



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TRABAJO DE TITULACIÓN COMO REQUISITO

PREVIO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERO AMBIENTAL

**PROPUESTA PARA UN MANEJO INTEGRADO DE
DESECHOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS, COMUNA CAMPO
ALEGRE-PUNÁ**

AUTOR

ZAMBRANO MURUZUMBAY WILMER STALIN

TUTOR

BLGO. RAÚL ENRIQUE ARÍZAGA GAMBOA, Msc

GUAYAQUIL, ECUADOR

2026



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

APROBACIÓN DEL TUTOR

El suscrito, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: "PROPUESTA PARA UN MANEJO INTEGRADO DE DESECHOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS, COMUNA CAMPO ALEGRE-PUNÁ", realizado por el estudiante ZAMBRANO MURUZUMBAY WILMER STALIN, con cédula de identidad N°0953495074 de la carrera INGENIERÍA AMBIENTAL, Unidad Académica Guayaquil, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos y legales exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto, se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,


Blgo. ARÍZAGA GAMBOA RAUL, M.Sc

Guayaquil, 24 de septiembre del 2026



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: "PROPUESTA PARA UN MANEJO INTEGRADO DE DESECHOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS, COMUNA CAMPO ALEGRE-PUNÁ", realizado por el estudiante ZAMBRANO MURUZUMBAY WILMER STALIN, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,


Ing. CADENA ITURRALDE JAIME, M.Sc.
PRESIDENTE


Ing. ORTEGA ORDOÑEZ CARLOS, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL


Ing. PACHECO CONDO YESENIA, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL


Blgo. ARIZAGA GAMBOA RAUL, M.Sc.
EXAMINADOR SUPLENTE

Guayaquil, 24 de septiembre del 2026

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de titulación a mis padres, quienes han sido el pilar fundamental en mi vida. Gracias por su apoyo incondicional, sus consejos y por confiar en mí en cada paso de este proceso. Su esfuerzo, sacrificio y amor han sido la motivación que me impulsó a seguir adelante y no rendirme, incluso en los momentos más difíciles. Este logro también es de ustedes.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres por el apoyo constante brindado durante el desarrollo de este Trabajo de Titulación. Su respaldo emocional y económico fue fundamental para cumplir con cada una de las etapas del proceso investigativo, permitiéndome disponer del tiempo y los recursos necesarios para su ejecución. Asimismo, a mis amigas Dennise y Michelle por su apoyo y ayuda en todo mi proceso de estudio. Motivación permanente propia, la cual contribuyó a mantener la disciplina y el compromiso requeridos para la culminación de este proyecto.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo, Zambrano Muruzumbay Wilmer Stalin, en calidad de autor del proyecto realizado, sobre "PROPUESTA PARA UN MANEJO INTEGRADO DE DESECHOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS, COMUNA CAMPO ALEGRE-PUNÁ" para optar el título de Ingeniero Ambiental, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Guayaquil, septiembre 24 del 2026


ZAMBRANO MURUZUMBAY WILMER STALIN
C.I. 0953495074

RESUMEN

La presente propuesta presenta un modelo de manejo integrado de desechos sólidos no peligrosos, mediante el aprovechamiento de los residuos orgánicos, se elaboró un Plan Integral en la comuna Campo Alegre, parroquia Puná. Se desarrolló una investigación con enfoque mixto, mediante la caracterización cuantitativa y cualitativa de los residuos orgánicos, encuestas y la evaluación comparativa de las técnicas de Bocashi y lombricompostaje. El diagnóstico evidenció una gestión deficiente de los desechos sólidos, predominando la disposición a cielo abierto (50 %), quema (25 %), reutilización o transformación (25 %), además de la ausencia de un sistema de recolección y separación en la fuente. La generación per cápita promedio fue de 0,066 kg/hab/día, identificándose como principales residuos orgánicos los restos de verduras (28 %), restos de frutas (18 %), cáscara de fruta (17 %), restos de alimentos no grasos (15 %), residuos de jardín (10 %), cáscara de huevo (5 %), hierbas y restos vegetales (7 %). En el análisis comparativo, el lombricompostaje presentó un 27,77 % de consumo de residuos orgánicos, 43 % de humedad y temperaturas estables entre 27 y 31 °C, mientras que el Bocashi obtuvo un consumo de 23,80 % y 30 % de humedad. Ambos tratamientos produjeron compost con características adecuadas para su aprovechamiento en la comuna. Con los resultados obtenidos, se elaboró un Plan Integral de Gestión de Desechos Sólidos No Peligrosos, orientado a fortalecer la separación en la fuente y priorizar el lombricompostaje como alternativa más eficiente para el aprovechamiento de los residuos orgánicos en la comuna Campo Alegre.

