Cuando se integra en un sistema convencional, puede ser una importante fuente suplementaria. En un sistema convencional, el compost ayuda a alcanzar los objetivos de una agricultura más sostenible porque reduce la necesidad de insumos externos.

### 2.2.3.6 *Composición nutricional del compost*

Es importante conocer la composición en nutrientes del compost que se va a utilizar, ya que las concentraciones de nutrientes pueden variar considerablemente, especialmente en el caso del fósforo y el potasio (Behera, et al., 2022). De hecho, para conocer estas propiedades es necesario realizar un análisis de laboratorio del contenido en nutrientes del compost para determinar la cantidad de nitrógeno, fósforo, potasio, carbono y sales (puede ser más complejo, incluyendo metales pesados y otros componentes) (Guo, et al., 2019).

El contenido de nitrógeno variará en función de la relación carbono-nitrógeno de la materia prima del compost. Si la relación es pobre por el lado del carbono, el nitrógeno del compost será menor. Tras determinar el contenido de varias muestras de compost, puede reducirse la frecuencia de muestreo si se utiliza siempre la misma materia prima (Guo, et al., 2019).

La concentración de nitrógeno tiende a ser más uniforme. Gran parte del nitrógeno del compost está presente en una forma orgánica que no está fácilmente disponible para las plantas. El nitrógeno orgánico es convertido en inorgánico por los organismos del suelo en el proceso de mineralización. La mineralización del nitrógeno del compost es del 8% al 12% anual, teniendo en cuenta que la mineralización es un proceso complejo y aún queda mucho por hacer para determinar cómo se comportan los organismos de la red trófica del suelo en los distintos sistemas de cultivo (Sosa, et al., 2023). Por otro lado, como todo proceso posee una serie de particularidades y/o actividades que permiten su edificación. A continuación, se describe este proceso:

### 2.2.3.7 *Etapas del proceso de compostaje*

Según Acuña (2018), en el proceso de compostaje, los microorganismos utilizan un sustrato orgánico; estiércol, camas, recortes de hierba o residuos urbanos como fuente de alimento. Los microbios aprovechan la energía contenida en los enlaces químicos del sustrato en un proceso que requiere oxígeno y agua. El resultado es calor y CO<sub>2</sub>, y los esqueletos de carbono restantes son sustancias húmicas recalcitrantes, responsables en gran medida de la capacidad del compost para enmendar el suelo (Galeas, 2018).

- Fase mesófila inicial

En la fase inicial o mesofílica del compostaje, la población de microbios aumenta exponencialmente a medida que se metabolizan las fuentes de alimento del sustrato fácilmente

disponibles. Las temperaturas de la pila de compost aumentan gradualmente de ambiente a más de 100°F.



**Ilustración 2-2:** Fase mesofílica inicial

Fuente: (AGRNOTIPS, 2019)

- Segunda fase termófila

La siguiente fase, la termofílica, se produce durante la semana o dos siguientes, cuando las temperaturas pueden alcanzar de 140°F a 160°F. Los microbios que pueden soportar las altas temperaturas de la pila también se encargan de descomponer las partes más resistentes del sustrato. Es importante contar con la humedad y el oxígeno adecuados durante esta etapa para mantener la alta población de microbios en la pila de compost. Durante esta etapa, todo el material fácilmente descomponible se agotará, dejando sólo los materiales más resistentes.



**Ilustración 2-3:** Fase termofílica del compostaje

Fuente: (AGRNOTIPS, 2019)

De manera similar es fundamental denotar que dentro del proceso la pila de manera concreta debe alcanzar una temperatura alta, ya que esto destruirá una gran cantidad de patógenos, plagas, raíces y semillas de malezas. En esta etapa, las bacterias consumen grandes cantidades de oxígeno, lo que resulta beneficioso ya que su población aumenta significativamente. Si la temperatura se

mantiene alta significa que la cantidad de oxígeno que requieren las bacterias es suficiente, en cambio cuando la cantidad de oxígeno es limitada la población bacteriana disminuye, con lo que se reduce la descomposición de la materia orgánica, lo que genera un olor desagradable (ACUÑA, 2018). A continuación, se enlistan varios organismos a la par de la temperatura y tiempo de exposición para la supresión de bacterias.

**Tabla 2-4:** Temperatura y tiempo de exposición para eliminar patógenos

N°	ORGANISMOS	TEMPERATURA °C	TIEMPO DE EXPOSICIÓN
1	Brucella abortus	55	Se destruyen en 1 hora
2	Corynebacterium diphtheriae	55	Se eliminan en 45 minutos
3	Escherichia Coli	55	La mayoría mueren en 1 hora
		60	La mayoría mueren en 15–20 minutos
4	Huevos de Ascaris lumbricoides	55	Mueren en menos de 1 hora
5	Larvas de Trichinella spiral	55	Mueren rápidamente
6	Micrococcus pyogenes var. Aureus	50	Mueren instantáneamente
7	Mycobacterium tuberculosis var, hominis	66	Mueren después de 10 minutos
8	Salmonella sp	55	De 15 a 20 minutos
		60	Se destruyen en 1 hora
9	Salmonella thyphosa	50-60	Son suficientes a 30 minutos
		> 46	No se desarrollan
10	Shigella sp	55	Se destruyen en 1 hora
11	Streptococcus pyogenes	54	Mueren después de 10 minutos
12	Taenia Saginata	55	Se eliminan en unos pocos minutos

**Fuente:** (Chuva, 2018 p. 42)

**Realizado por:** Gil S., Oñate W., 2023

- Fase final (segunda mesoflica)

Se trata de un periodo de curado en el que el compostaje se ralentiza y el compost se vuelve relativamente estable. Durante esta fase, los microbios del suelo recolonizan la pila y aumenta la formación de sustancias húmicas. La presencia de microbios del suelo es importante porque son los responsables de las cualidades del compost para la supresión de enfermedades. La etapa de

curado comienza cuando la pila de compost no se recalienta tras el volteo y termina cuando la pila se aproxima a la temperatura ambiente.



**Ilustración 2-4:** Hongo indicador de fase mesofílica

**Fuente:** (Roman, 2018)

#### 2.2.3.8 *Métodos de descomposición*

La descomposición o estabilización de la materia orgánica por acción biológica es la parte más valiosa del ciclo de la vida en nuestro planeta. En tiempos recientes, el hombre ha intentado controlar y utilizar directamente el proceso para la eliminación sanitaria y la recuperación del material de desecho orgánico, y este proceso se ha denominado compostaje, y el producto final del compostaje se ha denominado abono (Lozada, 2019).

En términos generales, existen dos procesos: (a) descomposición aeróbica y estabilización y (b) fermentación anaeróbica. En estos procesos, la comunidad microbiana se alimenta de materiales orgánicos como materia vegetal, estiércol animal, tierra nocturna y otros desechos orgánicos y convierte los residuos en una forma más estable (Giraldo, et al., 2022).

- Descomposición aeróbica

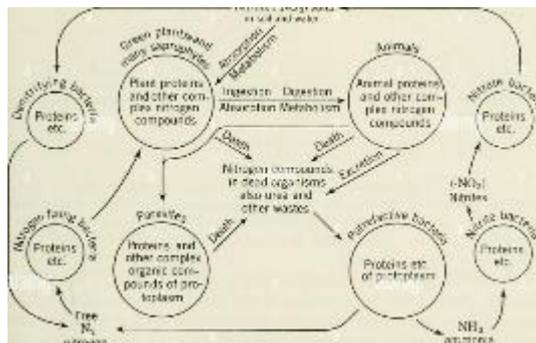
En este aspecto es necesario identificar que cuando la materia orgánica se descompone en presencia de oxígeno, el proceso se denomina aeróbico. En la estabilización aeróbica, los organismos vivos, que utilizan oxígeno, se alimentan de la materia orgánica y desarrollan protoplasma celular a partir del nitrógeno. A partir del nitrógeno, fósforo carbono y otros nutrientes necesarios. Una enorme cantidad de carbono sirve como fuente de energía para los organismos y se quema y respira como dióxido de carbono (Giraldo, et al., 2022). Dado que el carbono



utilizan nitrógeno, fósforo y otros nutrientes en el desarrollo del protoplasma celular, pero reducen el nitrógeno orgánico a ácidos orgánicos y amoníaco (Vargas, 2019).

El carbono de los compuestos orgánicos que no se utiliza en la proteína celular se libera principalmente en forma reducida de metano (CH<sub>4</sub>). Una pequeña parte del carbono puede respirarse como CO<sub>2</sub>. Este proceso tiene lugar en la naturaleza como en la descomposición de lodos orgánicos en el fondo de los pantanos y en material orgánico enterrado al que el oxígeno no tiene acceso. El gas de las marismas que se eleva es en gran parte CH<sub>4</sub>.

La reducción intensiva de la materia orgánica por putrefacción suele ir acompañada de olores desagradables de sulfuro de hidrógeno y de compuestos orgánicos reducidos que contienen azufre, como los mercaptanos (Espantoso, 2020). Según Vaegas (2019), comenta que la destrucción anaeróbica de la materia orgánica es un proceso de reducción, el producto final, el humus, está sujeto a cierta oxidación aeróbica cuando se deposita en el suelo. Esta oxidación es menor, tiene lugar rápidamente y no tiene consecuencias en la utilización del material en el suelo. La explicación del este proceso en particular se denota en la ilustración 1-6 mostrada a continuación.



**Ilustración 2-6:** Descomposición aeróbica

Fuente: (Taller huerto urbano, 2019)

### 2.2.3.9 Elementos para el desarrollo de compost

Es de suma importancia destacar que todo elemento orgánico puede ser empleado para el compostaje; sin embargo, la cantidad, las características y la composición de los residuos disponibles para el compostaje varían mucho según la estación y las distintas localidades. La multiplicidad y complejidad de los factores que afectan a la calidad y cantidad de los residuos compostables prohíben el uso de cualquier fórmula o método empírico para determinar la cantidad de material de desecho que cabe esperar en un lugar determinado (Palacios, et al., 2022).

Es menester acotar que, para estimar la calidad y la cantidad de residuos de una población determinada, es necesario realizar un estudio de un lugar concreto o utilizar información obtenida a partir de estudios de lugares con características muy similares. Se trata de información básica, útil para complementar los datos locales en el análisis de una operación concreta de compostaje. En un pueblo agrícola en concreto, los siguientes datos básicos sobre cantidad y calidad serán útiles para estudiar una operación de compostaje. Según Guizado (2018), los valores determinar de estiércol animal, y desperdicios tienen los siguientes parámetros.

- Estiércol animal

La cantidad de estiércol animal varía mucho en función de las diferentes condiciones de alimentación y estabulación. El estiércol de establo se compone aproximadamente de tres componentes principales (a) cama o yacija de materia vegetal, (b) excrementos sólidos, y (c) orina. Las características y la concentración relativa de estos componentes varían mucho en función del tipo de animal, la alimentación y el manejo del establo y el uso que se haga de él. La paja y los residuos vegetales utilizados como cama suelen contener grandes cantidades de carbono, sobre todo en forma de celulosa, y pequeñas cantidades de nitrógeno y minerales. Una cantidad considerable de proteínas está presente en los excrementos sólidos y proporcionan material nutritivo de equilibrio para el crecimiento de microorganismos (Sosa, et al., 2023).

- Desechos (basura, desperdicios, otros desechos)

Las mayores cantidades disponibles de basura, residuos orgánicos y vegetales muertos se utilizan para alimentar a los animales. También hay poco papel usado, trapos, etc. en la basura. La ceniza, sobre todo en climas fríos, el barrido de calles y la basura constituyen una parte importante de los residuos. En las zonas cálidas, donde llueve mucho, hay mucha vegetación de desecho en la basura. Sin embargo, en muchos pueblos la cantidad de estos residuos es suficiente para proporcionar una masa compostable satisfactoria cuando se mezcla con tierra nocturna y estiércol animal. La cantidad aproximada de basura en un pueblo suele ser de 220-340 g per cápita y día, con la siguiente composición: contenido de humedad, 10-60%; contenido orgánico (base seca), 25-35%; nitrógeno, 0,4-0,8%; fosfato, 0,2-0,5%; potasa, 0,8-1,5%; carbono, 12-17%; y óxido de calcio, 4,0-7,5% (Guizado, 2018).

### 2.2.3.10 Factores que afectan el proceso de compostaje

- Microorganismos y ecología microbiana del compostaje

La comunidad de microorganismos que se desarrolla durante el proceso de compostaje puede influir de manera positiva o negativa en dicho proceso. Entre los microorganismos beneficiosos se incluyen aquellos que transforman la materia orgánica en presencia de oxígeno, contribuyendo a la producción de compost de alta calidad (Gallardo, et al., 2020). Además, están los microorganismos que degradan compuestos contaminantes, permitiendo la utilización del compostaje para la biodescontaminación, así como aquellos microorganismos que tienen la capacidad de combatir patógenos, mejorando la higiene del compost resultante (Montes, 2018).

Por otro lado, se encuentran los microorganismos no deseados que pueden tener un impacto negativo en el proceso de compostaje y en la calidad del producto final. Estos incluyen aquellos responsables de la generación de olores desagradables y patógenos (Múñoz, 2018).

Entre los tipos de microorganismos presentes en el proceso de compostaje, se distinguen (Taller huerto urbano, 2019):

**Hongos:** Esto engloba tanto a los hongos filamentosos como a las levaduras. Estos organismos son típicamente saprófitos, lo que significa que obtienen su energía de la materia orgánica de plantas y animales muertos. Además, son aeróbicos y prosperan en el entorno del compost. A menudo se desarrollan como filamentos prácticamente invisibles o como colonias de aspecto blanco o grisáceo en la superficie de la pila de compost. Su función principal es la descomposición de polímeros complejos, como la celulosa, hemicelulosa, pectinas y lignina. En el compost, desempeñan un papel importante al descomponer los restos de plantas y animales, lo que permite que las bacterias continúen con el proceso de descomposición una vez que se ha agotado la celulosa. Los hongos también pueden degradar materiales que son demasiado secos, ácidos o bajos en nitrógeno y que resultan difíciles de descomponer por las bacterias.

**Protozoos y Rotíferos:** Estos microorganismos son animales microscópicos, unicelulares en el caso de los protozoos y multicelulares en el caso de los rotíferos, y suelen encontrarse en las películas de agua presentes en el compost. Se alimentan de materia orgánica, bacterias y hongos, aunque su contribución a la descomposición del material es menor en comparación con otros microorganismos. La supervivencia y distribución de estos microorganismos en el compost se ven influenciadas por factores bióticos y abióticos, como la disponibilidad de nutrientes y las condiciones ambientales. En última instancia, el compostaje es un proceso que depende de la

interacción de múltiples factores bióticos y abióticos que condicionan la sucesión de ambientes necesarios para lograr una descomposición efectiva.

- Otros factores que afectan el compostaje

El proceso biológico del compostaje involucra una variedad de factores que son numerosos y complicados, y a su vez, estos factores se ven influenciados por las condiciones ambientales, el tipo de residuo que se está tratando y la técnica de compostaje utilizada (Di Salvo, et al., 2018).

**Tabla 2- 5:** Factores que afectan al compostaje

Abióticos	Bióticos
Oxígeno Composición del sustrato y balance de nutrientes Relación C/N equilibrada Humedad Temperatura Ph	Microorganismos como bacterias capaces de metabolizar compuestos orgánicos complejos menos biodegradables tales como los hongos y actinomicetos que son característicos de la fase de maduración

**Fuente:** (Galeas, 2018 p. 12)

**Realizado por:** Gil S., Oñate W., 2023

Este proceso, que es tanto complejo como dinámico, se puede subdividir en cuatro etapas en función de las variaciones de temperatura: la fase mesófila (10-40°C), la fase termófila (40-60°C), la fase de enfriamiento y, finalmente, la fase de maduración, donde se estabiliza a temperatura ambiente (Sosa, et al., 2023).

Como resultado de la producción de compost, se obtienen productos adicionales, como extractos acuosos, que a menudo se conocen como "tés de compost", así como el aislamiento de microorganismos, incluyendo microorganismos antagonistas lignocelulolíticos con diversas aplicaciones (Palacios, et al., 2022).

- Estructura y tamaño de los residuos

Para acelerar la duración del proceso de compostaje, es aconsejable utilizar materiales que tengan una mayor superficie de contacto con los microorganismos y que se descompongan rápidamente debido a la acción de los microorganismos (Hayna, 2020).

- Humedad

En el proceso de compostaje, es fundamental mantener un nivel de humedad que esté en el rango de 40% a 60%. Por otro lado, si la humedad es demasiado baja, esto puede obstaculizar el crecimiento de los microorganismos presentes, impidiendo que sigan prosperando en su fase de crecimiento exponencial. En el caso de que las materias primas utilizadas sean demasiado húmedas, es posible llevar a cabo mezclas con otros materiales para reducir este nivel de humedad (Múñoz, 2018).

- Ph

El nivel de acidez, medido a través del pH, es un factor crítico para el desarrollo de los microorganismos descomponedores. Los valores óptimos de pH para este propósito se encuentran dentro del rango de 6 a 8. Sin embargo, es importante tener en cuenta que valores extremos de pH pueden inhibir el crecimiento microbiano. Si los compuestos utilizados presentan un pH por debajo del nivel óptimo, es posible mezclarlos con otros materiales que tengan un pH más elevado (CEPAL, 2020).

En lo que respecta a los microorganismos, los hongos pueden tolerar un amplio rango de pH, desde 5 hasta 8, mientras que las bacterias presentan una tolerancia más limitada, generalmente entre 6 y 7.5. El valor de pH, al igual que la temperatura, varía con el tiempo a lo largo de las diferentes etapas del proceso de compostaje, oscilando entre 5 y 9 (Montes, 2018).

- Aireación

Es de vital importancia garantizar una adecuada circulación de aire y ventilación de los materiales durante el proceso de compostaje, ya que se busca promover la actividad de los microorganismos aeróbicos. Es importante señalar que, a pesar de ello, es inevitable que se produzcan reacciones anaeróbicas en ciertos momentos. Sin embargo, una gestión apropiada de las pilas de compostaje buscará reducir al mínimo estas reacciones. Además, es importante destacar que el propósito de la ventilación durante el proceso de compostaje es proporcionar oxígeno para el desglose microbiano, regular la temperatura y eliminar la humedad de la materia orgánica (AGRONOTIPS, 2019).

- Volumen

El volumen afecta a factores tan importantes como la temperatura y la aireación. En pilas muy pequeñas, la fluctuación de la temperatura es muy brusca, debido a una aireación excesiva. Si se tiene una pila muy grande, la distribución de la temperatura no es uniforme, existiendo un gradiente de temperatura entre el interior y exterior, debido a un déficit de aireación. Para obtener una buena relación superficie/volumen, la pila debe tener una base no menor de 2,0 m y una altura que sea la mitad de la base (Acuña, 2018).

- Temperatura

El control de la temperatura desempeña un papel crucial en el proceso de compostaje y en la calidad final del compost resultante. La presencia de calor es necesaria para la descomposición de la materia orgánica y para asegurar la eliminación de patógenos y la inactivación de semillas que puedan estar presentes en los materiales utilizados. Por lo tanto, es esencial mantener la temperatura en un rango de 45 a 50 grados Celsius. Además, es importante destacar que a medida que la temperatura del compost aumenta, el material se descompone más rápidamente, ya que el aumento de la temperatura impulsa la actividad microbiana, acelerando el proceso de descomposición (Hayna, 2020).