Palabras claves: *Gestión de desechos sólidos, Residuos orgánicos, Compostaje, Economía circular, Comuna Campo Alegre – Puná.*

ABSTRACT

This proposal presents an integrated solid waste management model for non-hazardous waste, utilizing organic waste. An Integrated Plan was developed for the Campo Alegre community in the Puná parish. A mixed-methods research approach was used, employing quantitative and qualitative characterization of organic waste, surveys, and a comparative evaluation of Bokashi and vermicomposting techniques. The diagnosis revealed deficient solid waste management, with open-air disposal (50%), burning (25%), and reuse or transformation (25%) predominating, in addition to the absence of a source collection and separation system. The average per capita waste generation was 0.066 kg/person/day, with the main organic waste identified as vegetable scraps (28%), fruit scraps (18%), fruit peels (17%), non-fatty food scraps (15%), garden waste (10%), eggshells (5%), and weeds and plant debris (7%). In the comparative analysis, vermicomposting showed a 27.77% organic waste consumption, 43% moisture content, and stable temperatures between 27 and 31 °C, while Bokashi achieved a consumption of 23.80% and 30% moisture content. Both treatments produced compost with characteristics suitable for use in the community. Based on these results, a Comprehensive Non-Hazardous Solid Waste Management Plan was developed, aimed at strengthening source separation and prioritizing vermicomposting as the most efficient alternative for organic waste utilization in the Campo Alegre community.

Keywords: *Solid waste management, Organic waste, Composting, Circular economy, Campo Alegre – Puná Commune.*

ÍNDICE GENERAL

1.	INTRODUCCIÓN	23
1.1	Antecedentes del problema	23
1.2	Planteamiento y formulación del problema	25
1.2.1	Planteamiento del problema	25
1.2.2	Formulación del problema	26
1.3	Justificación de la investigación	26
1.4	Delimitación de la investigación	27
1.5	Objetivo general	28
1.6	Objetivos específicos	28
1.7	Hipótesis o idea a defender	28
2.	Marco teórico	29
2.1	Estado del arte	29
2.2	Bases científicas y teóricas de la temática.....	30
2.3	MARCO LEGAL	33
2.3.1	CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR (2008). 33	
2.3.2	CONVENCIÓN DE LA NACIONES UNIDAS DE LUCHA CONTRA LA DESERTIFICACIÓN (1994).....	35
2.3.3	LEY ORGÁNICA DE TIERRAS RURALES Y TERRITORIOS ANCESTRALES (2016).....	36
2.3.4	LEY ORGÁNICA DE ECONOMÍA CIRCULAR INCLUSIVA (2021)	37
2.3.5	CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE (2017).....	37
2.3.6	CÓDIGO ORGÁNICO INTEGRAL PENAL (2021).....	39
2.3.7	ORDENANZA QUE REGULA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS DE MATERIAL RECUPERABLE EN EL CANTÓN GUAYAQUIL (2021)	39
2.3.8	REGLAMENTO AL CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE (2019)	40

2.3.9 ACUERDO Nro. MAATE-MAATE-2024-0084-A (2024).....	41
2.3.10 ORDENANZA QUE REGULA LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DEL CANTÓN PEDRO VICENTE MALDONADO, ASÍ COMO LA APLICACIÓN DE LA TASA RETRIBUTIVA POR ESTE SERVICIO (2022).	42
2.3.11 CONSEJO NACIONAL DE COMPETENCIAS (2015).....	43
2.3.12 NTE INEN 2841 (2014)	43
3. MATERIALES Y MÉTODOS	44
3.1 Enfoque de la investigación	44
3.1.1 Tipo y alcance de la investigación	44
3.1.2 Diseño de investigación.....	45
3.2 Metodología	48
3.2.1 Variables.....	48
3.2.1.1 Variable independiente.	48
3.2.1.2 Variable dependiente.	48
3.2.2 Matriz de operacionalización de variables	49
3.2.3 Recolección de datos	49
3.2.3.1 Recursos.....	49
3.2.3.1.1 <i>Equipo de campo y laboratorio</i>	49
3.2.3.1.2 <i>Materiales e insumos</i>	49
3.2.3.1.3 <i>Herramientas tecnológicas o software</i>	49
3.2.3.2 Método y técnicas.	50
3.2.3.2.1 <i>Métodos</i>	50
3.2.3.2.2 <i>Técnicas</i>	50
3.2.4 Población y muestra	52
3.2.4.1 Población.	52
3.2.4.2 Muestra.	52
3.2.5 Análisis estadístico	53
4. RESULTADOS.....	55

4.1 Diagnóstico de la situación actual de la gestión de desechos sólidos orgánicos no peligrosos mediante la caracterización cuantitativa y cualitativa.	55
4.2 Residuos recolectados en la comuna	61
4.3 Realización de dos técnicas de compostaje, Bocashi y lombricompostaje para el análisis comparativo de N, P, K, pH, T, % de humedad y % de consumo de residuos orgánicos	67
4.4 Elaboración de un Plan Integral de desechos no peligrosos con énfasis en el aprovechamiento de residuos orgánicos.....	72
4.4.1 Alcance.....	73
4.4.2 Descripción del Sistema de Manejo de Desechos Sólidos	73
4.4.2.1 Recipiente domiciliario para residuos orgánicos	74
4.4.2.2 Recipientes comunitarios	76
4.4.3 Recolección y Transporte de Residuos Orgánicos	76
4.4.3.1 Procedimientos de recolección	77
4.4.3.2 Ruta de recolección	77
4.4.3.3 Costo del transporte.....	78
4.4.4 Área Comunitaria de Tratamiento.....	78
4.4.4.1 Preparación de los Trabajadores antes de Ingresar al Área80	
4.4.5 Diseño e Incorporación de Lombrices	82
4.4.5.1 Incorporación de Lombrices.....	84
4.4.5.2 Responsable de la Incorporación y Control de las Lombrices	85
4.4.5.3 Protocolo Paso a Paso de Incorporación de las Lombrices	86
4.4.6 Alimentación y Manejo de los Lechos	87
4.4.6.1 Alimentación Inicial Referencial	87
4.4.6.2 Manejo de los Lechos	89
4.4.6.3 Responsable de la Determinación de Cantidades de Residuos por Lecho.....	89

4.4.6.3.1 Protocolo Paso a Paso de Alimentación de los Lechos ...	90
4.4.6.4 Responsable del Volteo Semanal y de la Medición de Parámetros	91
4.4.6.4.1 Protocolo Paso a Paso del Volteo Semanal	92
4.4.6.4.2 Protocolo Paso a Paso de la Medición de Parámetros	93
4.4.6.5 Ficha Técnica de Control de Alimentación y Manejo de los Lechos	93
4.4.6.6 Responsable y Control del Lombricompost (Producto Final)	94
4.4.6.6.1 Protocolo Paso a Paso de Cosecha del Lombricompost..	95
4.4.6.7 Capacitación Previa del Responsable del Lombricompostaje	96
4.4.7 Estimación Operativa de Hogares Participantes	97
4.4.8 Identificación de Riesgos y Amenazas	98
4.4.8.1 Matriz de riesgos.....	99
4.4.9 Medidas de Prevención y Mitigación	99
4.4.9.1 Medidas Técnicas	99
4.4.9.2 Cubierta	100
4.4.9.3 Sistema de Lixiviados	101
4.4.9.3.1 Protocolo Paso a Paso de Recolección de Lixiviados	102
4.4.9.3.2 Ficha Técnica de Control de Lixiviados	103
4.4.9.4 Control de Humedad	105
4.4.9.5 Control de Temperatura	106
4.4.9.6 Control de pH.....	108
4.4.9.7 Medidas Sociales	109
4.4.9.8 Medidas Logísticas	110
4.4.9.9 Medidas Ambientales.....	112
4.4.10 Plan de Respuesta Ante Contingencias	113