- Relación carbono – nitrógeno (C/N)

Esta relación establece la proporción de carbono en comparación con el nitrógeno presente en el material a utilizar. Se considera que los valores ideales para las materias primas se sitúan en el rango de 20 a 30 (Román, 2018).

- Microorganismos

La descomposición de la materia orgánica presente en los materiales que se someten al proceso de compostaje es llevada a cabo por los microorganismos presentes en la pila de compostaje. Estos microorganismos experimentan cambios a lo largo de las diferentes etapas del proceso. La transformación de esta materia se produce mediante reacciones de óxido-reducción catalizadas por las enzimas de los microorganismos. Esta descomposición de los compuestos se denomina mineralización y, en términos generales, implica la conversión de estas macromoléculas en compuestos inorgánicos como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el amoníaco (NH<sub>3</sub>), el ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) y agua (H<sub>2</sub>O). Cabe destacar que el carbono actúa como fuente de energía

para los microorganismos, y en este proceso, se requiere una proporción mayor de carbono en relación con el nitrógeno (Vargas, 2019).

La degradación de la lignina constituye otro paso esencial en el proceso de compostaje, ya que tanto la celulosa como la hemicelulosa se encuentran dentro de la lignina. La lignina es un polímero que actúa como una red de ensamblaje, y aunque no se comprende completamente su descomposición, se sabe que el hongo *Phanerochaete chrysosporium* produce agentes oxidantes que descomponen la lignina en diversas subunidades, liberando fenoles, ácidos y alcoholes aromáticos. Estos compuestos se someten posteriormente a mineralización (Roman, 2018).

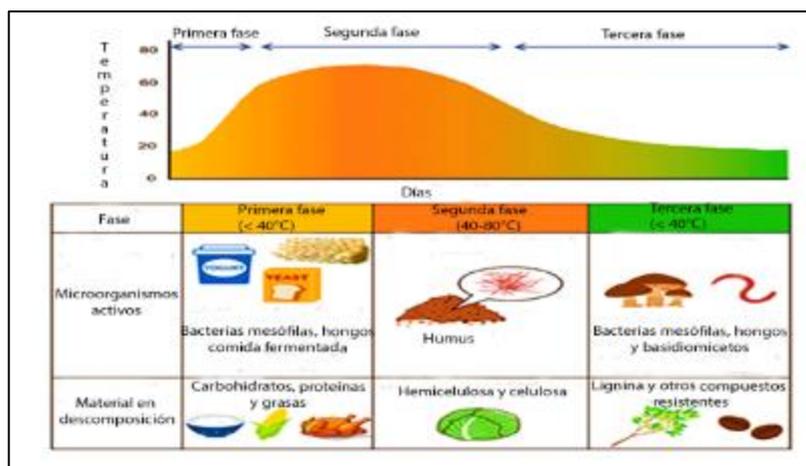
#### **2.2.4 Técnica de compostaje Takakura**

El procedimiento de compostaje Takakura emplea microorganismos aeróbicos que fermentan en soluciones saladas y azucaradas para descomponer los residuos orgánicos de animales y plantas. Esto resulta en la obtención de un compost enriquecido con nutrientes que mejora la calidad del suelo y estimula un crecimiento óptimo de las plantas. Este enfoque implica la participación de numerosas bacterias y hongos, los cuales; al mantener ciertos parámetros como la temperatura y el nivel de oxígeno, contribuyen a eliminar posibles patógenos que podrían interferir en el proceso (Hurtado, 2022).

Este enfoque no se utiliza ampliamente en compostajes a escala industrial, siendo más comúnmente empleado en compostajes de jardines domésticos que manejan residuos domiciliarios. Sin embargo, ha demostrado ser altamente efectivo en estos entornos, ya que los microorganismos fermentativos involucrados descomponen la materia orgánica en un período breve; tan solo 48 horas si se cumplen ciertos parámetros durante el proceso de compostaje, como mantener una temperatura de 70°C a 80°C, lo que acelera significativamente la fermentación (Maza, 2022).

En términos simples, la técnica de compostaje Takakura se destaca por su implementación fácil, rápida, sencilla y económica, generando beneficios notables al eliminar agentes patógenos y malos olores, y produciendo un fertilizante de alta calidad. Este enfoque aprovecha dos procesos clave, la putrefacción y la fermentación, siendo crucial neutralizar la putrefacción al superar en número a las bacterias de fermentación. Según Akhmad et al. (2019), los microorganismos involucrados se encuentran en alimentos fermentados y en entornos naturales como bosques. Estos microorganismos descomponen específicamente alimentos ricos en carbohidratos, proteínas y grasas, ofreciendo una solución integral para la descomposición de residuos orgánicos.

Los microorganismos utilizados en el método Takakura provienen de alimentos fermentados como el vino, queso, levadura y yogurt, entre otros. Además, se obtienen principalmente de la hojarasca, hongos y moho presentes en los bosques. Cada tipo de microorganismo posee la capacidad de descomponer diferentes tipos de materia orgánica; los microorganismos presentes en los alimentos fermentados pueden metabolizar carbohidratos, proteínas y grasas, mientras que aquellos obtenidos del entorno boscoso tienen la capacidad de descomponer materiales más complejos como fibras y ligninas, que son más difíciles de degradar (Cobos, 2023).



**Ilustración 2-7:** Activación de microorganismos al respecto de las etapas de compostaje por el método Takakura.

Fuente: (Cobos, 2023 p. 26)

### 2.3 Marco legal para manejo de residuos

**Tabla 2-6:** Marco legal para manejo de residuos

MARCO LEGAL	REGISTRO OFICIAL	ARTÍCULO
<b>Constitución de la República del Ecuador</b>	(R.O. No. 449, 2008/10/20)	1; 3; 14; 15; 72; 73; 264 numeral 4; 413; 414; 415
<b>Plan Nacional del Buen Vivir 2013 – 2017</b>	(R. No. CNP-002-2013, 2013/06/24)	Numeral 6. Objetivos nacionales para el buen vivir; Objetivos: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11
<b>Ley Orgánica de Salud</b>	(Ley 67, Suplemento R.O. 423, 2006/12/22)	1 ; 3; 6; 11; 95; 96; 97; 98; 100; 104; 117; 118
<b>Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental</b>	(R.O. Suplemento 418, 2004/09/10)	1; 6; 10; 11; 13; 14; 15 y 92

<b>Ley de Gestión Ambiental</b>	(R.O. Suplemento 418, 2004/09/10)	1; 2; 5; 7; 8; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 23; 28; 29; 30; 31; 38; 39; 40; 41; 42; 43; 44; 45
<b>Ley del Régimen Municipal</b>		3; 5; 12
<b>COOTAD (Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización)</b>	(R.O. 2010/10/15)	7; 54 Literal: k; 55; 57 literal: a; 87 literal: a; 84 literal: k; 116; 136; 137; 263
<b>Código Orgánico Ambiental</b>	(R.O. Suplemento 983 de 12-abr.-2007)	228; 229; 230; 231; 234
<b>Acuerdo Ministerial No. 052 reforma al Acuerdo No. 031 de 17 de mayo de 2013. Acuerdo Ministerial No. 031</b>	(R.O.705 del 17 mayo del 2012)	5; 6;7
<b>Acuerdo Ministerial No. 061</b>	(R.O. Edición especial No.316,2015/05/04.)	2; 47; 48; 49 literal a, b, e, f, i y j; 51; 52; 54 literal a, b ,c, d; 55; 56; 57 literal a, b, c, d, e, f, h, i, j, k, l; 58; 59; 60 literal b, d, e, f, g, h; 61; 62
<b>Acuerdo Ministerial 142</b>	(R.O. 856, 2012/12/21)	1; 2 y 3
<b>Acuerdo Ministerial 026</b>	(R.O. Suplemento 334, 2008/05/12)	1; 2; 3; 4; 92
<b>Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo (RSST), Decreto 2393</b>		46; 48; 175
<b>Ordenanza Municipal para la gestión y el manejo de Desechos Sólidos en el Cantón Cevallos - 2007</b>	(R.O del 4 de julio del año 2000)	3; 4; 5; 6
<b>Código de la Salud ley No. 67</b>		1; 2;3;11;15
<b>Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental Ley 67</b>	(R.O. Suplemento 423 de 22 de diciembre de 2006)	12 literal: a, b, c; 41
<b>Norma INEN 2841: 2014, Gestión Ambiental. Estandarización de colores para Recipientes de Depósito y Almacenamiento Temporal de Residuos Sólidos. Requisitos</b>		Esta norma establece los colores para los recipientes de depósito y almacenamiento temporal de residuos sólidos con el fin de fomentar la separación en la fuente de generación y la recolección selectiva.

Fuente: (Galeas, 2018 p. 12)

Realizado por: Gil S., Oñate W., 2023

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

El presente trabajo se realizó en:

1. El en caserío Andignato del cantón Cevallos, provincia de Tungurahua

Los análisis de laboratorio se realizaron en:

2. Los laboratorios de la Facultad de Ciencia de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y Agrar PROJEKT.

#### 3.1 Diseño práctico

##### 3.1.1 *Modelo de estudio*

Para el estudio se elaboró una pila de compostaje comunitaria a base de cocteles microbianos a través del método Takakura, material seco, estiércol bovino y de los residuos sólidos orgánicos comunitarios, con el objetivo de involucrar a los moradores que pueden darles otra disposición final a sus residuos orgánicos con la elaboración de compost y finalmente verificar la calidad del compost realizado a través del método mencionado.

##### 3.1.2 *Unidad de análisis*

Es la segmentación de los residuos orgánicos domiciliarios del caserío Andignato para la elaboración de compost a través del método Takakura, estuvo conformada de 1780 kg para el proceso.

##### 3.1.3 *Población de estudio*

Los residuos sólidos orgánicos domiciliarios generados en el caserío Andignato del cantón Cevallos, material seco (cascarilla de arroz y viruta) y estiércol bovino.

### **3.1.4 *Tamaño de la muestra***

Se armó una pila de compostaje con una relación de C/N de 30, con el objetivo de validar el método Takakura, a través de la utilización de los residuos orgánicos, material seco (cascarilla de arroz y viruta) y el estiércol bovino.

### **3.1.5 *Selección de la muestra***

En el procedimiento se utilizó 1000 kg de residuos sólidos orgánicos domiciliarios generados en el caserío Andignato que se obtuvo a través de la recolección, se utilizó el método del cuarteo para obtener una muestra de 200 kg de residuos orgánicos para los análisis en los laboratorios de la Facultad de Ciencias y finalmente se tomó 500 g para los análisis físicos y químicos del compost para conocer la calidad, los análisis fueron realizados en los laboratorios de Agrar PROJEKT.

## **3.2 *Lugar de estudio***

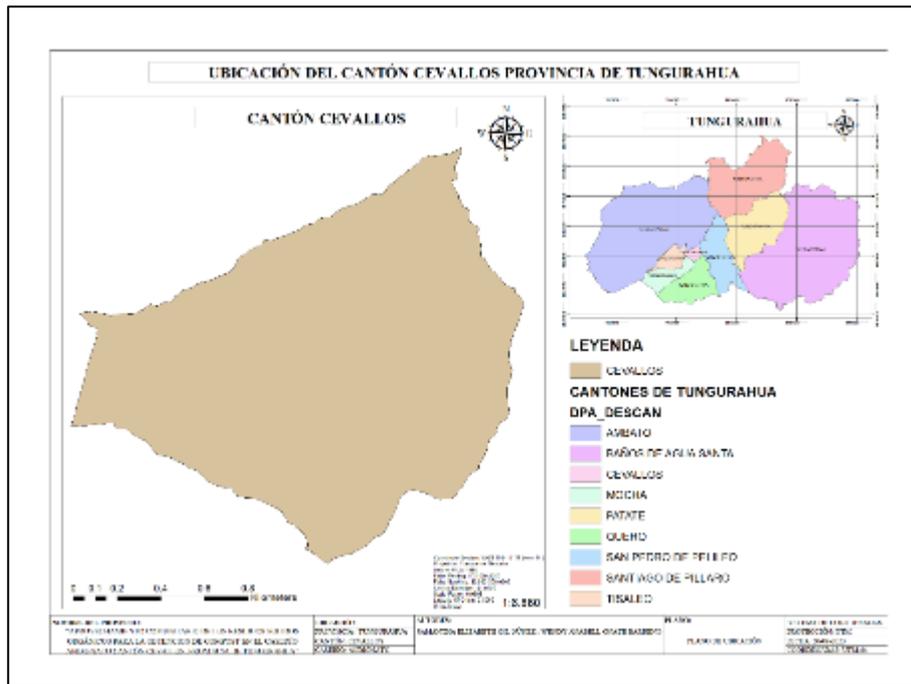
### **3.2.1 *Información general del cantón Cevallos***

En base al Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDYOT) de la provincia de Tungurahua y del cantón de Cevallos.

#### **3.2.1.1 *Ubicación del cantón Cevallos***

En la provincia de Tungurahua está en el sur de la provincia de Tungurahua a unos 14 km al sur – oriente de la ciudad de Ambato. Se localiza a una latitud: - 1.35354 y una longitud: -78.6167, 1° 21' 0" Sur, 78° 37' 0" Oeste posee una superficie de 18,78 km<sup>2</sup> y a una altura de 1.908 msnm en la región sierra del país. Cevallos cuenta con una población de 8163 hab<sup>2</sup>, el 2693 habitantes se encuentran en la zona urbana y 5470 habitantes en la zona rural (PDYOT, 2011).

- **Clima:** Templado con promedio de 13 °C – 16 °C
- **Lluvia:** La precipitación anual es 200 mm a 500 mm
- **El suelo:** Arenoso
- **Hidrología:** Forma parte de la microcuenca Pachanlica



**Ilustración 3-1:** Mapa de ubicación del cantón Cevallos de la provincia de Tungurahua

Realizado por: Gil S., Oñate W., 2023

### 3.2.1.2 Límites

**Tabla 3-1:** Límites del cantón Cevallos

<b>Norte</b>	Cantón Ambato
<b>Sur</b>	Cantón Mocha y Quero
<b>Este</b>	Cantón Pelileo
<b>Oeste</b>	Cantón Tisaleo y Mocha

Fuente: PDYOT Cevallos

Realizado por: Gil S., Oñate W., 2023

## 3.2.2 Unidad de estudio

### 3.2.2.1 Ubicación del caserío Andignato

El trabajo investigativo se realizó en el caserío Andignato, se encuentra limitado al norte con Pelileo, al sur y al este se encuentra el río Pachanlica, al oeste la cabecera cantonal y la vía a



### 3.4 Parte experimental

Se encuentra dividido en tres etapas:

En la primera etapa se realizó un levantamiento de información de la situación actual del manejo adecuado de los residuos sólidos, descubriendo las deficiencias existentes en el Caserío Andignato del cantón Cevallos, mediante la aplicación de encuestas, charlas previas a los moradores para que conozcan sobre el proyecto, sus objetivos, metas para que estén dispuestos a colaborar y finalmente la observación directa.

En la segunda etapa concierne a la metodología aplicada para la obtención de la composición física y generación per cápita de los residuos sólidos domiciliarios; realizando una recolección en 7 días consecutivos.

Y en la tercera etapa se procedió a realizar el proceso de compostaje de los residuos sólidos orgánicos obtenido por parte de los moradores del Caserío Andignato para la obtención del compost a través del “Método Takakura” y verificar su calidad del compost a través de los análisis de sus propiedades fisicoquímicas.

#### 3.4.1 Levantamiento de la información

##### 3.4.1.1 Encuestas

La técnica de encuesta es ampliamente utilizada para obtener información y como procedimiento de investigación, ya que permite conseguir y elaborar datos de manera rápida y eficaz (Casas et al, 2003, p1).

Las encuestas fueron aplicadas a los moradores del Caserío Andignato que es la zona de estudio para obtener la información que está relacionada al manejo de los residuos sólidos y conocer sus deficiencias.

Una vez conocido el número de moradores del Caserío Andignato del cantón Cevallos, se utilizó la siguiente ecuación para determinar el número de encuestas que se va a aplicar.

**Ecuación 1:** Cálculo de número de encuestas.

$$n = \frac{Z^2 * p * q * N}{E^2 (N - 1) + Z^2 * p * q}$$

**Donde:**

- ✓ n= número de muestra.
- ✓ Z= 1.96 en función al nivel de confianza al 95 %.
- ✓ q= probabilidad de erros al 0,30
- ✓ p= probabilidad de excito al 0,70
- ✓ E= margen de error al 5 %
- ✓ N= población

Entonces:

$$n = \frac{1,96^2 * 0,70 * 0,30 * 848}{0,05^2 (848 - 1) + 1,96^2 * 0,70 * 0,30}$$

$n = 234$  encuestas

A partir de la fórmula utilizada se obtienen la aplicación de 234 encuestas a los moradores de nuestra área de estudio, que fueron aplicadas a personas con mayoría de edad.

*3.4.1.2 Capacitaciones*

El objetivo de las capacitaciones fue aportar información sobre el proyecto a los moradores y se dividió en las dos siguientes etapas:

Primera etapa: Explicación del proyecto:

Con la finalidad de dar a conocer los beneficios del manejo de residuos orgánicos se realizó capacitaciones con la duración de 1:30 h donde se abordaron temas relacionados a la conservación del ambiente, ecosistemas contaminados, actividades que afectan al ambiente y sus ecosistemas, se explicaron conceptos básicos como residuos orgánicos, compost, compostaje, abonos, además se explicó a cerca de la aplicación del método Takakura, sus beneficios y el manejo en el proceso del compostaje, consecuentemente los parámetros básicos que se deben de tomar en cuenta.



**Ilustración 3-3:** Explicación del proyecto a los moradores del caserío Andignato

Realizado por: Gil S., Oñate W., 2023

Segunda etapa - Retroalimentación:

Se incentivó a la participación de los moradores a través de la entrega de tachos de plástico de 40 litros, se mantuvo un intercambio de información, también se realizaron preguntas respecto al tema expuesto y resolver dudas.



**Ilustración 3-4:** Retroalimentación y establecimiento de horarios para la recolección de los RSO

Realizado por: Gil S., Oñate W., 2023

### 3.4.1.3 Observación directa

Se realizó visitas técnicas al barrio las Playas en el cantón Cevallos, donde se encuentra el botadero de basura a cielo abierto que se utiliza actualmente para la disposición final de los residuos sólidos de todo el cantón, donde se logró evidenciar a través de un registro fotográfico sus deficiencias.



**Ilustración 3-5:** Disposición final de los residuos sólidos del cantón Cevallos

Realizado por: Gil S., Oñate W., 2023



**Ilustración 3-6:** Botadero de basura a cielo abierto del cantón Cevallos

Realizado por: Gil S., Oñate W., 2023

### 3.4.2 Caracterización de los residuos sólidos domiciliarios

Con el propósito de conocer la cantidad y los tipos de desechos que se generan en el Caserío Andignato se realizó la caracterización de los residuos, previo a la caracterización fue necesario conocer el número de viviendas que se va a muestrear, se les explicó la frecuencia y el horario de recolección de los residuos orgánicos, posteriormente se identificara parámetros tales como: pesos, generación per – cápita, densidad y finalmente composición física de los residuos orgánicos.