4.4.10.1 Activación del Plan.....	113
4.4.10.2 Acciones Inmediatas	113
4.4.10.3 Responsables	114
4.4.11 Plan de Recuperación	114
4.4.12 Organización Comunitaria y Roles	114
4.4.13 Personal Operativo	115
4.4.14 Jornada y Remuneración del Personal.....	117
4.4.14.1 Jornada Referencial	117
4.4.14.2 Remuneración Referencial.....	119
4.4.15 Plan de Capacitación y Comunicación	120
4.4.16 Presupuesto Referencial	121
4.4.17 Transporte de Residuos Orgánicos	121
4.4.18 Monitoreo, Evaluación y Actualización	122
4.4.19 Metas e Indicadores del Plan	123
4.4.19.1 Cronograma de implementación	123
4.4.20 Programa de Manejo de Residuos Reciclables y No Aprovechables	123
4.4.20.1 Residuos Reciclables.....	124
4.4.20.2 Residuos No Aprovechables.....	126
4.4.20.3 Costo de traslado de residuos no aprovechables	128
4.4.21 Preparación paso a paso del lombricompostaje	129
5. DISCUSIÓN	135
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	138
6.1 Conclusiones.....	138
6.2 Recomendaciones	138
Bibliografía.....	140
Anexos.....	145

APÉNDICES	174
-----------------	-----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Diagrama de flujo del procedimiento de recolección, compostaje y análisis de los residuos orgánicos</i>	50
Figura 2 <i>Percentiles de aceptación de compostaje en la comuna</i>	55
Figura 3 <i>Percentiles de prácticas de disposición de desechos dentro de la Comuna</i>	55
Figura 4 <i>Percentiles de recolección de residuos en la Comuna</i>	56
Figura 5 <i>Percentil sobre la necesidad de mejoramiento de gestión de los residuos en la Comuna</i>	56
Figura 6 <i>Percentil de aprobación de compostaje en la Comuna</i>	57
Figura 7 <i>Percentil sobre favorecimiento de compostaje de buena calidad</i>	57
Figura 8 <i>Percentil sobre iniciativa por parte de pobladores para la buena gestión de residuos</i>	58
Figura 9 <i>Percentil sobre aceptación de aprovechamiento de residuos orgánicos en la Comuna</i>	58
Figura 10 <i>Percentil sobre producción de compost en la Comuna</i>	59
Figura 11 <i>Percentil de aceptación de compostaje en la zona</i>	60
Figura 12 <i>Percentil de compromiso con buenas prácticas de separación de residuos en la Comuna</i>	60
Figura 13 <i>Percentil de aceptación de implementación de plan integral de desechos sólidos</i>	61
Figura 14 <i>Comparación de peso de residuos sólidos recolectados en todas las semanas</i>	63
Figura 15 <i>Diagrama de barras de generación per cápita</i>	66
Figura 16 <i>Diagrama de pastel sobre generación per cápita</i>	66
Figura 17 <i>Croquis referencial de la distribución del área de compostaje de 100 m²</i>	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cantidad de residuos producido en la comuna.....	61
Tabla 2. Clasificación de residuos generados en la comuna.....	64
Tabla 3. Temperatura recopilada de compostaje-lombricompost.....	67
Tabla 4. Temperatura recopilada de compostaje-bocashi.....	68
Tabla 5. Datos obtenidos del pesaje de las muestras para obtención de % de consumo.....	69
Tabla 6. Datos obtenidos mediante pesaje de muestras para obtención de % de humedad	70
Tabla 7. Resultados obtenidos de pH, N, P, K de muestra de lombricompostaje	70
Tabla 8. Resultados obtenidos de pH, N, P, K de muestra de compostaje bocashi.....	71
Tabla 9. Características y disposición de los recipientes domiciliarios para residuos orgánicos	74
Tabla 10. Destinación y gestión de los recipientes para residuos	76
Tabla 11. Procedimiento para la recolección y manejo de residuos orgánicos.....	77
Tabla 12. Parámetros referenciales para la determinación del costo de transporte	78
Tabla 13. Dimensiones y características de los lechos de lombricompostaje	82
Tabla 14. Distribución inicial de lombrices en los lechos de lombricompostaje	84
Tabla 15. Alimentación referencial de los lechos de lombricompostaje.....	87