La recolección de los residuos orgánicos se desarrolló durante 7 días consecutivos en dos etapas tomando en cuenta los siguientes aspectos:

- No se toma en cuenta los residuos recolectados en el primer día ya que pueden obtener residuos de días anteriores.
- Se estableció una hora de recolección que fue a las 9:00 am.
- Al instante de la recolección de los residuos se pesará y serán recolectado en bolsas de basura previamente separadas en la fuente, y en otra bolsa los demás residuos para una separación.

#### 3.4.2.1 Determinar el número de viviendas

**Ecuación 2.** Cálculo del número de viviendas

$$n = \frac{V^2}{\left(\frac{E}{Z}\right)^2 + \left(\frac{V}{N}\right)^2}$$

**Donde:**

- n= Número de viviendas que participaran en el estudio de caracterización.
- V: Desviación estándar X (Producción per cápita de una vivienda: 200 gr \* hab.\* día).
- E: Error permisible (10 % de la PPC (Producción Per Cápita) nacional actualizada es de 50 gr \* hab.\* día)
- Z: Nivel de confianza (generalmente se trabaja con un nivel de confianza 95% con un valor de 1,96)
- N: Número total de viviendas: 212 viviendas

Importante: Los valores E y V son recomendados por CEPIS

Entonces:

$$n = \frac{(200 \text{ gr} * \text{hab.} * \text{día})^2}{\left(\frac{50 \text{ gr} * \text{hab.} * \text{día}}{1,96}\right)^2 + \frac{(200 \text{ gr} * \text{hab.} * \text{día})^2}{212 \text{ viviendas}}}$$

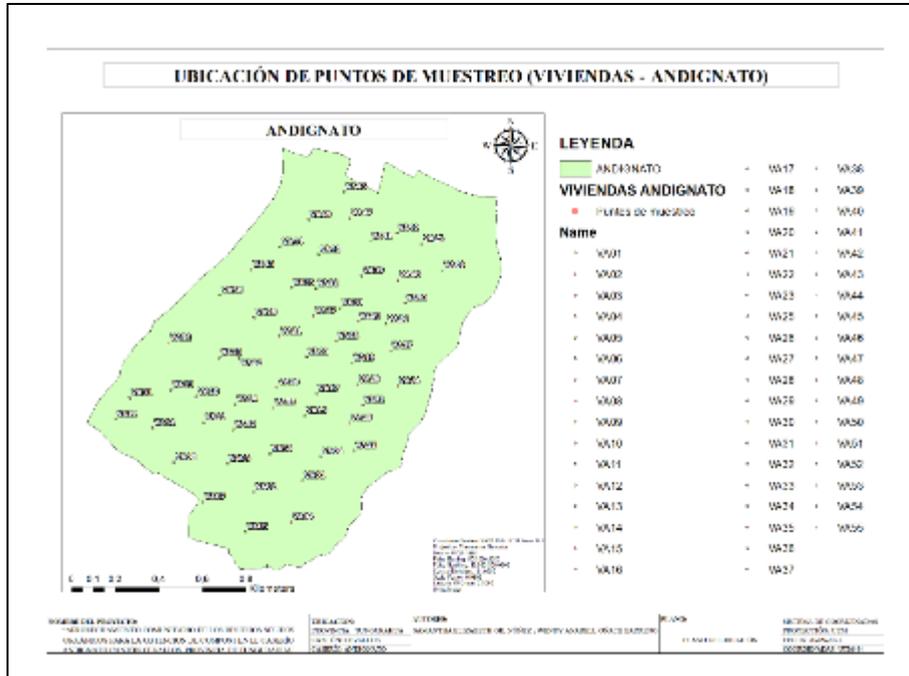
$$n = 47,65026$$

$$n+ = 5 \% = 54,79779 \approx 55 \text{ Viviendas}$$

En el caserío Andignato cuenta con 212 viviendas, en donde el total de muestra de estudio se obtuvo de 55 viviendas a través de la ecuación aplicada.

### 3.4.2.2 Recolección de muestras en la zona de estudio

Al conseguir el número de viviendas se procedió a la selección de muestras mediante el método aleatorio simple y con esta técnica se ubicaron los puntos de recolección según la colaboración de los moradores con nuestro proyecto y finalmente obtener una muestra representativa.



**Ilustración 3-7:** Mapa de ubicación de los puntos de muestreo de las viviendas en el caserío Andignato

Realizado por: Gil S., Oñate W., 2023

Una vez seleccionados los puntos de muestreo, luego de las capacitaciones, se visitó previamente a las viviendas, se les realizó una encuesta y se les recalco los objetivos del proyecto, la importancia de la clasificación de los residuos orgánicos, la forma de recolección, el tiempo y que beneficios se obtendrán, para incentivar a la participación activa de los moradores del Caserío Andignato.

Con la aprobación de los moradores de las viviendas seleccionadas, se les entregó tachos plásticos de 40 litros para recolectar los residuos orgánicos generados en su domicilio, y los inorgánicos en fundas negras, para prevenir la dispersión de líquidos lixiviados.

Después, comenzó la recolección de muestras durante 7 días consecutivos en dos ciclos en cada una de las 55 viviendas, desde el 22 de mayo del 2023 al 04 de junio del 2023, excluyendo el primer día de muestro porque la recolección es limpia de falsos muestreos.

La recolección se realizó a las 9 de la mañana de los días establecidos, cada muestra recolectada por vivienda se etiquetaba colocando numeración, código, fecha y peso.



**Ilustración 3-8:** Entrega de los residuos sólidos por parte de los moradores

**Realizado por:** Gil S., Oñate W., 2023

Después de recolectar las muestras, fueron transportadas al centro de acopio designado en Andignato ubicado en el cantón Cevallos, donde se procedió a pesar y caracterizar los residuos

de las muestras recogidas en cada vivienda usando una balanza, tacho de plástico, en otras herramientas.



**Ilustración 3-9:** Caracterización de los residuos sólidos

Realizado por: Gil S., Oñate W., 2023

#### 3.4.2.3 *Producción per cápita de los residuos sólidos domiciliarios del Caserío Andignato*

Realizado el muestreo se procedió a pesar diariamente las fundas recolectas antes de la caracterización con una balanza manual, para no alterar el resultado. Los resultados del pesaje fueron colocados en la ficha de registro de la generación de los residuos sólidos domiciliarios de Andignato.



**Ilustración 3-10:** Pesaje de los residuos sólidos

Realizado por: Gil S., Oñate W., 2023

Posteriormente de conocer los pesos y el total de habitantes por vivienda participante, en el tiempo establecido de 7 días, de determino la Generación Per Cápita (GPC) utilizando la siguiente ecuación:

**Ecuación:** *Obtención de la Generación Per Capital*

$$GPC_{Total} = \frac{GPC_{n1} + GPC_{n2} + GPC_{n3} \dots \dots}{N}$$

**Donde:**

- ✓ GPC: Generación per cápita
- ✓  $GPC_{n1}$ : Peso de la muestra \* día
- ✓ N: Número de habitantes

De esta forma se determinó la cantidad de residuos sólidos (kg) que genera un habitante por día en el Caserío Andignato.

La caracterización de la composición física de los residuos recolectados se llevó a cabo ubicando los residuos sobre un plástico y de forma manual, se realizó la clasificación de acuerdo con la Tabla 3-2.

**Tabla 3-2:** Clasificación de los residuos solidos

<b>Componentes</b>	<b>Descripción</b>
Residuos orgánicos	Restos de comida, cascaras de frutas, vegetales.
Papel	Hojas de papel bond, hojas de cuaderno, papel periódico, folletos, revistas, volantes, propagandas, sobres de manila, bolsas de papel, fotografías.
Cartón	Cajas de cartón, pastas de cuaderno, cartulina,

	cartón nido, cartón gris, cubeta de huevos, cubeta de bebidas
Tetra Pack	Envases de leche, jugos, salsas.
Plástico	Botellas de gaseosas, aceites, bolsas, botellas de cualquier bebida, envases plásticos rígidos.
Vidrio	Botellas de bebidas alcohólicas, jugos, conservas, perfumes, vidrios de color, marrón, verde y transparentes.
Metal	Latas de sardina, atún, envases, cervezas de lata, adornos, envases de bebidas, entre otros.
Peligroso	Pilas, medicamentos, focos, envases de tintas, electrónicos.
<b>Otros</b>	Papeles desechables, papel higiénico

Realizado por: Gil S., Oñate W., 2023

Posteriormente, se pesó las fundas plásticas de los residuos previamente separados según su composición física, con ayuda de una balanza romana, una vez obtenidos los datos se registraron y se procedió al cálculo del porcentaje que corresponde a cada categoría a través de los datos obtenido de los residuos recolectados ( $W_t$ ) y el peso por categoría ( $P_i$ ):

**Ecuación 4:** Determinación de la composición porcentual (%) de los residuos solidos

$$\text{Porcentaje (\%)} = \frac{P_i}{W_t} * 100$$

**Donde:**

- ✓  $P_i$ : Peso de cada residuo según su categoría.
- ✓  $W_t$ : Peso total del residuo recolectado en el día según su categoría.



**Ilustración 3-11:** Separación y pesaje de los residuos según su componente

**Realizado por:** Gil S., Oñate W., 2023

#### 3.4.2.4 *La recolección de residuos orgánicos*

Los moradores participantes del proyecto ayudaron con la separación en la fuente de los residuos orgánicos, se les otorgó un balde de plástico de 40 litros de capacidad y color verde, para realizar la separación de los residuos, para posteriormente ser utilizados en la compostera, asimismo, recibieron previamente capacitaciones sobre qué residuos podían colocar en el recipiente verde junto y conjuntamente se les entregó un tríptico instructivo (Ilustración 3-12) Diario por la mañana se recogían residuos en cada vivienda.



**Ilustración 3-12:** Folleto tipo tríptico sobre la clasificación de los residuos- parte exterior

Realizado por: Gil S., Oñate W., 2023



**Ilustración 3-13:** Folleto tipo tríptico sobre la clasificación de los residuos- parte interior

Realizado por: Gil S., Oñate W., 2023

### 3.4.2.5 *Proyección de la población y producción per cápita del caserío Andignato*

Es elemental estimar la población futura que tendrá el caserío Andignato en los próximos veinte años siguientes, partiendo del 2023, para estimar la cantidad de residuos sólidos domiciliarios que se va a disponer diariamente y de forma anual, para ello se utilizó la ecuación siguiente para el crecimiento demográfico:

**Ecuación:** *Determinación de la población futura*

$$P_{futura} = P_0 * (1 + r)^n$$

**Donde:**

$P_f$ : Población futura.

$P_0$ : Población actual.

$r$ : Tasa de crecimiento.

$n$ : ( $t_{final} - t_{inicial}$ ): intervalo en años

$t$ : Variable tiempo (años)

### 3.4.3 *Elaboración de compost aprovechando los residuos sólidos orgánicos de origen domiciliario a través del método Takakura y verificar su calidad del compost obtenido*

#### 3.4.3.1 *Análisis de las muestras de residuos orgánicos*

- **Muestra y toma de muestra**

Se tomó una muestra representativa de 500 g de residuos orgánicos obtenidos durante la recolección en el caserío Andignato, a través del método de cuarteo, para poder analizar una muestra homogenizada:

-Realizar previamente un secado al aire libre

-Luego se realiza un secado en la estufa a 60 °C, hasta que la humedad sea estable

- Una vez seca la muestra, se procede a triturar en el molino eléctrico, para obtener una óptima molienda

-Volver a secar la muestra durante 24 horas a 105 °C hasta obtener un peso constante, posteriormente colocar la muestra ya homogenizada en 3 recipientes de frascos para muestras de orina en cantidades de 100 g cada una, luego etiquetar.

-Se obtendrán 3 muestras de cada residuo para su respectivo análisis en el laboratorio por triplicado.

- **Porcentaje de humedad**

- Pesar 10 g de muestra en vidrio de reloj

- Con la cápsula de porcelana previamente tarada, repartir uniformemente

- Colocar en la estufa a 105 °C por un lapso de 2 h, hasta peso constante.

- Enfriar en desecador hasta temperatura ambiente y pesar.

- La determinación debe realizarse por triplicado.

$$ss (\%) = \left( \frac{m2 - m}{m1 - m} \right) * 100$$

$$\% Humedad = 100 - \%ss$$

- **Cenizas**

- Ubicar la cápsula el resultante de la muestra seca obtenida de la determinación del porcentaje de la humedad en un mechero y en la sorbona, para calcinar hasta ausencia de humos

- Tarar un crisol y colocar 2 g de muestra a peso constante, y realizar la calcinación en un reverbero y en la Sorbona hasta que no salga humo

- Colocar la cápsula a la mufla e incinerar a 500 °C-5500 °C, hasta obtener cenizas libres de residuo carbonoso de 2 a 3 horas y peso constante

- Sacar la cápsula y colocar en desecador, hasta enfriar y pesar

-La determinación debe hacerse por triplicado.

$$\% H = \frac{\text{peso húmedo} - \text{peso seco}}{\text{peso húmedo}} * 100$$

- **Materia orgánica**

-Tarar el crisol a 105 °C durante 2 horas

-Pasar al desecador por 30 minutos

- Etiquetar el crisol en la base, pesar el crisol vacío y anotar el peso

- Añadir 3 g de la muestra
- Ingresar en la mufla por 24 horas a 430 °C durante 2 horas
- Colocar en el desecador por 30 minutos
- Pesarse el crisol con la muestra calcinada para anotar los resultados.

$$MO (\%) = \left\{ \frac{(m1 - m)}{(m2 - m)} \right\} * 100$$

- **Ph**

- Pesarse una muestra de 4 g en un tubo falcon
- Adicionar 40 ml de agua destilada en una proporción 1:10
- Colocar en el agitador por 2 horas, posteriormente, retirar del agitador para dejar sedimentar y medir directamente sobre el líquido con el pHmetro.

- **Conductividad eléctrica**

- Pesarse una muestra de 4g en un tubo falcon
- Adicionar 40 ml de agua destilada en una proporción 1:10
- Colocar en el agitador por 2 horas, retirar del sedimentador y centrifugar por 4 min a 1000 rpm
- Pasar por el papel filtro en un vaso de precipitación para medir la conductividad

- **Nitrógeno**

- Utilizar la pipeta para transferir la solución transparente obtenida en la extracción al tubo hasta el tope del mismo
- Colocar una pastilla de nitrate wide range testab y tapar el tubo, colocarlo en la bolsa protector
- Mezclar durante 2 minutos, hasta q la pastilla se disuelva
- Dejar reposar durante 5 minutos.
- Leer en el espectrofotómetro para obtener los resultados

$$\% Nt = \frac{ml HCl * 0,02 N * 0,014 * 100}{g muestra} * 5$$

- **Carbono**

- Se pesó 10 g de la muestra previamente tamizada
- Se colocó en el equipo de acuerdo a la numeración correspondiente
- Se colocó en el equipo lector de carbono
- El equipo arroja directamente los porcentajes de carbono

$$\% C = \frac{\text{Materia orgánica}}{1,84}$$

### 3.4.3.2 Método Takakura

La elaboración del compost a través del método Takakura se divide en 3 pasos:

1. Elaboración de las fermentaciones
2. Preparación del lecho de fermentación
3. Implantación de la compostera

### 3.4.3.3 Elaboración de las fermentaciones

Primero se elaboraron las soluciones dulce y salada en la Tabla 3-3 y Tabla 3-4 donde se muestran las proporciones para la elaboración de los aceleradores según el método Takakura, la preparación se elaboró en un balde de 200 litros de capacidad, en un espacio con sombra, la generación de gases se controló dejando la tapa ligeramente sellada, además ambas soluciones se dejaron reposar durante 5 días para que los microorganismos presentes en la levadura, yogurt y piel de frutas y verduras se proliferen. Tras los 5 días, las soluciones enriquecidas de microorganismos se mezclarán con un lecho seco (cascarillas de arroz y aserrín), la fermentación de las termina con éxito al comprobar que las soluciones tenían olor agrídulce.

- **Solución dulce**

La solución dulce va a permitir que los microorganismos fermentados (Yogurt, queso, levadura) proliferen al ser mezclados con agua azucarada. Mientras más grande sea la cantidad de ingredientes, más rápido se terminará el proceso de fermentación.

**Tabla 3-3:** Ingrediente para la elaboración de la solución dulce

<b>Ingredientes</b>	<b>Peso</b>	<b>Unidad de medida</b>
Agua	15	Litros
Azúcar	1	Kilogramos
Queso	2.5	Libras
Levadura	250	Gramos
Yogurt	4	Litros

**Fuente:** MAATE (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica)

**Realizado por:** Gil S., Oñate W., 2023

- Solución salada

Las verduras y frutas contienen bacterias protectoras que se encuentran en las cascarras, es por este motivo que se utiliza para la obtención de microorganismos fermentadores, utilizando cantidades suficientes para la preparación de la solución salada.

**Tabla 3-4:** Ingredientes para la elaboración de la solución salada

<b>Ingredientes</b>	<b>Peso</b>	<b>Unidad de medida</b>
Agua	15	Litros
Sal	1	Kilogramo
Naranja	5	Unidades
Uva	2	Libras
Papaya	3	Unidades
Manzana	5	Unidades
Lechuga	1	Unidad
Pepinillo	2	Unidades
Col	1	Unidad

**Fuente:** MAATE (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica)

**Realizado por:** Gil S., Oñate W., 2023

#### 3.4.3.4 Preparación del lecho de fermentación

Para la elaboración del lecho seco o fermentación se agregan ingredientes como: cascarras de arroz, aserrín y adicional estiércol bovino; materias primas que fueron colocadas en base a relación carbono/nitrógeno de 25-30.

**Tabla 3-5:** Preparación del lecho de la fermentación

DATOS					
RESIDUO	kg	% Humedad	% Carbono	% Nitrógeno	Relación C/N
<b>Estiércol Bovino</b>	280	71	30,6	1,7	30,77
<b>Viruta</b>	250	26	50,65	0,14	
<b>Cascarilla</b>	250	8	39,1	0,6	
<b>Rsu</b>	1000	80	38,2	3,12	
<b>Total</b>	1780				

Realizado por: Gil S., Oñate W., 2023

### 3.4.3.5 Implementación de la compostera

Inicialmente se construyó un techado tipo invernadero para proteger a la compostera de la lluvia y del viento, se construyó el montaje de la pila de 1,5 m de largo y 1,80 de alto aproximadamente que constaba finalmente de 1 tonelada y 780 kg, ya incluye los residuos sólidos orgánicos que fueron 1000 kg previo a la recolección que se realizó de 14 días consecutivos en el caserío Andignato, la colocación de los residuos en la pila de compostaje se realizó en horas de la tarde. Los residuos sólidos orgánicos fueron reducidos de tamaño mediante el picado para que el proceso de descomposición sea más rápido y eficaz. Es importante tener en cuenta el espacio del armado de la pila, ya que durante el proceso de compostaje se darán volteos que requieren espacio. Los volteos ayudan a controlar principalmente la temperatura para que se mantenga en un rango de 60 °C arriba las primeras semanas, homogenizar los componentes que se encuentran en la pila, oxigenar para el desarrollo de microorganismos y por último la humedad.

### 3.4.4 Monitoreo de parámetros en el proceso de compostaje

#### 3.4.4.1 Temperatura

La temperatura se controló con un multiparámetro AIK-TPH01803 en horas de la tarde, durante 11 semanas que duró el proceso. Para ello se introducía el sensor en la pila de compostaje hasta que los valores se mantengan estables, la toma de datos se realizó en 5 puntos.

#### 3.4.4.2 Humedad

Se controló mediante la prueba de puño la cual se basa en tomar una cantidad del sustrato con la mano y apretarla, si el sustrato se mantiene ligeramente compactada significa que su humedad es

óptima de 40 % a 60 %, en cambio sí gotea quiere decir que excedió el nivel de humedad superior al 80% y si la mezcla no logra compactarse el porcentaje de humedad es menor al 30 %.

#### 3.4.4.3 pH

El pH se monitorio con un multiparámetro AIK-TPH01803, que tomaba datos de temperatura en un mismo equipo, para ello se introducía el sensor en la pila de compostaje hasta que los valores se mantengan estables, la toma de datos se realizó en 5 puntos.

#### 3.4.4.4 Aireación

Se controló a través de volteos según si la temperatura bajaba más de los 45 °C en las primeras semanas, esto se realizó en horas de la tarde, se utilizó palas y rastrillo para mover la pila.

#### 3.4.4.5 Conductividad eléctrica

La conductividad se monitorio a través de un multiparámetro, mismo que se tomaba los datos de humedad, para ello se introducía en 5 puntos diferentes, obteniendo así datos estables.

### 3.4.5 Metodología para análisis de laboratorio de los parámetros físicos- químicos y biológicos del compost

Se recolecto un kilogramo de muestra del compost luego de haber finalizado las 11 semanas del proceso de compostaje, las cuales fueron enviadas al Laboratorio de Agrarprojekt S.A para realizar los análisis correspondientes.

#### 3.4.5.1 Análisis de laboratorio de los parámetros físicos- químicos

**Tabla 3-6:** Metodología para análisis de laboratorio de los parámetros físicos-químicos del compost

Parámetro	Método
MO	AOAC 967.05 / DIN 19684-3
Potencial de hidrógeno (pH)	EPA 9045 D
Humedad	AOAC 930.04
Densidad	Gravimétrico
Conductividad Eléctrica	SM 2510 B

Nitrógeno-Total Kjeldahl	AOAC 978.04
Macro y micro nutrientes (Ca, Mg, Zn, Cu, Mn y Fe)	AOAC 975.03
Boro (B)	AOAC 982.01
Sodio (Na)	SM 3500-Na B
Potasio (k)	SM 3500-K B / AOAC 975.03
Fósforo (P)	SM 4500-P C
Metales pesados (Cd, Co, Pb, Ni)	Absorción atómica
Carbono	AOAC 967.05

**Realizado por:** Gil S., Oñate W., 2023

### 3.4.5.2 Análisis de laboratorio de los parámetros biológicos del compost

- **Índice de germinación**

- Pesar 10 g de muestra y añadir 15 ml de agua
- Agitar y dejar en reposo durante 30 minutos
- Colocar 67,5 mL de agua y mover el frasco margarita
- Filtrar en el matraz buckner con el papel filtro de 0,45 micras
- Con la pipeta automática colocar un 1 mL de muestra y en las 10 cajas Petri que contiene 8 semillas de berro y un blanco que previamente tienen una base de papel filtro normal
- Tapas y rotular, posteriormente envolver con papel aluminio para evitar sequedad
- Colocar en la estufa de incubación previamente calentada a 27 °C por 30 minutos y dejar por 48 horas
- Luego sacar las cajas petri y añadir 1 ml de alcohol al 50% para poder inhibir el crecimiento de las semillas
- Colocar las cajas petri por 10 minutos en la refrigeradora y contar las semillas que han germinado
- Colocar las semillas en una hoja de papel y medir con el pie de rey la longitud de la raíz.

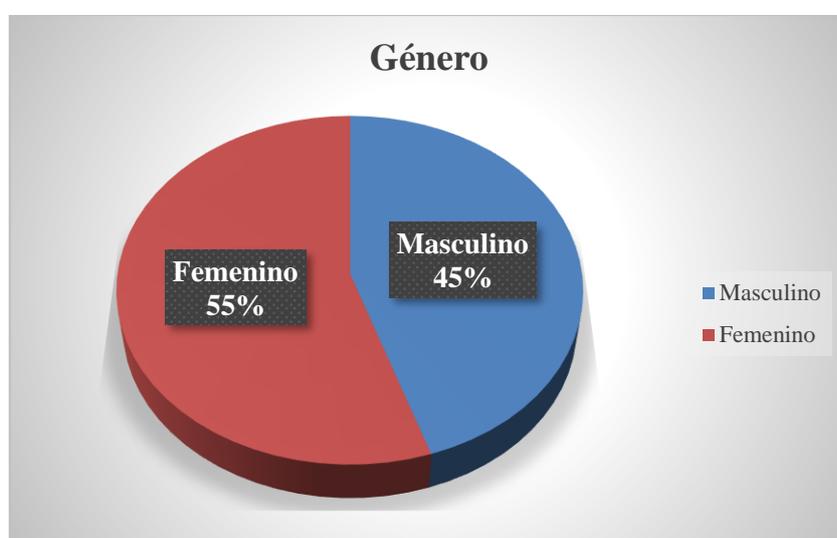
## CAPÍTULO IV

### 4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 Análisis de las encuestas realizadas en el caserío Andignato

- **Pregunta 1**

Masculino	105
Femenino	129



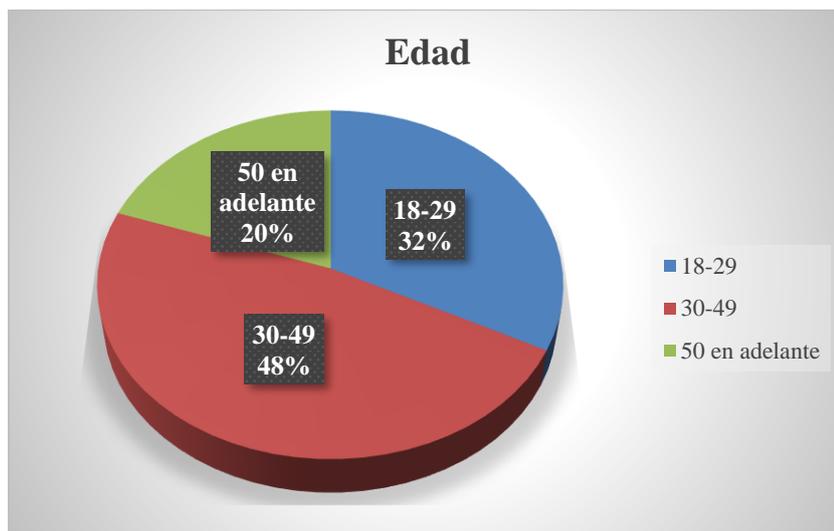
**Ilustración 4-1: Género**

Realizado por: Gil S., Oñate W., 2023

Los datos presentes en la Ilustración 4-1 muestran que el mayor porcentaje de personas encuestadas representan al 55 % del sexo femenino y en un 45 % del sexo masculino.

- **Pregunta 2**

18-29	76
30-49	112
50 en adelante	46



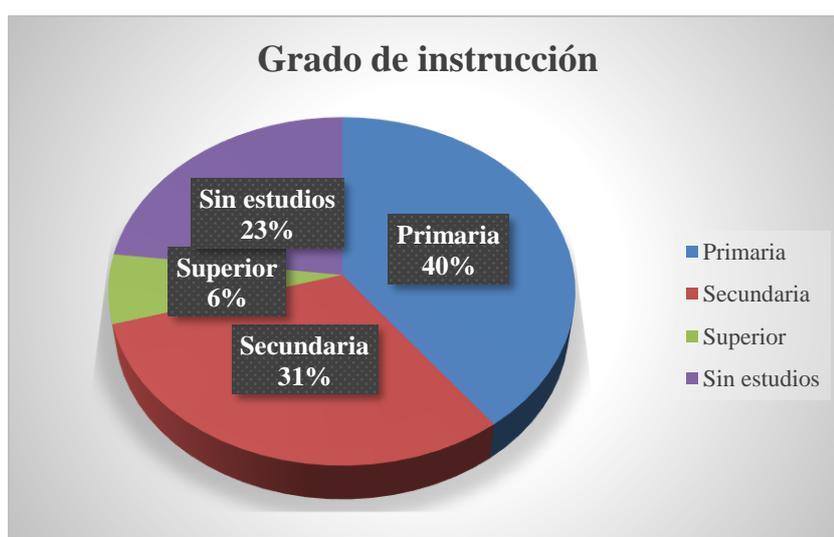
**Ilustración 4-2: Edad**

Realizado por: Gil S., Oñate W., 2023

La Ilustración 4-2, representa que dentro de las personas encuestadas el 48 % corresponde a una edad de 30-49 años, el 32 % corresponde a las edades de 18-29 años, mientras que el porcentaje de 20 % se encuentra la población que tienen edades de 50 años en adelante.

- Pregunta 3**

Primaria	93
Secundaria	72
Superior	15
Sin estudios	54



**Ilustración 4-3: Grado de instrucción**

Realizado por: Gil S., Oñate W., 2023

Con la información del Ilustración 4-3 se da a conocer que en un porcentaje del 40 % del total de las personas encuestadas cuenta con un grado de instrucción de primaria, mientras que el 31 % de las personas ha pasado por instrucción secundaria, el 23 % no cuenta con estudios y solamente el 6 % a cursado el grado superior.

- **Pregunta 4**

Si	213
No	21



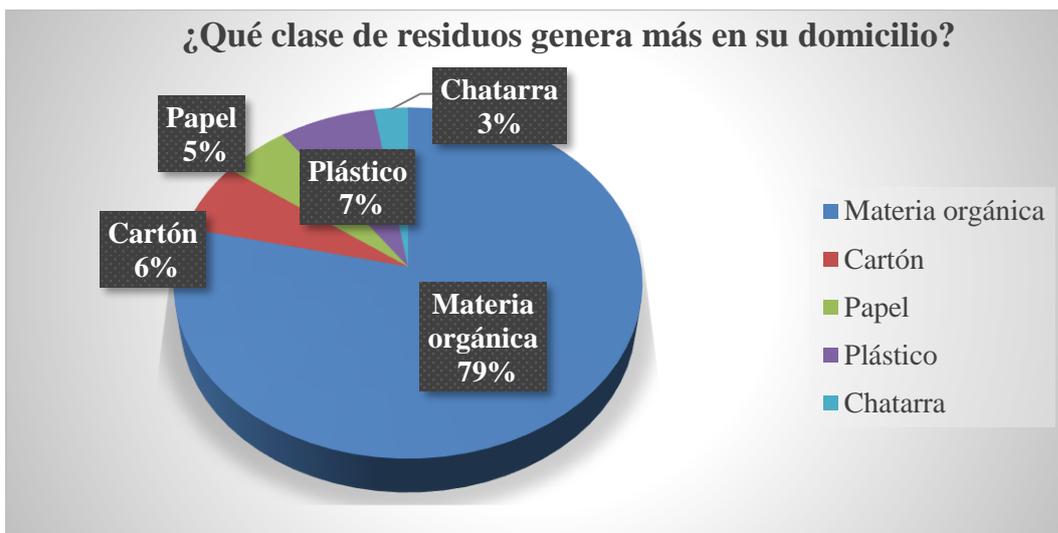
**Ilustración 4-4:** ¿Sabe usted que son los residuos domiciliarios?

Realizado por: Gil S., Oñate W., 2023

Con el Ilustración 4-4, podemos identificar que el 91 % de las personas tienen conocimiento acerca de lo que se tratan los residuos, y un porcentaje del 9 % no tiene conocimiento, lo que se propone que el porcentaje aumente y crezca los conocimientos de educación ambiental en los moradores.

- **Pregunta 5**

Materia orgánica	184
Cartón	15
Papel	12
Plástico	17
Chatarra	6



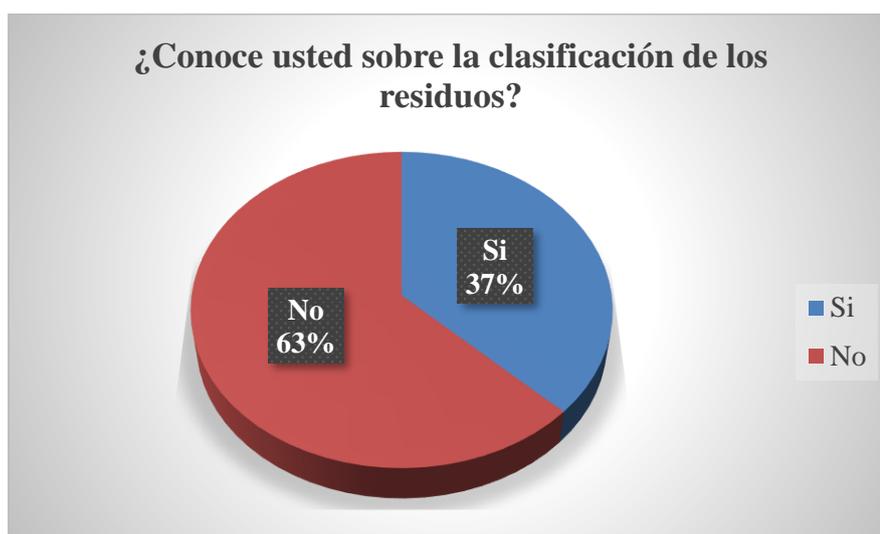
**Ilustración 4-5:** ¿Qué clase de residuos genera más en su domicilio?

Realizado por: Gil S., Oñate W., 2023

Como se muestra la Ilustración 4-5, el 79 % de los encuestados generan materia orgánica en gran cantidad, el 7 % genera plástico, y en un 6 % cartón, un 5 % papel y por último un 3 % de porcentaje se genera chatarra.

- Pregunta 6**

Si	87
No	147



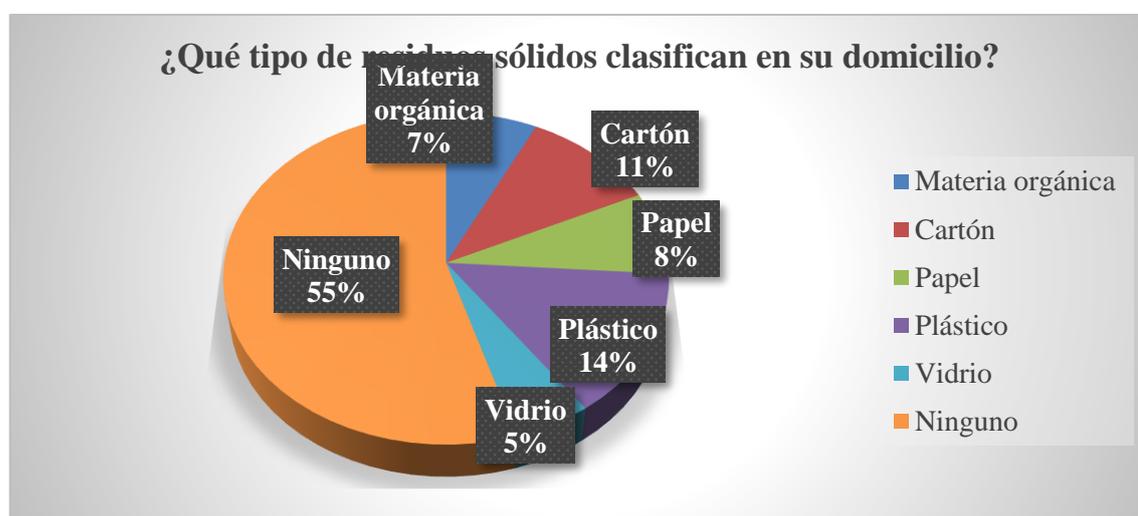
**Ilustración 4-6:** ¿Conoce usted sobre la clasificación de los residuos?

Realizado por: Gil S., Oñate W., 2023

La Ilustración 4-6 indica que el 63 % de la población encuestada no conoce a cerca de la clasificación de los residuos, mientras que el otro 37 % si tiene conocimiento acerca de la clasificación de residuos de su hogar, esto indica que a los moradores de Andignato necesitan charlas a cerca de educación ambiental.

- **Pregunta 7**

Materia orgánica	17
Cartón	25
Papel	19
Plástico	33
Vidrio	12
Ninguno	128



**Ilustración 4-7:** ¿Qué tipo de residuos sólidos clasifican en su domicilio?

Realizado por: Gil S., Oñate W., 2023

De acuerdo al Ilustración 4-7 se observa que el 55 % de los encuestados no reciclan ningún residuo, el 14 % de ellos reciclan plástico, en tanto el cartón se recicla en un 11%, mientras que el papel es reciclado en un 8%, la materia orgánica es reciclada en un 7 % y finalmente el vidrio es reciclado en un 5 %.

- **Pregunta 8**

Agricultura	9
Crianza de animales	18
Abono orgánico	0
Ninguno	207



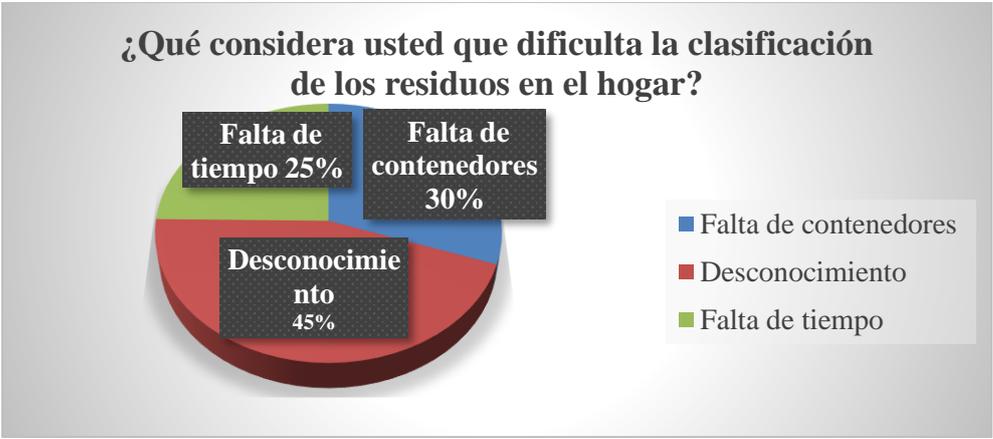
**Ilustración 4-8:** ¿En qué actividades utiliza los residuos orgánicos dentro de su hogar?

Realizado por: Gil S., Oñate W., 2023

Según la Ilustración 4-8, en un porcentaje del 88% los encuestados no utilizan sus residuos orgánicos en ninguna actividad, mientras que en un 8 % es utilizado en la crianza de animales para su alimentación y en un 4 % en la agricultura colocados directamente en el suelo, finalmente en un 0% los moradores utilizan los residuos orgánicos para la elaboración de compost (abonos orgánicos).

• **Pregunta 9**

Falta de contenedores	71
Desconocimiento	105
Falta de tiempo	58



**Ilustración 4-9:** ¿Qué considera usted que dificulta la clasificación de los residuos en el hogar?

Realizado por: Gil S., Oñate W., 2023

En base a la Ilustración 4-9, el 45 % de los encuestados afirman que la causa de no clasificar los residuos en su hogar es por desconocimiento, mientras que en un 30 % aseguran que la clasificación de residuos no la realizan por falta de contenedores y en un 25 % por falta de tiempo.

- **Pregunta 10**

Si	223
No	11



**Ilustración 4-10:** ¿Estaría usted dispuesto a clasificar sus residuos según su tipo (residuos orgánicos/ cartón/ plástico/vidrio en su hogar?)

Realizado por: Gil S., Oñate W., 2023

De acuerdo con la Ilustración 4-10, el 95% de la población encuestada está dispuesta a clasificar los residuos generados en su hogar según su tipo y en un 5 % de la población encuestada no estará de acuerdo con clasificar por falta de interés.