Tabla 16. Ficha técnica de control de alimentación, volteo y parámetros de los lechos de lombricompostaje	94
Tabla 17. Ficha técnica de control de la cosecha y calidad del lombricompost (producto final)	96
Tabla 18. Capacitación referencial previa del Responsable del Lombricompostaje	96
Tabla 19. Características y dimensiones de la cubierta de policarbonato	100
Tabla 20. Componentes y funciones del sistema de manejo de lixiviados	101
Tabla 21. Materiales del sistema de recolección de lixiviados por lecho .	102
Tabla 22. Ficha técnica de control de lixiviados por lecho.....	103
Tabla 23. Ficha técnica de control de recolección de residuos orgánicos	111
Tabla 24. Actores responsables y funciones para el cumplimiento del plan	114
Tabla 25. Personal operativo y distribución de funciones.....	115
Tabla 26. Jornada semanal referencial para la gestión de residuos y operación del lombricompostaje.....	117
Tabla 27. Remuneración mensual referencial de los operadores.....	119
Tabla 28. Costos referenciales para la recolección y transporte de residuos orgánicos.....	121
Tabla 29. Responsables en las etapas del manejo de residuos reciclables	124
Tabla 30. Registro de entrega de residuos reciclables	126
Tabla 31. Responsables en el manejo de residuos no aprovechables	127
Tabla 32. Registro de retiro de residuos no aprovechables.....	127

Tabla 33. Costos estimados para el traslado de residuos no aprovechables

..... 128

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Fórmula para calcular tamaño de muestra	52
Ecuación 2. Estimación de varianza poblacional	52
Ecuación 3. Estimación de la dispersión poblacional ponderada.....	53
Ecuación 4. Ajuste por población finita	53
Ecuación 5. Cálculo del tamaño de la muestra	53
Ecuación 6. Cálculo de generación per cápita	53
Ecuación 7. Cálculo de generación per cápita diaria- Semana 1	64
Ecuación 8. Cálculo generación per cápita diaria- Semana 2	65
Ecuación 9. Cálculo generación per cápita diaria- Semana 3	65
Ecuación 10. Cálculo generación per cápita diaria- Semana 4	65
Ecuación 11. Cálculo de la generación per cápita promedio	65
Ecuación 12. Cálculo de datos de lombricompostaje para obtención de % de consumo.....	69
Ecuación 13. Cálculo de bocashi para obtención de % de consumo	69
Ecuación 14. Cálculo de valores de lombricompostaje para obtención de % de humedad	70
Ecuación 15. Cálculo de bocashi para obtención de % de humedad.....	70
Ecuación 16. Cálculo para obtención del número total de familias considerando el total de habitantes	97

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N° 1. <i>Delimitación de la Comuna Campo Alegre-Puná</i>	145
Anexo N° 2. <i>Encuesta sobre disposición y aprovechamiento de desechos orgánicos en Campo Alegre-Puná</i>	146
Anexo N° 3. <i>Representación de variables dependientes</i>	148
Anexo N° 4. <i>Representación de variables independientes</i>	149
Anexo N° 5. <i>Rango ideal para parámetros y nutriente de compostaje</i>	150
Anexo N° 6. <i>Resultados obtenidos de N, P, K y pH del lombricompostaje facilitados por la Empresa Agrorum</i>	151
Anexo N° 7. <i>Resultados obtenidos de N, P, K y pH de compost bocashi facilitados por la Empresa Agrorum</i>	152
Anexo N° 8. <i>Encuesta realizada a pobladores de la Comuna Campo Alegre ...</i>	153
Anexo N° 9. <i>Preparación de área destinada a los compostajes</i>	153
Anexo N° 10. <i>Recolección de residuos sólidos no peligrosos en la Comuna....</i>	155
Anexo N° 11. <i>Clasificación de residuos recolectados</i>	155
Anexo N° 12. <i>Pesaje de residuos sólidos orgánicos</i>	156
Anexo N° 13. <i>Preparación de lombricompostaje en su recipiente correspondiente</i>	156
Anexo N° 14. <i>Preparación de compostaje bocashi en su recipiente correspondiente</i>	157
Anexo N° 15. <i>Toma de muestra de temperatura semanal de ambos compostajes</i>	157
Anexo N° 16. <i>Proceso realizado en horno para hallar % humedad de residuo</i> .	158
Anexo N° 17. <i>Proceso en horno para obtención de % de consumo</i>	158
Anexo N° 18. <i>Matriz de identificación y gestión de riesgos</i>	159
Anexo N° 19. <i>Plan integral de desechos orgánicos</i>	162
Anexo N° 20. <i>Frecuencia y días propuestos para el manejo de residuos orgánicos</i>	167