- **Pregunta 11**

Si	226
No	8



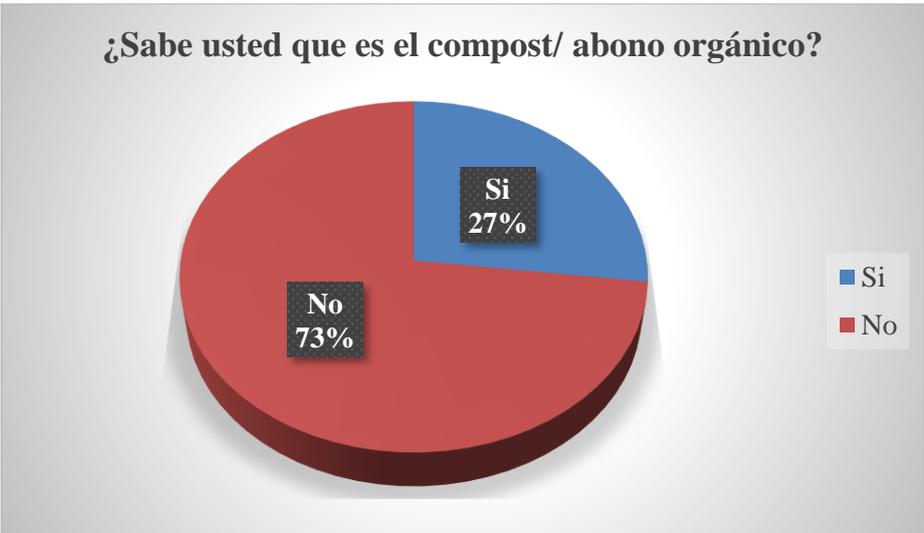
**Ilustración 4-11:** ¿Cree usted que se le puede dar otra disposición a sus residuos orgánicos?

Realizado por: Gil S., Oñate W., 2023

Según la Ilustración 4-11, en un 97 % de los encuestados aseguran que se le podrá dar una distinta disposición a los residuos orgánicos, mientras que solamente el 3 % de los encuestados no desearían darles otra disposición a sus residuos orgánicos.

- Pregunta 12**

Si	63
No	171



**Ilustración 4-12:** ¿Sabe usted que es el compost/abono orgánico?

Realizado por: Gil S., Oñate W., 2023

En la Ilustración 4-12, el 73 % de la población encuestada no conoce lo que es el compost (abono orgánico), mientras que el 27 % si conoce lo que es un compost.

- **Pregunta 13**

Si	16
No	218



**Ilustración 4-13:** ¿Ha realizado usted alguna vez compost?

Realizado por: Gil S., Oñate W., 2023

La Ilustración 4-13, indica que el 93 % no ha realizado compost puesto que desconocen la manera adecuada de realizarlo y las cantidades adecuadas para colocar el compost, el 7 % afirma que, si ha realizado abonos orgánicos, pero no de la forma correcta.

- **Pregunta 14**

Si	226
No	8



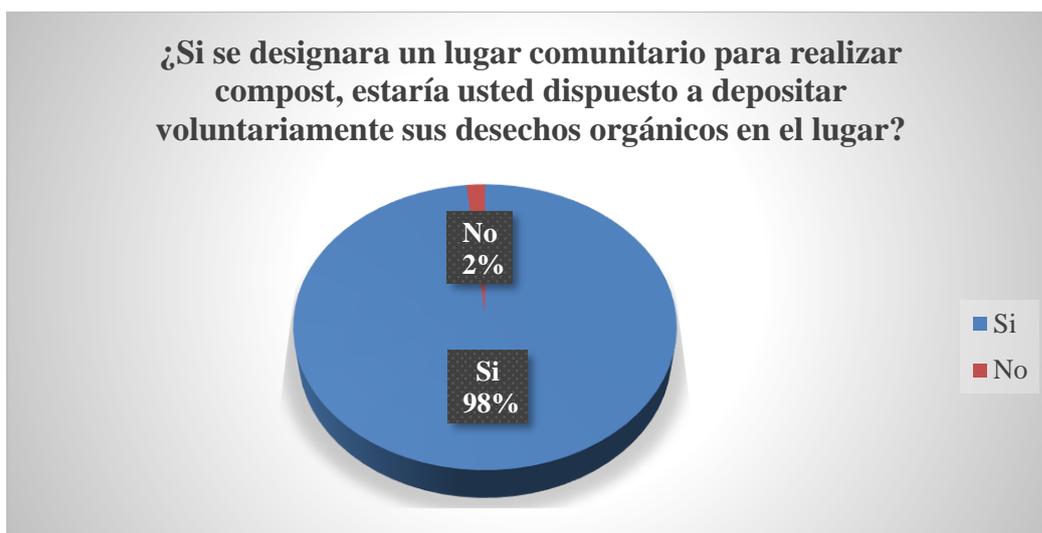
**Ilustración 4-14:** ¿Estaría usted dispuesto a realizar compost con sus residuos orgánicos?

Realizado por: Gil S., Oñate W., 2023

Según la Ilustración 4-14, indica que en un porcentaje del 97 % de moradores encuestados que, si está dispuesto a realizar compost con el abono orgánico y en un 3 % eligen que no, argumentando que les quitara tiempo y que no saben sus beneficios.

- Pregunta 15**

Si	230
No	4



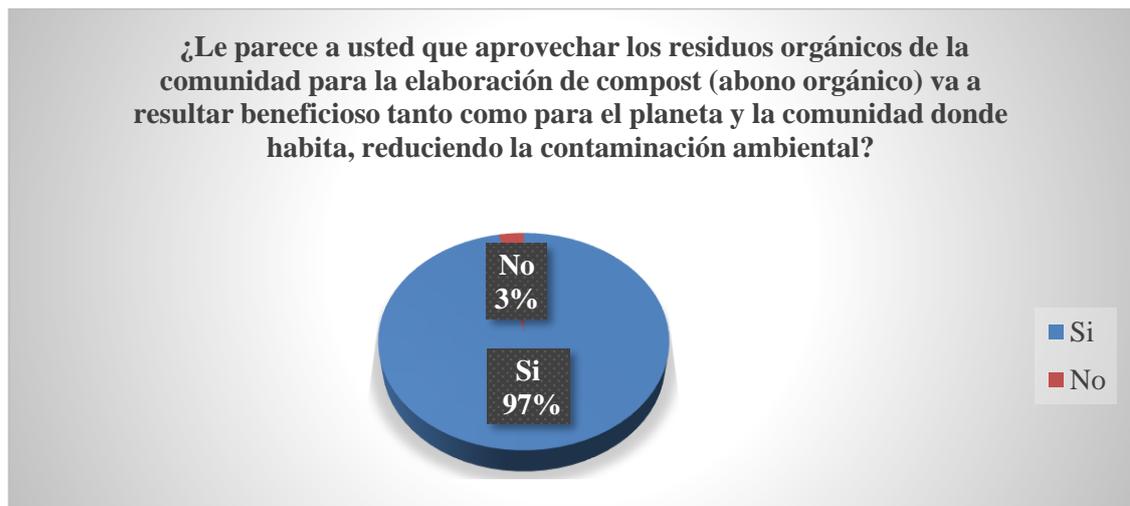
**Ilustración 4-15:** ¿Si se designara un lugar comunitario para realizar compost, estaría usted dispuesto a depositar voluntariamente sus desechos orgánicos en el lugar?

Realizado por: Gil S., Oñate W., 2023

En base a la Ilustración 4-15, el 98 % está de acuerdo en depositar sus residuos orgánicos en un sitio comunitario para la elaboración del compost y tan solo en un 2 % no están dispuestos a realizar esta actividad en el centro de acopio.

- **Pregunta 16**

Si	227
No	7



**Ilustración 4-16:** ¿Le parece a usted que aprovechar los residuos orgánicos de la comunidad para la elaboración de compost (abono orgánico) va a resultar beneficioso tanto para el planeta y la comunidad donde habita, reduciendo la contaminación ambiental?

**Realizado por:** Gil S., Oñate W., 2023

Como se muestra en el gráfico 16-3 el porcentaje mayor es del 97 % de moradores encuestados afirman que la elaboración de abonos orgánicos va a resultar beneficioso para el planeta y la comunidad, un 3 % no está de acuerdo con la interrogante.

## 4.2 Resultado de la caracterización de los residuos sólidos del caserío Andignato

### 4.2.1 Generación Per Cápita (GPC)

**Tabla 4-1:** Peso de los residuos sólidos generados en el caserío Andignato

Peso de la generación de residuos sólidos generados por día (kg)									
Cod. De vivienda	Nro. Habitantes	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Total (kg)
VA01	3	0	1,15	1,67	1,52	1,87	2,83	1,71	10,75
VA02	5	0	3,45	3,13	2,98	3,34	3,42	2,97	19,29
VA03	3	0	1,18	1,76	0,93	1,77	1,56	1,03	8,23
VA04	4	0	2,41	1,03	1,79	1,65	2,37	2,07	11,32
VA05	5	0	3,16	2,09	3,14	3,17	3,07	2,01	16,64
VA06	3	0	1,22	2,1	1,4	1,13	1,18	1,85	8,88
VA07	3	0	1,41	2,11	1,84	1,28	1,31	1,99	9,94
VA08	4	0	2,62	2,22	2,96	1,87	2,17	1,85	13,69
VA09	2	0	0,87	1,3	0,91	0,74	0,89	0,55	5,26
VA10	4	0	2,15	1,89	1,47	1,63	2,8	0,89	10,83
VA11	3	0	0,75	1,17	1,21	0,93	1,35	0,98	6,39
VA12	3	0	0,82	0,73	1,2	0,82	0,95	0,73	5,25
VA13	4	0	1,27	1,03	1,16	1,12	1,22	0,91	6,71
VA14	5	0	2,56	2,86	2,85	3,29	3,34	2,89	17,79
VA15	3	0	0,86	0,51	0,93	0,87	1,33	0,78	5,28
VA16	5	0	2,48	3,09	3,06	2,97	2,18	2,89	16,67
VA17	4	0	1,37	2,07	2,13	2,94	1,17	1,06	10,74
VA18	4	0	1,57	1,89	0,94	1,97	1,29	1,4	9,06
VA19	3	0	0,94	0,56	0,31	0,47	1,29	1,57	5,14
VA20	3	0	0,87	0,86	1,58	1,3	0,97	1,45	7,03
VA21	2	0	0,49	0,41	0,38	0,43	0,41	0,34	2,46
VA22	3	0	1,43	0,91	0,87	0,99	1,37	1,55	7,12
VA23	2	0	0,37	0,31	0,34	0,31	0,27	0,29	1,89
VA24	4	0	1,83	2,31	1,9	1,79	1,81	1,34	10,98
VA25	5	0	2,34	3,01	2,67	2,35	2,07	2,8	15,24
VA26	3	0	1,38	1,27	1,21	2,3	1,32	1,65	9,13
VA27	2	0	0,49	0,38	0,45	0,21	0,47	0,55	2,55
VA28	3	0	1,58	1,47	0,89	1,55	0,38	0,43	6,3
VA29	3	0	0,66	0,56	0,51	0,59	0,57	0,53	3,42
VA30	3	0	1,03	0,87	1,21	0,96	1,11	0,86	6,04
VA31	4	0	1,94	2,15	1,39	1,93	1,91	1,85	11,17
VA32	2	0	0,47	0,36	0,37	0,41	0,39	0,43	2,43
VA33	3	0	0,33	0,27	0,34	0,31	0,29	0,27	1,81
VA34	2	0	0,08	0,12	0,11	0,07	0,16	0,1	0,64
VA35	6	0	3,06	3,59	2,71	3,01	2,18	2,47	17,02
VA36	5	0	2,18	2,01	2,17	2,12	1,98	2,48	12,94
VA37	2	0	0,22	0,21	0,19	0,22	0,18	0,19	1,21

VA38	3	0	1,37	0,94	1,29	1,27	1,41	1,18	7,46
VA39	5	0	2,04	3,82	2,45	3,13	1,96	2,83	16,23
VA40	3	0	1,88	1,17	1,23	1,08	2,13	0,62	8,11
VA41	5	0	2,62	3,02	2,84	1,64	2,57	2,53	15,22
VA42	4	0	1,95	1,64	2,21	2,94	1,89	1,47	12,1
VA43	3	0	0,87	0,42	0,59	0,82	1,25	1,37	5,32
VA44	2	0	0,35	0,29	0,28	0,37	0,29	0,21	1,79
VA45	2	0	0,21	0,15	0,09	0,22	0,17	0,13	0,97
VA46	3	0	0,83	1,34	1,31	0,86	0,54	1,28	6,16
VA47	4	0	2,31	0,83	1,42	2,14	1,95	1,73	10,38
VA48	4	0	2,07	2,06	2,12	1,99	2,11	2,38	12,73
VA49	4	0	3,11	2,84	1,71	1,73	2,01	2,37	13,77
VA50	3	0	1,54	0,92	1,46	0,93	1,84	0,78	7,47
VA51	5	0	3,36	3,23	3,03	2,13	3,29	2,23	17,27
VA52	6	0	4,11	3,86	3,07	2,01	2,09	3,11	18,25
VA53	5	0	2,06	3,08	1,17	2,25	2,08	1,89	12,53
VA54	6	0	4,07	3,54	2,43	4,23	3,11	3,67	21,05
VA55	3	0	1,64	0,94	1,29	1,31	1,42	0,97	7,57

Realizado por: Gil S., Oñate W., 2023

Obteniendo los resultados de las cantidades regeneradas de los residuos sólidos por día en cada vivienda correspondiente a la muestra en el caserío Andignato, que se recolecto durante siete días, sin tomar en cuenta el primer día de recolección ya que pueden obtener residuos de días anteriores, se procede a calcula la generación per cápita para conocer la cantidad de residuos sólidos que genera cada habitante por día.

**Tabla 4-2:** Generación Per Cápita del caserío Andignato por vivienda (Kg/ hab \* día)

<b>Generación Per Cápita del caserío Andignato</b>			
<b>Cod. De Vivienda</b>	<b>Nro. Habitantes</b>	<b>Media</b>	<b>GPC</b>
VA01	3	1,79	0,60
VA02	5	3,22	0,64
VA03	3	1,37	0,46
VA04	4	1,89	0,47
VA05	5	2,77	0,55
VA06	3	1,48	0,49
VA07	3	1,66	0,55
VA08	4	2,28	0,57
VA09	2	0,88	0,44
VA10	4	1,81	0,45
VA11	3	1,07	0,36
VA12	3	0,88	0,29
VA13	4	1,12	0,28

<b>VA14</b>	5	2,97	0,59
<b>VA15</b>	3	0,88	0,29
<b>VA16</b>	5	2,78	0,56
<b>VA17</b>	4	1,79	0,45
<b>VA18</b>	4	1,51	0,38
<b>VA19</b>	3	0,86	0,29
<b>VA20</b>	3	1,17	0,39
<b>VA21</b>	2	0,41	0,21
<b>VA22</b>	3	1,19	0,40
<b>VA23</b>	2	0,32	0,16
<b>VA24</b>	4	1,83	0,46
<b>VA25</b>	5	2,54	0,51
<b>VA26</b>	3	1,52	0,51
<b>VA27</b>	2	0,43	0,21
<b>VA28</b>	3	1,05	0,35
<b>VA29</b>	3	0,57	0,19
<b>VA30</b>	3	1,01	0,34
<b>VA31</b>	4	1,86	0,47
<b>VA32</b>	2	0,41	0,20
<b>VA33</b>	3	0,30	0,10
<b>VA34</b>	2	0,11	0,05
<b>VA35</b>	6	2,84	0,47
<b>VA36</b>	5	2,16	0,43
<b>VA37</b>	2	0,20	0,10
<b>VA38</b>	3	1,24	0,41
<b>VA39</b>	5	2,71	0,54
<b>VA40</b>	3	1,35	0,45
<b>VA41</b>	5	2,54	0,51
<b>VA42</b>	4	2,02	0,50
<b>VA43</b>	3	0,89	0,30
<b>VA44</b>	2	0,30	0,15
<b>VA45</b>	2	0,16	0,08
<b>VA46</b>	3	1,03	0,34
<b>VA47</b>	4	1,73	0,43
<b>VA48</b>	4	2,12	0,53
<b>VA49</b>	4	2,30	0,57
<b>VA50</b>	3	1,25	0,42
<b>VA51</b>	5	2,88	0,58
<b>VA52</b>	6	3,04	0,51
<b>VA53</b>	5	2,09	0,42
<b>VA54</b>	6	3,51	0,58
<b>VA55</b>	3	1,26	0,42

Realizado por: Gil S., Oñate W., 2023

Obteniendo los resultados de la generación per cápita por cada habitante del caserío Andignato se procede a obtener un valor promedio que se aprecia en la tabla 8-3, en donde muestra los siguientes valores:

**Tabla 4-3:** Generación Per Cápita promedio del caserío Andignato

Zona	Nro. Habitantes	Total (kg/semana)	GPC (Kg/ Hab * día)
Andignato	197	511,62	0,43

Realizado por: Gil S., Oñate W., 2023

Mediante la Tabla 4-3, nos muestra que en el caserío Andignato se produce 511,62 kg/ semana de los residuos sólidos domiciliarios con 197 habitantes considerados en el muestreo, obteniendo una GPC (Generación Per Cápita) del 0,43 kg/ hab\* día en Andignato.

#### 4.2.2 *Proyección de la población y la generación per cápita de Andignato*

En la Tabla 4-4, se observa la proyección poblacional, la generación per cápita (kg/ hab\*día), la cantidad de residuos en toneladas por día (ton/día) y por año (ton/año) en un periodo de 20 años, con una tasa de crecimiento de la GPC del 1%.

**Tabla 4-4:** Proyección de la población del caserío Andignato

Año	Población	GPC	Cant. RS kg/día	Cant. RS tn/año
2023	848	0,43	3,65	1330,94
2024	871	0,43	3,78	1380,41
2025	894	0,44	3,92	1430,59
2026	916	0,44	4,06	1481,49
2027	939	0,45	4,20	1533,11
2028	962	0,45	4,34	1585,44
2029	985	0,46	4,49	1638,49
2030	1008	0,46	4,64	1692,26
2031	1030	0,46	4,79	1746,74
2032	1053	0,47	4,94	1801,94
2033	1076	0,47	5,09	1857,85
2034	1099	0,48	5,25	1914,48
2035	1122	0,48	5,40	1971,83
2036	1145	0,49	5,56	2029,89

<b>2037</b>	1167	0,49	5,72	2088,67
<b>2038</b>	1190	0,49	5,89	2148,16
<b>2039</b>	1213	0,50	6,05	2208,37
<b>2040</b>	1236	0,50	6,22	2269,30
<b>2041</b>	1259	0,51	6,39	2330,94
<b>2042</b>	1281	0,51	6,56	2393,30
<b>2043</b>	1304	0,52	6,73	2456,38

Realizado por: Gil S., Oñate W., 2023

Para el año 2043 en el caserío Andignato su población aumentara a 1304 habitantes, con una generación per cápita de 0,52 kg/ hab\*día, generando como resultado un valor de 6,73 tn/día y un valor de 2456,38 tn/año de residuos sólidos.