Anexo N° 21. <i>Metas e indicadores del Plan Integral</i>	168
Anexo N° 22. <i>Cronograma de actividades del plan</i>	171

ÍNDICE DE APÉNDICE

Apéndice 1	Datos adicionales de análisis de parámetros por Agrorum ...	174
------------	---	-----

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes del problema

Se estima que la primera iniciativa para alcanzar un manejo estructurado de los residuos sólidos fue en el país de Estados Unidos a principios del siglo XX (específicamente en el año 1906), siendo las alternativas para su disposición final la incineración, descarga en los ríos, el vertido o sepultado a cielo abierto; en cuanto a los residuos producidos de manera orgánica, en muchos casos se entregaron como alimento para determinados animales. No fue hasta mediados del siglo XX que las instituciones empezaron a considerar la generación de residuos como un problema a largo plazo que afectaría al medio ambiente (Carvajal, Álvarez, y García, 2022).

Entre las acciones implementadas para reducir el impacto, se destacó la desarrollada en 1940 por parte del ejército de EE. UU. mediante vertidos controlados, donde la variante de mención era el tamaño de la población. Entre las décadas de 1940 y 1970 surgió una nueva visión en lo que respecta a la gestión de residuos, conocida como la Gestión Iluminada, relacionada con la economía, mayor control en la generación de los residuos, almacenamiento, recolección, transferencia y transporte, procesamiento y disposición final (Carvajal, Álvarez y García, 2022).

Mediante una encuesta realizada por la CEPAL en Colombia con el fin de conocer cómo los municipios gestionan los residuos sólidos domiciliarios, se realizaron preguntas las cuales se enfocaron en tres objetivos: comprender el estado de funcionamiento administrativo y los actores principales encargados de la gestión de los residuos en cada uno de los municipios, identificar los instrumentos normativos y de planificación, como también las responsabilidades respectivas de la administración local (CEPAL, 2021).

Con el fin de conocer las acciones que realizaban los municipios para así garantizar la correcta gestión de los residuos, promoviendo su aprovechamiento e incentivando la inclusión de recicladores de oficio, entre los hallazgos observaron que la actividad de recolección y transporte de residuos tuvo mayor cobertura en los municipios, seguida del corte de césped y poda de los árboles. Respecto a los instrumentos de gestión constataron que el 96 % se encuentran formulados bajo la metodología vigente. Asimismo, evidenciaron que más del 40 % de los municipios

contaba con al menos una estación de clasificación y aprovechamiento (CEPAL, 2021).

En la provincia de Loja, el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal realizó la gestión de los residuos sólidos partiendo principalmente de la generación y el almacenamiento ejecutado por los productores de residuos previo a la capacitación recibida por la municipalidad del lugar. Las etapas de barrido, recolección, transporte, recuperación, reciclaje y disposición final eran mayormente realizadas por la municipalidad como gestor. Para su financiamiento de este proceso se recaudaba la tasa por el servicio de recolección, transporte, tratamiento, recuperación y disposición final. En el año 2014 el costo total para la gestión integral de residuos sólidos en Loja fue de \$2.238.094,67, distribuidos por las etapas ya mencionadas (Hidalgo, 2019).

En la isla Puná, sus playas presentaron un patrón de distribución principalmente de residuos sólidos posiblemente causado por factores externos, en comparación con otras playas que su principal fuente de desechos es debido a la actividad turística. En este estudio identificaron que los residuos provienen de la ciudad de Guayaquil, siendo transportados por el río Guayas y las mareas del estuario. En general, la playa Subida Alta y Cauchiche obtuvieron peores calificaciones con respecto a la contaminación. En el año del 2019 en el mes de septiembre hubo protestas por parte de su comunidad debido al exceso de residuos en sus playas (Vera y otros, 2022).

Debido a esta problemática otros estudios propusieron la implementación de un programa de monitoreo permanente que no solo sea diseñado para la evaluación de residuos sólidos sino también la consideración de otros parámetros ambientales con metas a posibles certificaciones internacionales por organizaciones respaldadas por la Red PROPLAYAS. En playas como Cauchiche, la eliminación de sus residuos se dio principalmente por sus habitantes mediante la quema de estos, debido a que no existía una limpieza adecuada de su playa, por lo que hicieron énfasis en la importancia de la limpieza por autoridades competentes y encargadas del lugar, generado debido a la parte turística al no depositar los desperdicios en los tachos correspondientes (Carcipulla y Quevedo, 2014).

La zona centro de la Isla Puná se vio afectada por la mala gestión que tiene los servicios básicos, debido a que si bien existían servicios básicos, estos no eran

gestionados de manera correcta, sugiriendo los pobladores mayor atención por parte de las autoridades municipales para que se haga el respectivo análisis de las condiciones en las que se encuentran especialmente a la parte de la recolección de residuos sólidos, dado que la gestión no era eficiente, no abasteciendo de la forma correcta a la población o no existiendo un lineamiento que permita el buen manejo de los residuos, causando factores de alteración y deterioro antropogénico, viéndose afectados los pobladores del lugar, la parte turística y dando una mala imagen a los turistas que visitan la zona (Reyes, 2021).

En el año 2008, existió un manejo de los residuos sólidos en la isla Puná, pero esto no dio resultados adecuados. Debido a que no hubo compromiso por las partes, como lancheros para trasladar los desechos de la isla hacia el continente. Para que esto se pudiera cumplir debió haberse firmado un acta de compromiso por parte de los lancheros y la municipalidad de Guayaquil, donde se cumplieran acciones como el traslado de la basura por sus miembros hacia Posorja para así poder depositarlo en los tachos debidamente colocados en el malecón de la parroquia. Lo que implicó que dos cooperativas deben acordar el día y qué comunidades visitarán. Asimismo, la elaboración de un cronograma de recorrido donde trasladarán sus desechos (Vélez D. , 2022)

Los desechos y residuos sólidos llamados también basura, se generaron principalmente de la actividad del ser humano. Proveniendo de diversos materiales que, luego de diversos procesos son afectados, en mayor o menor medida, de lo que fue su valor original, considerado valor igual cero por quien lo desecha. En América Latina y el Caribe su manejo mayormente constaba del esquema de recolección y disposición final, dejando de lado alternativas como el aprovechamiento, reciclaje y tratamiento de residuos. En Ecuador se generan alrededor de 11.341 toneladas diarias de residuos donde mayormente son orgánicos. Para que alternativas como la recolección funcionen en la Isla Puná, era necesaria la alta participación por parte de la comunidad (Santana y Ávala, 2018).

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

En la isla Puná, localizada en la provincia del Guayas, con una extensión de 920 km², zona rural, cuya población se dedica principalmente a la pesca. Esto demuestra que existe una gran problemática vinculada con una inadecuada gestión de los residuos sólidos.

Situación manifestada debido a la falta de recolección de la basura lo que provocó que se desechen de diferente manera los desechos como botaderos a cielo abierto, la quema, el lanzamiento de los desechos al estero salado, siendo los principales afectados los habitantes y el medio ambiente.

Estudios realizados señalaron que playas de la zona como Cauchiche y Subida Alta presentan altos niveles de contaminación por residuos sólidos, los cuales provienen mayormente de la ciudad de Guayaquil. Esta contaminación repercutió negativamente en la diversidad biológica marina, salud pública, la imagen turística del lugar.

A pesar de múltiples esfuerzos aislados de empresas como la camaronera Colas de Oro, que ha implementado estrategias internas de reciclaje, la falta de participación por parte de autoridades locales para llevar a cabo una adecuada gestión impide una gestión integral como solución eficaz a esta problemática. Igualmente, la acumulación de los residuos provoca la generación de lixiviados que contaminan el suelo y el agua, aumentando el riesgo para la salud humana y el entorno marino.

Situación que requiere la investigación de las causas, sus efectos y posibles soluciones a esta problemática ambiental desde un enfoque científico, para así proponer estrategias sustentables que contribuyan a un manejo adecuado de los residuos sólidos y la conservación del ecosistema costero de la Isla Puná.