#### 4.2.3 Composición de los residuos sólidos en el caserío Andignato

Para determinar la composición de los residuos sólidos se tomó las muestras de las 55 viviendas de dentro de la zona del caserío Andignato, previamente separada en la fuente para mayor efectividad del pesaje, a continuación, se muestra en la Tabla 4-5.

**Tabla 4-5:** Generación Per Cápita promedio del caserío Andignato

DÍAS	PESO DE RESIDUOS (Kg)							
	HÚMEDOS				SECOS			
	ORGÁNICO	PAPEL	CARTÓN	TETRAPAK	PLÁSTICO	VIDRIO	METAL	PELIGROSOS
<b>1</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>2</b>	87,65	4,45	2,51	2,50	9,20	2,50	1,20	0,00
<b>3</b>	77,64	3,52	3,87	3,00	8,39	3,50	1,30	0,00
<b>4</b>	81,53	5,03	2,26	1,50	9,77	3,90	0,70	0,00
<b>5</b>	79,70	4,12	5,36	1,10	8,63	2,30	0,30	0,00
<b>6</b>	93,80	5,50	3,57	0,50	7,10	3,80	1,10	0,00
<b>7</b>	91,30	6,15	5,22	0,80	9,11	3,40	1,25	0,00
<b>TOTAL</b>	511,62	28,77	22,79	9,40	52,20	19,40	5,85	0,00

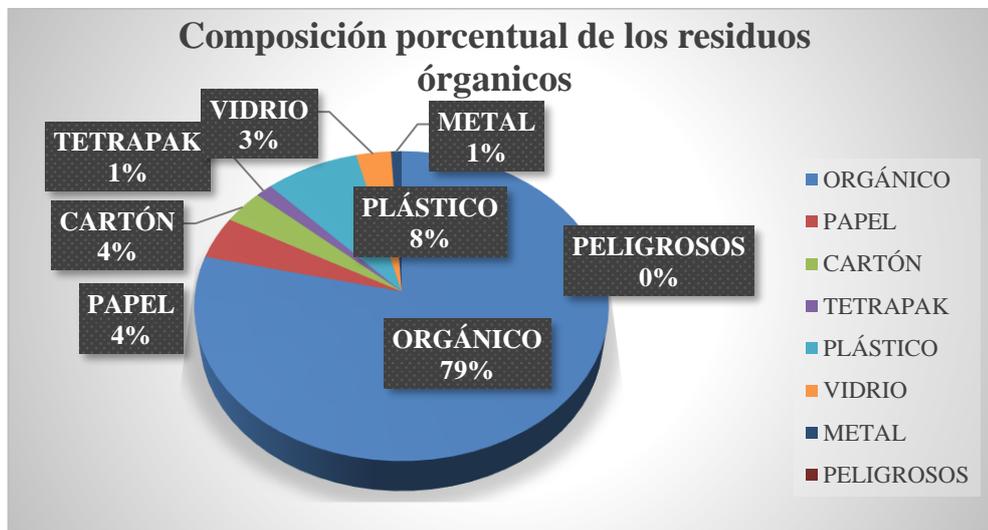
Realizado por: Gil S., Oñate W., 2023

Se obtuvieron los valores finales de la composición de los residuos sólidos como se indica en la Tabla 4-6, obteniendo resultados finales representados en kilogramos, toneladas y en la composición porcentual.

**Tabla 4-6:** Composición porcentual de los residuos sólidos en el caserío Andignato

	Kg	Tn	Composición %
<b>ORGÁNICO</b>	511,62	51,162	78,71
<b>PAPEL</b>	28,77	2,877	4,43
<b>CARTÓN</b>	22,79	2,279	3,51
<b>TETRAPAK</b>	9,4	0,94	1,45
<b>PLÁSTICO</b>	52,2	5,22	8,03
<b>VIDRIO</b>	19,4	1,94	2,98
<b>METAL</b>	5,85	0,585	0,90
<b>PELIGROSOS</b>	0	0	0
<b>TOTAL</b>	650,03	65,003	100

Realizado por: Gil S., Oñate W., 2023



**Ilustración 4-17:** Composición porcentual de los residuos orgánicos

Realizado por: Gil S., Oñate W., 2023

De acuerdo a la Ilustración 4-17, la mayor cantidad de residuos según su tipo que se genera son los residuos orgánicos con un porcentaje de 79 %, el plástico con un 8 %, el papel y cartón; estos dos últimos residuos se generan en las mismas cantidades en el caserío Andignato.

#### 4.2.4 Caracterización fisicoquímica de los residuos iniciales

**Tabla 4-7:** Caracterización fisicoquímica de los residuos iniciales

PARÁMETRO	MATERIA PRIMA			
	Residuos Orgánicos Domiciliarios			
INICIAL	M1	M2	M3	Promedio
<b>Humedad (%)</b>	85,15	85,31	84,79	85,08
<b>Materia Orgánica (%)</b>	65,19	64,13	64,90	64,74
<b>Potencial Hidrógeno (pH)</b>	6,74	6,76	6,74	6,74
<b>Conductividad eléctrica (ds/m)</b>	3,61	3,11	3,09	3,27
<b>Carbono Orgánico (%)</b>	27,15	28,02	28,36	27,16
<b>Nitrógeno total Nt (%)</b>	1,06	1,08	1,12	1,09
<b>Corg/ Nt</b>	25,61	25,94	25,32	25,62

Realizado por: Gil S., Oñate W., 2023

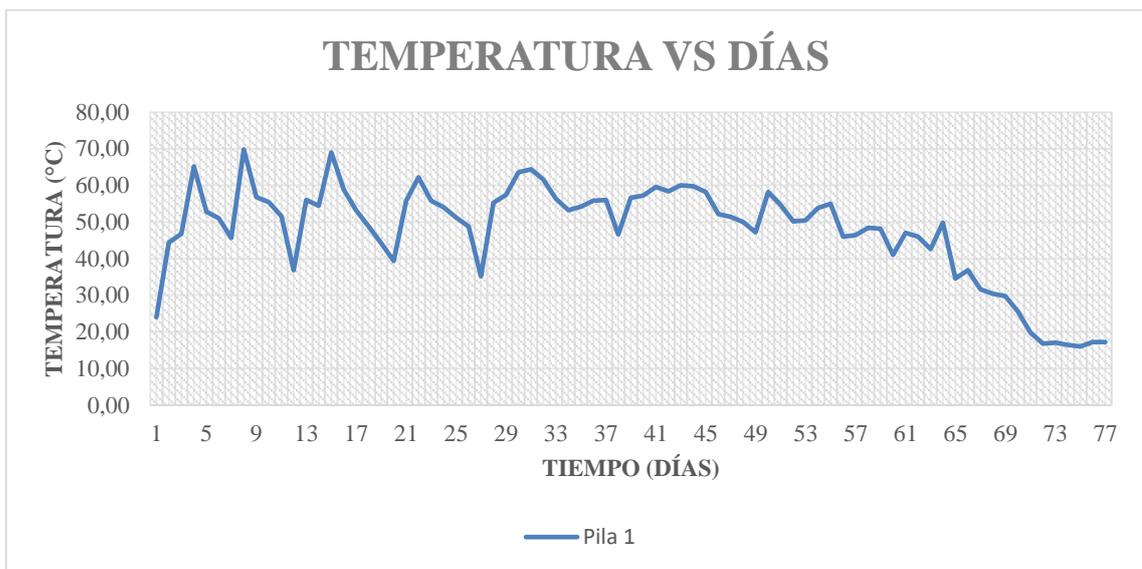
En la Tabla 4-7 mostrada con antelación se denota la caracterización inicial de los residuos como, por ejemplo; humedad, cenizas, material orgánico, pH, conductividad eléctrica, carbono y nitrógeno. Es importante mencionar que, para el caso de la humedad, se encuentra óptima para iniciar el proceso de compostaje (85.08 unidades en promedio). Se detalla en los resultados que el valor del pH del análisis de los residuos orgánicos se encuentra en un rango ligeramente ácido cercano a neutro (6,74 unidades en promedio) considerándose óptimo para el proceso. Por otro lado, para el caso de la conductividad eléctrica su valor es menor (3,27 unidades en promedio) dado que al avanzar el proceso de compostaje los microorganismos descomponedores se vuelven más activos, la concentración de compuestos conductores aumenta y, en consecuencia, el potencial eléctrico del compost también aumenta (Castillo, 2020 p. 66). El aumento del potencial eléctrico se utiliza en algunas aplicaciones para monitorear la actividad microbiana y la madurez del compost (Jara, 2014 p. 36). Es por este motivo que es importante tener en cuenta que el potencial eléctrico no es un indicador comúnmente utilizado para evaluar la calidad del compost, pero puede ser útil en aplicaciones de investigación o monitoreo específicas (Semmartin, et al., 2010 p. 23). Los valores de materia orgánica (64,74 unidades en promedio) y carbono orgánico (27,16 unidades en promedio), resultaron estables. Otro parámetro a considerar radica en la cantidad de nitrógeno total dado que el valor evidenciado es inferior (1.09 unidades en promedio). La relación Corg/ Nt (25, 62 unidades en promedio) se encuentra dentro de los valores permisibles menor a 35.

### 4.3 Parámetros de control del proceso de compostaje

#### 4.3.1 Parámetros físico químicos

##### Temperatura

En la Ilustración 4-18 se muestra el comportamiento de la temperatura durante el proceso de compostaje.

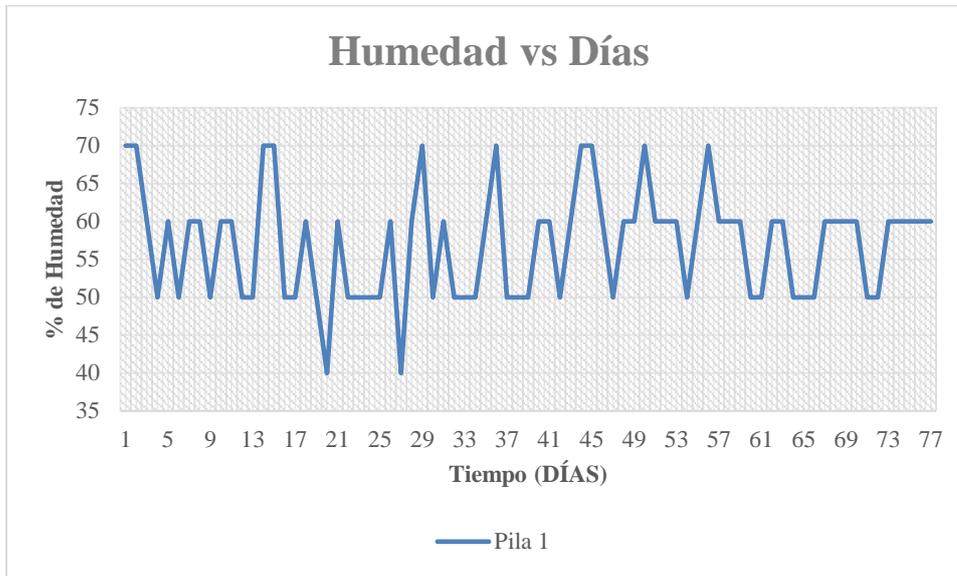


**Ilustración 4-18:** Variación de la temperatura en la pila

Realizado por: Gil S., Oñate W., 2023

En lo que respecta al análisis de la temperatura se empleó un dispositivo un multiparámetro AIK-TPH01803 en horas de la tarde para medir la evolución de la temperatura en la pila de compost. Las mediciones se tomaron en los cuatro extremos de la pila y en su centro, a una profundidad de 25 a 30 cm, y se registraron diariamente 11 semanas. En Ilustración 4-18 se presentan los valores promedio de las mediciones; en el cual la temperatura aumentó en los primeros días debido a la actividad microbiológica. Esta elevación térmica llevó la temperatura por encima de los 50°C, lo que tuvo un efecto beneficioso al eliminar agentes patógenos. Este período inicial se conoce como la fase termófila, que duró 18 días.

## Humedad

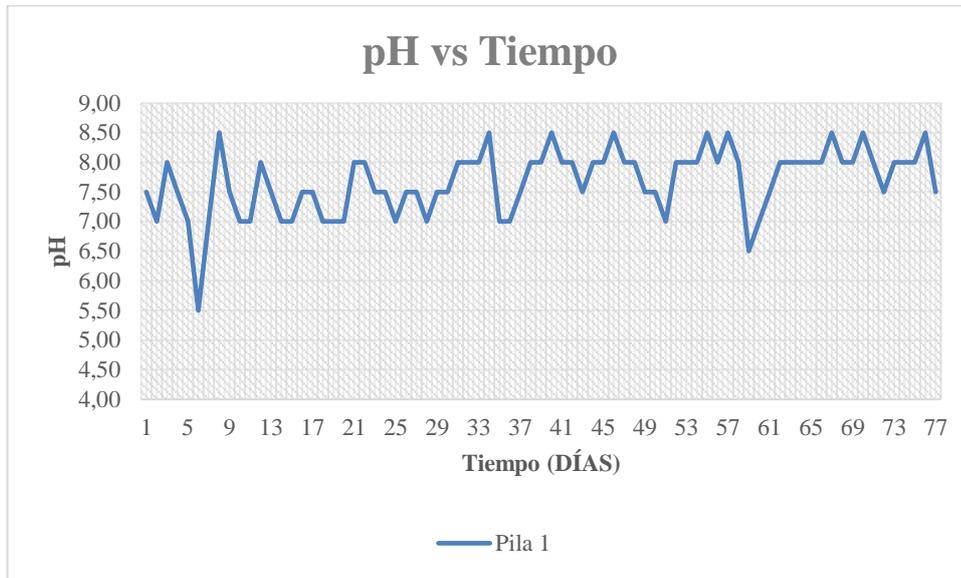


**Ilustración 4-19:** Variación de humedad en la pila

Realizado por: Gil S., Oñate W., 2023

En la Ilustración 4-19, se muestran los valores de humedad durante el desarrollo de compost con un valor máximo de 70% al inicio del proceso. Por otro lado, se evidencia ciertas variaciones durante los 77 del proceso hasta obtener un valor mínimo del 40% al final del proceso. Estos descubrimientos tienen una explicación lógica, ya que el compostaje es un proceso biológico de descomposición de la materia orgánica en el que la presencia de agua es esencial para las necesidades fisiológicas de los microorganismos. El agua actúa como un medio de transporte para las sustancias solubles que sirven de alimento a las células y para los productos de desecho de las reacciones que ocurren durante el proceso (Bueno, et al., 2018 p. 2). Es por este motivo que la humedad de los materiales se puede considerar como la variable más crítica en el compostaje y se ha identificado como un criterio importante para optimizar este proceso. La cantidad adecuada de humedad para el desarrollo de microorganismos se sitúa en un rango del 50 al 70%. Si la humedad desciende por debajo del 30%, la actividad biológica se reduce significativamente. Por otro lado, cuando la humedad supera el 70%, el agua ocupa el espacio entre las partículas, lo que disminuye la transferencia de oxígeno y conduce a un ambiente anaeróbico. En condiciones anaeróbicas, se generan malos olores y se reduce la velocidad del proceso.

## Potencial de hidrogeno pH

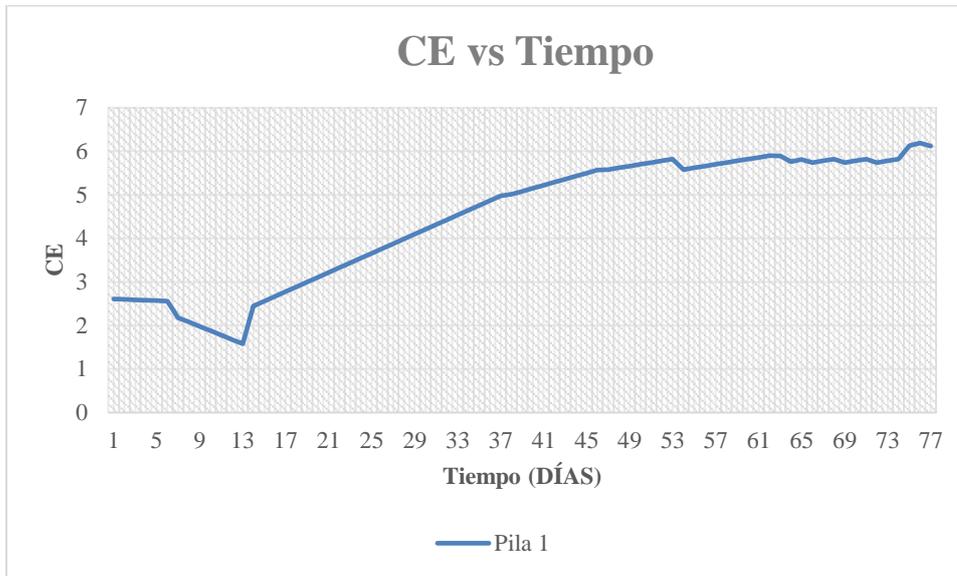


**Ilustración 4-20:** Variación de pH en la pila

Realizado por: Gil S., Oñate W., 2023

Durante el análisis del compost a lo largo de su proceso de compostaje, se observó un aumento considerable (mínimo 5.50 a un máximo de 8.50) en los valores de pH en los 65 días. Este incremento se debió a la descomposición de compuestos ácidos y nitrógeno orgánico por parte de los microorganismos, seguido de una disminución posterior (Valencia, 2016 p. 23). Suler y Col (1977) citado en Bueno et al., (2018 p. 3) establecieron una conexión entre los cambios en el nivel de acidez (pH) y la oxigenación de la mezcla, llegando a la conclusión de que un proceso de compostaje con la oxigenación adecuada resulta en productos finales con un pH en el rango de 7 a 8. Valores de pH más bajos indican la presencia de procesos anaeróbicos y sugieren que el material aún no ha alcanzado la madurez. Estos autores examinaron la relación entre el pH, la oxigenación y los microorganismos involucrados en el proceso, y dedujeron que la descomposición de la materia orgánica se ve obstaculizada a niveles de pH bajos. Por lo tanto, mantener un pH por encima de 7.5 durante el proceso es un indicio de una descomposición efectiva.

## Conductividad eléctrica CE



**Ilustración 4-21:** Variación de conductividad eléctrica en la pila

Realizado por: Gil S., Oñate W., 2023

En consecuencia, la conductividad eléctrica (CE) aumentó a medida que avanzaba el proceso de compostaje, resultado de la descomposición de la materia orgánica que enriqueció el contenido de nutrientes en la materia orgánica (MO), o disminuyó debido a la aplicación de riegos para mantener una humedad adecuada en las pilas. En este caso, los valores de CE mostraron cierta variabilidad, con rangos hasta alcanzar un pico de 6.12 unidades para la pila, hallazgos similares a los informados en otras investigaciones (Castillo, 2020; Hannibal, et al., 2016 p. 78). En el caso de la presente investigación se denotan ligeros cambios al momento de estabilizar su valor final; según Delgado et al. (2019 p. 1), la evolución de este parámetro presentó aumentos y disminuciones en sus valores, observándose una estabilidad a partir del día 35; muestras que en el presente trabajo de investigación se efectuó durante el día 49 y un ligero descenso al final del proceso.

#### 4.4 Evaluación de la calidad de compost

**Tabla 4-8:** Caracterización fisicoquímica del compost

PARÁMETRO	MATERIA PRIMA
	Compost
<b>FINAL DEL PROCESO</b>	M1
<b>Humedad (%)</b>	44.3
<b>Materia Orgánica (%)</b>	59.60
<b>Potencial Hidrógeno (pH)</b>	8.10
<b>Conductividad eléctrica (ds/cm)</b>	6.12
<b>Carbono Orgánico (%)</b>	33.60
<b>Nitrógeno total NT (%)</b>	1.70

**Fuente:** Informe: análisis de abono orgánico sólido Norma ISO 17025

**Realizado por:** Gil S., Oñate W., 2023

En la Tabla 4-8 mostrada con antelación se denotan las características fisicoquímicas de los residuos al finalizar el proceso con base en el informe generado por el laboratorio certificado agraPROJEKT bajo la norma Norma ISO/IEC 17025:2017 (Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración). Los resultados muestran que la calidad del compost es variable según su uso y las condiciones específicas, y no existe un conjunto de valores fijos para el porcentaje de humedad, materia orgánica, pH, carbono orgánico y nitrógeno que se aplique universalmente. Sin embargo, algunas pautas generales son útiles: la humedad debe estar entre el 30% y 50% (Jara, 2014 p. 56), la materia orgánica debe predominar (más del 65%) (Castillo, 2020), el pH óptimo ronda entre 6 y 8, la relación C/N suele ser 10-20:1, y el nitrógeno es esencial para los microorganismos. Además, los valores específicos varían según los ingredientes y el tipo de compostaje, y es importante ajustar el proceso según las necesidades particulares. Finalmente, las regulaciones locales pueden establecer requisitos específicos, por lo que es aconsejable consultar con expertos o autoridades locales si es necesario cumplir con normativas particulares.

En lo que respecta a la calidad de compost desarrollado en la presente investigación, cumple con ciertos parámetros como por ejemplo, la humedad ( Entre 30% – 50 %; valor 44,30 %) siendo un valor adecuado, el valor del pH (entre 7,0 – 8,5; valor 8,10) encontrándose dentro de los niveles establecidos, materia orgánica (mayor a 65 unidades; valor alcanzado por el compost 59.60) asumiendo que se deberá estandarizar el método para poder alcanzar el valor requerido, de igual manera el carbono (mayor a 38 unidades; valor alcanzado por el compost 33.60). En lo que respecta a el nitrógeno (mayor a 2 unidades; valor alcanzado por el compost 1.70) tomando en

cuenta que para el proceso de compostaje será necesario implementar un mayor porcentaje de estiércol.

**Tabla 4-9:** Macro y micro nutrientes en el compost Material seco: macroelementos en porcentaje % y microelementos en ppm equivalente a mg/kg

PARÁMETRO	MATERIA PRIMA
	Compost
<b>FINAL DEL PROCESO</b>	M1
<b>Micronutrientes</b>	
Zn (ppm)	23,00
Cu (ppm)	16,08
Mn (ppm)	136
Fe (ppm)	2340
B (ppm)	61,00
<b>Macronutrientes</b>	
N (%)	1,70
K (%)	0,59
P (%)	0,41
Ca (%)	1,46
Mg (%)	0,27
Na (%)	0,27

**Fuente:** Informe: análisis de abono orgánico sólido Norma ISO 17025

**Realizado por:** Gil S., Oñate W., 2023

Los micronutrientes como Zn, Cu, Mn, Fe y B, deben estar presentes en el suelo, pero pueden encontrarse en menor proporción, para un buen desarrollo de las plantas, debido a que en mayores porcentajes puede provocar fitotoxicidad. Los valores nutricionales del NPK varían dependiendo de los residuos iniciales que se utilicen dentro del proceso de compostaje. Como se muestra en la Tabla 4-9 los valores de N (Entre 1,0 – 2,5; valor 1,70), P (Entre 0,40 – 1,2; valor 0,41), y K (0,50 – 1,3; valor 0,59), los resultados obtenidos se encuentran dentro de los valores habituales necesarios para que el suelo y las plantas tengan los nutrientes necesarios. Como es importante tener en cuenta otros elementos como el Ca para la formación y crecimiento de las plantas, Mg es fundamental para la fotosíntesis, la escasez de este elemento ocasiona el amarillamiento de las hojas. El Na (menor a 0,20; valor 0,27) sobrepasa 0,07 de los niveles adecuados para un compost de buena calidad.

**Tabla 4-10:** Metales Pesados en el compost

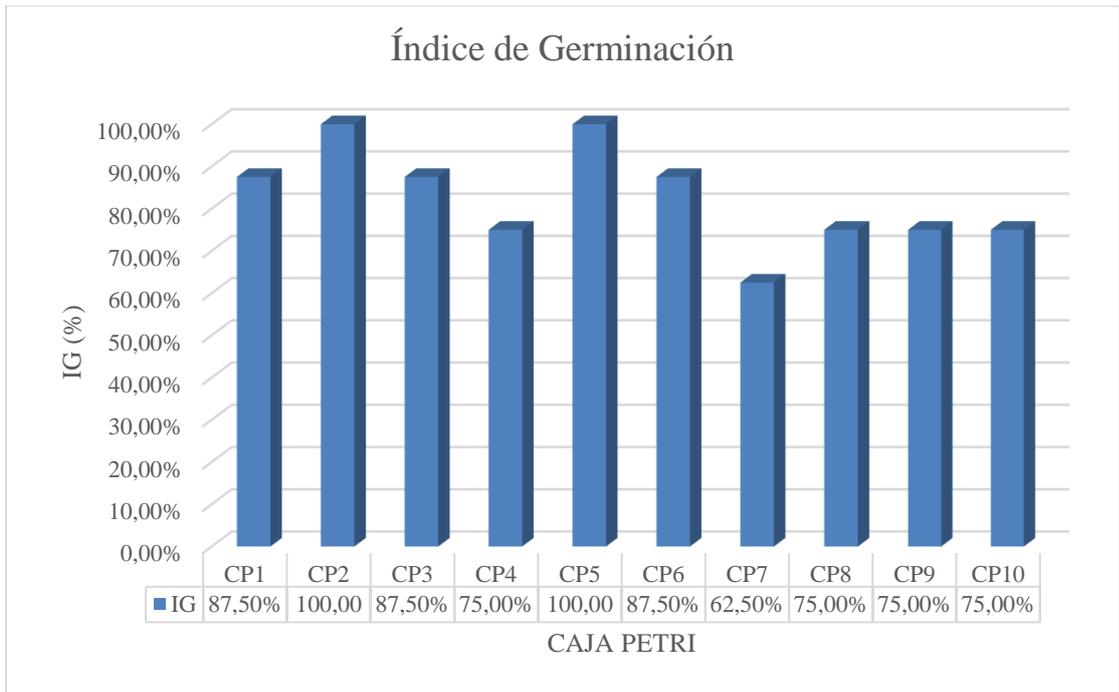
PARÁMETRO	MATERIA PRIMA
	Compost
<b>FINAL DEL PROCESO</b>	M1
Cd (ppm)	<2
Pb (ppm)	<20,0
Ni (ppm)	5,10
Co (ppm)	16,8

**Fuente:** Informe: análisis de abono orgánico sólido Norma ISO 17025

**Realizado por:** Gil S., Oñate W., 2023

Finalmente, el análisis de metales pesados en el compost es de suma importancia para asegurar la calidad y seguridad del producto final, especialmente cuando se emplea el método Takakura de compostaje, ampliamente utilizado en la gestión de residuos orgánicos. La presencia de metales pesados en el compost puede tener consecuencias significativas en su idoneidad para su empleo en la agricultura u otros propósitos, ya que estos metales pueden resultar nocivos para plantas, animales y, en última instancia, seres humanos si se acumulan en niveles elevados en el suelo o los cultivos. Por tanto, resulta imperativo llevar a cabo un análisis de metales pesados en el compost producido mediante el método Takakura. En este contexto, es fundamental tener en cuenta diversas consideraciones.

Respecto a los metales pesados, (Cd, Pb, Ni, y Co) analizados, se puede observar que el cadmio se encuentra dentro del rango permitido, inferior a 2 ppm (reglamento UE 2019/1009 del Parlamento Europeo y del Consejo de 5 de junio de 2019), para el caso del plomo, su concentración es inferior (Norma Global EPA; límite 150 ppm), el níquel se encuentra dentro del rango (Norma Global EPA; límite 60 ppm). El cobalto de igual manera presenta una concentración inferior al límite (reglamento UE 2019/1009 del Parlamento Europeo y del Consejo de 5 de junio de 2019 que establece un máximo permisible de 300 ppm); valores similares a la investigación de (Dueñas, et al., 2021 pp. 7-10). Finalmente, deduciendo que los valores de límite de concentración (mg/kg – ppm) de los metales pesados, el compost se encuentra dentro de la Clase A, ya que son valores mínimos.



**Ilustración 4-22:** Índice de germinación

**Realizado por:** Gil S., Oñate W., 2023

En la Ilustración 4-22 expuesta a continuación se expresan los resultados de las cajas Petri que fueron los blancos en la experimentación con agua destilada y semillas de berro. Es importante destacar que, en este estudio; la cantidad de compuestos disminuyó gradualmente a lo largo del período de compostaje. Esta disminución fue particularmente notable en la fase termófila, donde Castillo et al. (2020 p. 40), asevera que la concentración de polifenoles disminuye significativamente debido a la capacidad de los microorganismos para descomponerlos. La fitotoxicidad es un parámetro crítico para evaluar el material a compostar, pues la pila experimentó un aumento sustancial en el porcentaje de índice de germinación IG (82.50% en promedio) a medida que avanzaba el proceso de compostaje, superando los valores mínimos establecidos ( $IG > 50\%$ ). Para el caso de las muestras CP2 y CP5 el IG fue del 100% donde la longitud de la radícula fue de 7,675 y 6,275 respectivamente. La muestra que presentó el IG más pequeño (62.50%) fue la CP7. Valores similares a los de (Castillo, 2020).

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

- Se determinó a través del levantamiento de información las deficiencias que existe sobre el manejo de residuos sólidos en el caserío Andignato y la falta de educación ambiental, los moradores en un 55 % no clasifican ningún tipo de residuo sólido y no les brindan una diferente disposición final a sus residuos dentro de sus domicilios siendo que los residuos que más generan en un 79 % son residuos, así se puede argumentar que los moradores no realizan una adecuada clasificación de los residuos sólidos y que la población encuestada desconoce incluso cual es el objetivo de la clasificación de los residuos sólidos, además carecen de conocimiento acerca de los abonos orgánicos y los beneficios que aportan al planeta. Es importante resaltar que en un 98 % de los moradores está dispuesto a realizar compost y depositar voluntariamente sus residuos orgánicos en una compostera comunitaria.
- Según el estudio de la caracterización de los residuos sólidos aplicado en el caserío Andignato se determinó una generación per cápita es de 0,43 kg/Hab\*día. Con una composición de: residuos orgánicos en un 79 %, plástico un 8 %, cartón en 4 %, papel 4 %, vidrio 3 %, tetrapak 1 %, metal 1% y peligrosos 0 %. En base a los valores obtenidos se da como resultado que los residuos orgánicos se generan en mayor cantidad en consecuencia que en Andignato aún es zona rural. Para mayor facilidad de la recolección de los residuos sólidos se estableció trabajar a través de la separación en la fuente el cual se les dio a conocer en previas capacitaciones para que cada morador pueda realizarlo, incluyendo horarios de recolección. En la proyección de la población y la generación per cápita se indica que para el año 2043 se obtendrá una población de 1304 habitantes en Andignato y una GPC de 0, 52 kg/Hab\*día, por lo que es necesario crear conciencia ambiental.
- Se analizó los parámetros físico-químicos como humedad, materia orgánica, potencial hidrogeno, conductividad eléctrica, carbono orgánico, nitrógeno total y relación carbono nitrógeno de los residuos orgánicos domiciliarios originados en el caserío Andignato en los laboratorios de la Facultad de Ciencias- Epoch donde se obtuvieron valores adecuados para iniciar el proceso de compostaje Takakura. Se llevó un control diario de los parámetros para proceso de compostaje: temperatura, humedad, potencial hidrogeno, aireación y conductividad. Se evaluó la calidad del compost en un laboratorio certificado a través de

las propiedades físico-químicas (pH, CE; materia orgánica, humedad, C/N, concentración de macronutrientes NPK, micronutrientes, metales pesados) y biológicas (índice de germinación). Determinando que el compost a través del método Takakura da como resultado un compost de clase B cumpliendo los criterios de calidad según la FAO, reglamento UE, OMS, EPA y normativa chilena NCh 2880 para metales pesados.

## 5.2 Recomendaciones

- Se recomienda realizar previas capacitaciones a los habitantes para hablar de temas como la educación ambiental, crear conciencia de las malas prácticas ambientales y dar a conocer las actividades que se van realizar durante el proyecto, para lograr que se realice de forma participativa y que los moradores puedan solventar cualquier inquietud, principalmente darles a conocer el objetivo del proyecto, horarios de recolección y como se realiza la separación en la fuente para mayor facilidad de la recolección de los residuos.
- Para la recolección y posterior caracterización de los residuos sólidos se deberá tener en cuenta la utilización del equipo de protección personal para evitar contraer enfermedades.
- Es importante obtener una buena relación C/N, ya que su objetivo será estimular el crecimiento de microorganismos que se encargaran de la mineralización de la materia orgánica.
- Al realizar compost/ abono orgánico se recomendaría no utilizarse ceniza ya que este elemento provoca que mueran los microorganismos, no colocar huesos o carne para no producir mal olor y permitir que la materia llegue a estar completamente estabilizada para que cumpla una buena función en el suelo.
- Los instrumentos que se utilizara en el proceso de la elaboración del compost deberán ser confiables para que exista datos reales.
- Al momento de realizar los análisis de los residuos o la verificación de la calidad del compost es necesario tomar en cuenta que el laboratorio sea certificado para obtener resultados confiables y seguros.
- Implementar más puntos verdes en el caserío Andignato para que sea mucho más factible para los moradores depositar sus residuos reciclables, para que los mismos puedan ser trasladados a centros de acopio.
- Se recomienda la utilización del método Takakura, a través de una buena relación C/N, para la degradación de los residuos orgánicos, sin embargo, es importante mencionar que la temperatura ambiente tiene gran influencia del proceso de compostaje.

## **BIBLIOGRAFÍA**

**ACUÑA, Lyli.** Aplicación de tres tratamientos aceleradores para la elaboración de compost de residuos del Mercado Los Cedros, Distrito de Chorrillos, 2018. Perú : Universidad Cesar Vallejo, 2018.

**AGRONOTIPS.** [En línea] 12 de Enero de 2019. [Citado el: 12 de Octubre de 2023.] <https://www.portalfruticola.com/noticias/2019/04/22/bacterias-y-hongos-el-papel-de-los-microorganismos-en-el-proceso-de-compostaje/>.

**AKHMAD, Fritz; et al.** Takakura Composting Method (TCM) as An Appropriate Environmental Technology for Urban Waste Management. s.l. : Institute for Global Environmental Strategies, 2019.

**BEHERA, Sudhanshu & SAMAL, Kundan.** Sustainable approach to manage solid waste through biochar assisted composting. Energy Nexus. [Online] 2022. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772427122000766>.

**BRITO, Hannibal; et al.** Obtención De Compost A Partir De Residuos Sólidos Orgánicos Generados En El Mercado Mayorista De Cantón Riobamba. 2016.

**BUENO, Pedro; et al** Factores que afectan al proceso de Compostaje. s.l. : Universidad de Huelva, 2018.

**CASTILLO, Lady.** Evaluación de la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) en el distrito de Huayucachi, Huancayo, 2019. s.l. : Universidad Continental, 2020.

**CEPAL. 2020.** Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios. Quito : CEPAL, 2020. ISBN.

**CHUVA, Silvio.** Elaboración de compost a partir de residuos sólidos orgánicos generados en el mercado mayorista del cantón Riobamba. 2018.

**COBOS, Karen.** Calidad de compost a partir de residuos agropecuarios con el método Takakura, y su efecto en el desarrollo de la planta de maíz en su fase inicial. Cuenca : Universidad Católica de Cuenca, 2023.

**DE LA PEÑA , Nolberto & PERCIDA, Cliliana.** Microorganismos eficientes en la producción de compost con pollinaza en Río Negro. Peú : Universidad Nacional del Centro del Perú, 2019.

**DELGADO, Maria; et al.** Assessment of the composting process of poultry manure using different mixtures of substrates. España : Revista Internacioinal de Contaminacion Ambiental, 2019.

**DI SALVO, Lucia; et al.** Ecología microbiana del proceso de compostaje de suelo contaminado con petróleo. México : CONICET, 2018.

**DUEÑAS, Juan & INTRIAGO, Fran.** Contenido de metales pesados (Cu, Pb, Ni, Cd) en abonos orgánicos y las materias primas para su elaboración. s.l. : Universidad Técnica de Manabí, 2021.

**ESPANTOSO , Raúl.** Obtención de biogás y abono líquido mediante la descomposición anaeróbica de residuos de la fermentación del mucílago de cacao en Pucallpa - Perú. s.l. : Universidad Científica, 2020.

**GALEAS, Henry.** Diseño e implementación de un biodigestor para la producción de un bioabono a partir de estiércol de ganado vacuno en el Relleno Sanitario del GAD Municipal del cantón La Joya de los Sachas. s.l. : Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2018.

**GALLARDO, Noemi & GARCÍA, Claudia.** Mecanismo de inmovilización de metales pesados en suelos agrícolas mediante enmiendas orgánicas (Compost y Biochar) y Microorganismos Benéficos (MOBs). Perú : Universidad Peruana Unión, 2020.

**GIL, Concepción & TERÁN , Irene del Carmen.** Estudio comparativo medioambiental y económico de sistemas de aireación para el compostaje de residuos vegetales con estiércol de cobaya. Guatemala : Universidad Miguel Hernández, 2018.

**GIRALDO, Nelly & CHARÄ, Julián.** Livestock Research. [Online] 2022. [Cited: Octubre 12, 2023.] <http://www.lrrd.cipav.org.co/lrrd34/3/3417vicky.html>.

**GUIZADO, Jhonatan.** Eficiencia de la gallinaza en la elaboración de compost mediante pilas dinámicas, a partir de los residuos orgánicos de la Universidad Peruana Unión. s.l. : Universidad Peruana Unión, 2018.

**GUO, Xiao-xia & HONGTAO, Liu.** Humic substances developed during organic waste composting: Formation mechanisms, structural properties, and agronomic functions. s.l. : Science of The Total Environment, 2019. Vol. 662, 20.

**GURMESSA, Biyensa; et al.** Short term effects of digestate and composted digestate on soil health and crop yield: Implications for sustainable biowaste management in the bioenergy sector. [Online] 2024. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969723058357>.

**HAYNA, Huber.** Descomposición aeróbica de paja de cebada (*Hordeum vulgare*) para reducir la eutrofización en aguas de los Pantanos de Villa 2020. Perú : Universidad César Vallejo, 2020.

**HURTADO, Gady.** Valorización de Residuos Orgánicos Municipales y su Compostaje Mediante el Método Takakura, Distrito de San Jerónimo, Andahuaylas 2022. Perú : Universidad Cesar Vallejo, 2022.

**JARA, Jannet.** Manejo y Caracterización de Residuos Sólidos Urbanos de la Provincia de Chimborazo- Ecuador y su Potencial de uso en Agricultura. Escuela Superior Politécnica de Orihuela, s.l. : 2014.

**LOZADA, Víctor.** Rol de la materia orgánica en la calidad del suelo. s.l. : UNiversidad de Babahoyo, 2019.

**LUNA, Alfonso; et al.** Producción de composta mediante descomposición aeróbica de residuos orgánicos en huertos de guayaba. s.l. : Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan, 2018. Vol. 6, 2.

**MALPARTIDA, Liz.** Gestión ambiental de los residuos sólidos orgánicos de origen vegetal generados en el mercado de abastos de la ciudad de Huánuco para la producción de compost en los meses de julio a setiembre del 2014. Chile : Universidad de Huanuco, 2020.

**MAZA, Jefferson.** Efectividad del método Takakura en la elaboración de compost con otros métodos de compost en Latinoamérica: revisión sistemática, 2014 – 2022. Perú : Universidad César Vallejo, 2022.

**MESSINA, Diego & SALGADO, Rubén.** El rol de las energías renovables en la electrificación del transporte público y privado de las ciudades de América Latina y el Caribe: impactos, desafíos y oportunidades ambientales. s.l. : Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2022.

**MONTES, Carolina.** Estudio de los residuos sólidos en Colombia. Bogotá : Universidad Externado de Colombia, 2018. ISBN .

**MÚÑOZ, Mauricio.** Evaluación del proceso y viabilidad de compostaje con sangre bovina y estiércol generados en una planta de beneficio animal. El Salvador : Universidad de la Costa, 2018.

**OXFAM.** [En línea] 25 de Enero de 2018. [Citado el: 11 de Octubre de 2023.] <https://blog.oxfamintermon.org/como-hacer-compost-casero/>.

**PALACIOS, Karla & VÁSQUEZ, Mery.** Biorremediación de un suelo contaminado con aceite automotriz usado mediante compostaje a base de residuos orgánicos. s.l. : Universidad de Guayaquil, 2022.

**PAZMIÑO, Joselyn.** GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL CANTÓN CEVALLOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA. Ambato : s.n., 2022.

**ROMAN, Pilar.** Manual de compostaje del agricultor. [En línea] 23 de Abril de 2018. [Citado el: 11 de Octubre de 2024.] [https://www.researchgate.net/figure/Figura-4-Hongo-indicador-de-la-fase-mesofila-II\\_fig1\\_311588749](https://www.researchgate.net/figure/Figura-4-Hongo-indicador-de-la-fase-mesofila-II_fig1_311588749).

**SEMMARTIN, María; et al.** Los Residuos Sólidos Urbanos Doscientos Años de Historia Porteña. s.l. : Revista de La Facultad de Agronomía UBA, 2010. pp. 53-64. Vol. 20.

**SENPLADES.** Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo . [En línea] 2021. <https://www.planificacion.gob.ec/wp-%20content/uploads/2021/09/Plan-deCreacio%CC%81n-de-Oportunidades-2021-2025-%20Aprobado.pdf>.

**SOSA, Laura; et al.** Addition of compost changed responses of soil-tree system in olive groves in relation to the irrigation strategy. 2023. Vol. 284, 3.

**SUBSECRETARÍA DE CALIDAD AMBIENTAL.** Gestión de residuos sólidos y economía circular inclusiva (GRECI). Quito : Ministerio del ambiente, 2022. ISSN.

**TALLER HUERTO HURBANO.** [En línea] 23 de Abril de 2019. [Citado el: 12 de Octubre de 2023.] <https://docplayer.es/69652703-Descomposicion-aerobica.html>.

**VALENCIA, Washington.** Elaboración y caracterización de compost obtenido a partir de los residuos orgánicos generados en la escuela superior politécnica de Chimborazo (ESPOCH). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba : 2016.

**VARGAS, Angelo.** Optimización de la descomposición anaeróbica del rastrojo del cultivo de piña (ananas comusus var. comusus cv. md2) para el manejo de la mosca del establo (stomoxys calcitrans l.)(dip.: muscidae) en Río Cuarto, Costa Rica. s.l. : Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2019.



## ANEXOS

### ANEXO A: ENCUESTAS REALIZADAS EN ANDIGNATO



### ANEXO B: VISITA AL BOTADERO DE BASURA DEL CANTÓN CEVALLOS



### ANEXO C: CAPACITACIONES A LOS MORADORES DEL CASERÍO ANDIGNATO





**ANEXO D: CONSTRUCCIÓN DE UN TIPO INVERNADERO PARA PROTEGER AL COMPOST DE LA LLUVIA, VIENTO Y SOL**



**ANEXO E: PREPARACIÓN DE LAS SOLUCIONES MICROBIANAS**



**ANEXO F: RECOLECCIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS**





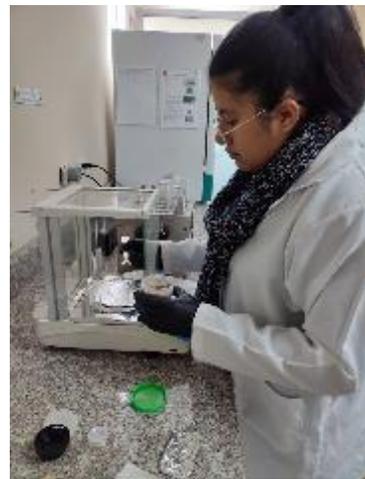
**ANEXO G: PESAJE Y CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS**





**ANEXO H: ANÁLISIS DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS**





**ANEXO I: MONTAJE DE LA PILA**



**ANEXO J: MEDICIÓN DE HUMEDAD, TEMPERATURA Y VOLTEOS**





**ANEXO K: ENSACADO DEL COMPOST PARA ENTREGAR A LA COMUNIDAD**



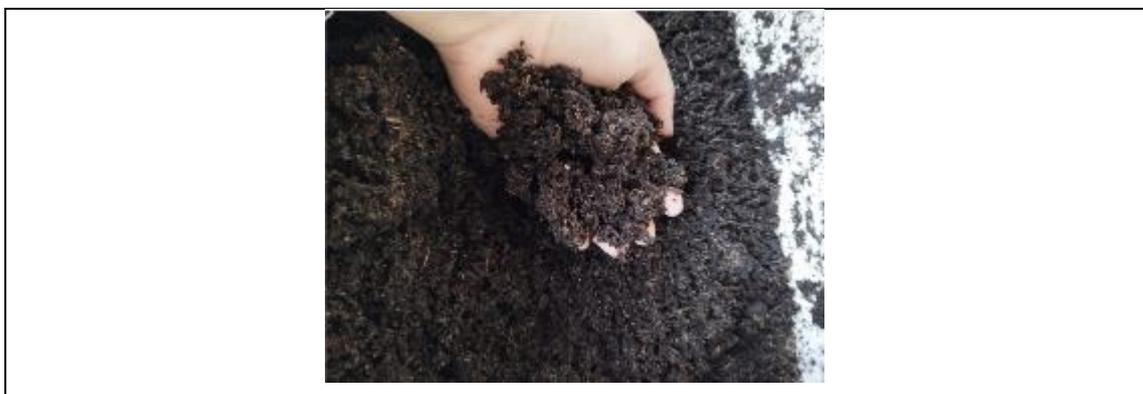
**ANEXO L: TAMIZADO DEL COMPOST**



**ANEXO M: ENTREGA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS A LAS PERSONAS DEDICADAS AL RECICLAJE**



**ANEXO N: COMPOST**





**ANEXO O: RELACIÓN C/N**

RESIDUO	DATOS				CÁLCULOS			RESULTADO		
	kg	% Humedad	% Carbono	% Nitrógeno	Peso Húmedo	sms (masa seca)	% Carbono (sec)	% Nitrógeno (sec)	% Humedad (mezcla)	Relación C/N
<b>Estiércol Bovino</b>	280	71	30,6	1,7	198,8	81,20	24,85	1,38	60,89	30,77
<b>Viruta</b>	250	26	50,65	0,14	65	185,00	93,70	0,26		
<b>Cascarilla</b>	250	8	39,1	0,6	20	230,00	89,93	1,38		
<b>Rsu</b>	1000	85	27,6	1,09	800	200,00	76,40	6,24		
<b>Total</b>	1780									

**ANEXO P: FICHA DE REGISTRO DE RECOLECCIÓN DE LAS MUESTRAS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS**

NRO. DE MUESTRAS: 55			PESO EN KG									
Cod. De vivienda	Nro. Habitantes	Dirección	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Kg	Media	GPC (kg/hab*día)
<b>VA01</b>	3	Andignato	0	1,15	1,67	1,52	1,87	2,83	1,71	10,75	1,792	0,60
<b>VA02</b>	5	Andignato	0	3,45	3,13	2,98	3,34	3,42	2,97	19,29	3,215	0,64
<b>VA03</b>	3	Andignato	0	1,18	1,76	0,93	1,77	1,56	1,03	8,23	1,372	0,46
<b>VA04</b>	4	Andignato	0	2,41	1,03	1,79	1,65	2,37	2,07	11,32	1,887	0,47
<b>VA05</b>	5	Andignato	0	3,16	2,09	3,14	3,17	3,07	2,01	16,64	2,773	0,55
<b>VA06</b>	3	Andignato	0	1,22	2,1	1,4	1,13	1,18	1,85	8,88	1,48	0,49

<b>VA07</b>	3	Andignato	0	1,41	2,11	1,84	1,28	1,31	1,99	9,94	1,657	0,55
<b>VA08</b>	4	Andignato	0	2,62	2,22	2,96	1,87	2,17	1,85	13,69	2,282	0,57
<b>VA09</b>	2	Andignato	0	0,87	1,3	0,91	0,74	0,89	0,55	5,26	0,877	0,44
<b>VA10</b>	4	Andignato	0	2,15	1,89	1,47	1,63	2,8	0,89	10,83	1,805	0,45
<b>VA11</b>	3	Andignato	0	0,75	1,17	1,21	0,93	1,35	0,98	6,39	1,065	0,36
<b>VA12</b>	3	Andignato	0	0,82	0,73	1,2	0,82	0,95	0,73	5,25	0,875	0,29
<b>VA13</b>	4	Andignato	0	1,27	1,03	1,16	1,12	1,22	0,91	6,71	1,118	0,28
<b>VA14</b>	5	Andignato	0	2,56	2,86	2,85	3,29	3,34	2,89	17,79	2,965	0,59
<b>VA15</b>	3	Andignato	0	0,86	0,51	0,93	0,87	1,33	0,78	5,28	0,88	0,29
<b>VA16</b>	5	Andignato	0	2,48	3,09	3,06	2,97	2,18	2,89	16,67	2,778	0,56
<b>VA17</b>	4	Andignato	0	1,37	2,07	2,13	2,94	1,17	1,06	10,74	1,79	0,45
<b>VA18</b>	4	Andignato	0	1,57	1,89	0,94	1,97	1,29	1,4	9,06	1,51	0,38
<b>VA19</b>	3	Andignato	0	0,94	0,56	0,31	0,47	1,29	1,57	5,14	0,857	0,29
<b>VA20</b>	3	Andignato	0	0,87	0,86	1,58	1,3	0,97	1,45	7,03	1,172	0,39
<b>VA21</b>	2	Andignato	0	0,49	0,41	0,38	0,43	0,41	0,34	2,46	0,41	0,21
<b>VA22</b>	3	Andignato	0	1,43	0,91	0,87	0,99	1,37	1,55	7,12	1,187	0,40
<b>VA23</b>	2	Andignato	0	0,37	0,31	0,34	0,31	0,27	0,29	1,89	0,315	0,16
<b>VA24</b>	4	Andignato	0	1,83	2,31	1,9	1,79	1,81	1,34	10,98	1,83	0,46
<b>VA25</b>	5	Andignato	0	2,34	3,01	2,67	2,35	2,07	2,8	15,24	2,54	0,51
<b>VA26</b>	3	Andignato	0	1,38	1,27	1,21	2,3	1,32	1,65	9,13	1,522	0,51
<b>VA27</b>	2	Andignato	0	0,49	0,38	0,45	0,21	0,47	0,55	2,55	0,425	0,21
<b>VA28</b>	3	Andignato	0	1,58	1,47	0,89	1,55	0,38	0,43	6,3	1,05	0,35
<b>VA29</b>	3	Andignato	0	0,66	0,56	0,51	0,59	0,57	0,53	3,42	0,57	0,19

<b>VA30</b>	3	Andignato	0	1,03	0,87	1,21	0,96	1,11	0,86	6,04	1,007	0,34
<b>VA31</b>	4	Andignato	0	1,94	2,15	1,39	1,93	1,91	1,85	11,17	1,862	0,47
<b>VA32</b>	2	Andignato	0	0,47	0,36	0,37	0,41	0,39	0,43	2,43	0,405	0,20
<b>VA33</b>	3	Andignato	0	0,33	0,27	0,34	0,31	0,29	0,27	1,81	0,302	0,10
<b>VA34</b>	2	Andignato	0	0,08	0,12	0,11	0,07	0,16	0,1	0,64	0,107	0,05
<b>VA35</b>	6	Andignato	0	3,06	3,59	2,71	3,01	2,18	2,47	17,02	2,837	0,47
<b>VA36</b>	5	Andignato	0	2,18	2,01	2,17	2,12	1,98	2,48	12,94	2,157	0,43
<b>VA37</b>	2	Andignato	0	0,22	0,21	0,19	0,22	0,18	0,19	1,21	0,202	0,10
<b>VA38</b>	3	Andignato	0	1,37	0,94	1,29	1,27	1,41	1,18	7,46	1,243	0,41
<b>VA39</b>	5	Andignato	0	2,04	3,82	2,45	3,13	1,96	2,83	16,23	2,705	0,54
<b>VA40</b>	3	Andignato	0	1,88	1,17	1,23	1,08	2,13	0,62	8,11	1,352	0,45
<b>VA41</b>	5	Andignato	0	2,62	3,02	2,84	1,64	2,57	2,53	15,22	2,537	0,51
<b>VA42</b>	4	Andignato	0	1,95	1,64	2,21	2,94	1,89	1,47	12,1	2,017	0,50
<b>VA43</b>	3	Andignato	0	0,87	0,42	0,59	0,82	1,25	1,37	5,32	0,887	0,30
<b>VA44</b>	2	Andignato	0	0,35	0,29	0,28	0,37	0,29	0,21	1,79	0,298	0,15
<b>VA45</b>	2	Andignato	0	0,21	0,15	0,09	0,22	0,17	0,13	0,97	0,162	0,08
<b>VA46</b>	3	Andignato	0	0,83	1,34	1,31	0,86	0,54	1,28	6,16	1,027	0,34
<b>VA47</b>	4	Andignato	0	2,31	0,83	1,42	2,14	1,95	1,73	10,38	1,73	0,43
<b>VA48</b>	4	Andignato	0	2,07	2,06	2,12	1,99	2,11	2,38	12,73	2,122	0,53
<b>VA49</b>	4	Andignato	0	3,11	2,84	1,71	1,73	2,01	2,37	13,77	2,295	0,57
<b>VA50</b>	3	Andignato	0	1,54	0,92	1,46	0,93	1,84	0,78	7,47	1,245	0,42
<b>VA51</b>	5	Andignato	0	3,36	3,23	3,03	2,13	3,29	2,23	17,27	2,878	0,58
<b>VA52</b>	6	Andignato	0	4,11	3,86	3,07	2,01	2,09	3,11	18,25	3,042	0,51

<b>VA53</b>	5	Andignato	0	2,06	3,08	1,17	2,25	2,08	1,89	12,53	2,088	0,42
<b>VA54</b>	6	Andignato	0	4,07	3,54	2,43	4,23	3,11	3,67	21,05	3,508	0,58
<b>VA55</b>	3	Andignato	0	1,64	0,94	1,29	1,31	1,42	0,97	7,57	1,262	0,42

ANEXO Q: FORMATO DE LA ENCUESTA REALIZADA EN EL CASERÍO  
ANDIGNATO



**ESPOCH**

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

**“APROVECHAMIENTO COMUNITARIO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA  
OBTENCIÓN DE COMPOST EN EL CASERÍO ANDIGNATO CANTÓN CEVALLOS, PROVINCIA DE  
TUNGURAHUA”**

**Objetivo:** Recoger información acerca del manejo de los residuos sólidos en los domicilios.

**ENCUESTA A LA COMUNIDAD**

**1. Sexo**

Masculino ( )                      Femenino ( )

**2. Edad**

18- 29 ( )                      30- 49 ( )                      50 - en adelante ( )

**3. Grado de instrucción**

Primaria ( )                      Secundaria ( )                      Superior ( )                      Sin estudios ( )

**4. ¿Sabe usted que son los residuos domiciliarios?**

Si ( )                      No ( )

**5. ¿Qué clase de residuos genera más en su domicilio?**

Materia orgánica ( )                      Cartón ( )                      Papel ( )                      Plástico ( )                      Chatarra ( )

**6. ¿Conoce usted sobre la clasificación de los residuos?**

Si ( )                      No ( )

**7. ¿Qué tipo de residuos sólidos clasifican en su domicilio?**

Materia orgánica ( )                      Cartón ( )                      Papel ( )                      Plástico ( )                      Vidrio ( )                      Ninguno ( )

**8. ¿En qué actividades utiliza los residuos orgánicos dentro de su hogar?**

Agricultura ( )                      Crianza de animales ( )                      Abono orgánico ( )                      Ninguno ( )

**9. ¿Qué considera usted que dificulta la clasificación de los residuos en el hogar?**

Falta de contenedores ( )                      Desconocimiento ( )                      Falta de tiempo ( )

**10. ¿Estaría usted dispuesto a clasificar sus residuos según su tipo (residuos orgánicos/ cartón/ plástico/ vidrio en su hogar?**

Si ( )                      No ( )



**ESPOCH**

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

11. ¿Cree usted que se le puede dar otra disposición final a sus residuos orgánicos?

Si (  )                  No (  )

12. ¿Sabe usted que es el compost/ abono?

Si (  )                  No (  )

13. ¿Ha realizado usted alguna vez compost?

Si (  )                  No (  )

14. ¿Estaría usted dispuesto a realizar compost con sus residuos orgánicos?

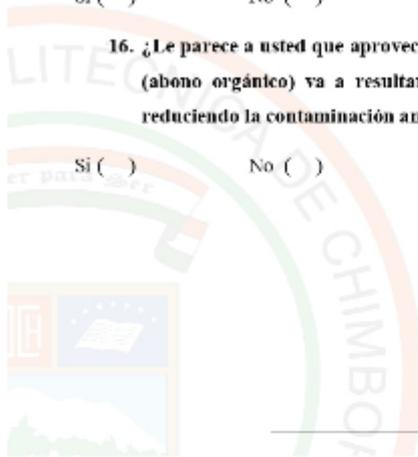
Si (  )                  No (  )

15. ¿Si se designara un lugar comunitario para realizar compost, estaría usted dispuesto a depositar voluntariamente sus desechos orgánicos en el lugar?

Si (  )                  No (  )

16. ¿Le parece a usted que aprovechar los residuos orgánicos de la comunidad para la elaboración de compost (abono orgánico) va a resultar beneficioso tanto como para el planeta y la comunidad donde habita, reduciendo la contaminación ambiental?

Si (  )                  No (  )





**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA**  
**NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO**

**Fecha de entrega:** 22/ 01 / 2024

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Samantha Elizabeth Gil Núñez Wendy Anabell Oñate Barreno
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Ciencias
<b>Carrera:</b> Ingeniería Ambiental
<b>Título a optar:</b> Ingeniera Ambiental
 <b>Director del Trabajo de Integración Curricular</b> Ing. Hannibal Lorenzo Brito Moina MSc.
 <b>Asesor del Trabajo de Integración Curricular</b> Ing. María Soledad Núñez Moreno MSc.