1.2.2 Formulación del problema

¿Cómo implementar un manejo de desechos sólidos no peligrosos para el aprovechamiento de los residuos orgánicos acorde a las necesidades de la comuna Campo Alegre, Isla Puná?

1.3 Justificación de la investigación

La presente investigación titulada *“Propuesta para un manejo integrado de desechos sólidos no peligrosos en la comuna Campo Alegre, Parroquia Puná”* se realizó con el objetivo de atender una problemática ambiental que afectó de forma directa a la calidad de vida de quienes habitan en la comuna, como también a los ecosistemas terrestres que están en la zona.

La falta de un sistema de recolección y gestión de residuos en la comuna ha derivado en que se lleven a cabo prácticas inadecuadas para disposición de los residuos sólidos. Situación que no solo representó un riesgo sanitario para la

población, sino que también generó un efecto adverso sobre la biodiversidad local, actividad turística del lugar y la imagen ecológica de la zona.

A nivel social, esta investigación buscó proponer resultados que puedan contribuir al bienestar de los habitantes del lugar, impulsando a un entorno más limpio, seguro y sostenible. Ambientalmente, se buscó contribuir a la reducción de la contaminación tanto del suelo como del agua, también a preservar recursos naturales que mantienen las actividades económicas del lugar, como la pesca y el turismo.

Desde el punto de vista teórico y científico, este estudio aportó al desarrollo de conocimiento en el campo sobre la gestión integral de los residuos sólidos en comunidades de islas con servicios básicos limitados, constituyendo un referente a futuras investigaciones y propuestas en entornos similares.

Al ser una problemática real y experimentalmente comprobable, los resultados fueron contrastados y evaluados a través de diagnósticos, entrevistas, observación y estudios de impacto. Esta investigación resultó de gran utilidad, ya que ofreció una base para la implementación de políticas públicas o planes comunitarios para el mejoramiento de la gestión de residuos sólidos en Campo Alegre.

De igual forma, se buscó motivar la participación de la comunidad y de las autoridades locales en el cuidado y protección que debe tener la isla. Siendo necesario su estudio debido a la urgencia ambiental que representa y la inadecuada gestión.

1.4 Delimitación de la investigación

- **Espacio:** El estudio se desarrolló en la comuna Campo Alegre, ubicada en la isla Puná, provincia del Guayas con una superficie de 2.000,40 hectáreas (ha)
- **Tiempo:** Se desarrolló durante seis meses, desde septiembre del 2025 hasta febrero del 2026
- **Población:** Los habitantes de la comuna Campo Alegre constituyeron la unidad de estudio, con el propósito de analizar las condiciones del entorno respecto al manejo de desechos sólidos no peligrosos, mediante la aplicación de encuestas
- **Coordenadas UTM:** **Latitud:** -2.825259°, **Longitud:** -80.134792°.

Para mayor visualización del mapa se lo puede encontrar en Anexo N° 1.

1.5 Objetivo general

Proponer un modelo de manejo integrado de desechos sólidos no peligrosos mediante el aprovechamiento de los residuos orgánicos para la elaboración de un Plan que involucre el tratamiento más adecuado en la comuna Campo Alegre, parroquia Puná.

1.6 Objetivos específicos

- Diagnosticar la situación actual de la gestión de desechos sólidos orgánicos mediante la caracterización cuantitativa y cualitativa considerando los tipos de residuos, fuentes de generación y prácticas de disposición en la comuna Campo Alegre.
- Realizar dos técnicas de compostaje, Bocashi y lombricompostaje para el análisis comparativo de N, P, K, pH, T, % humedad y % de consumo de residuos orgánicos.
- Elaborar un Plan integral de desechos sólidos no peligrosos que involucre el análisis del tratamiento más adecuado para los residuos orgánicos.

1.7 Hipótesis o idea a defender

El compostaje Bocashi y lombricompostaje reducirán en un 50% los residuos orgánicos totales generados en la Comuna Campo Alegre.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Estado del arte

Un estudio realizado en el año 2024 en el cantón Saquisilí en 5 mercados de la localidad, diseñó un sistema de gestión de residuos sólidos orgánicos todo esto siendo posible mediante la incorporación de técnicas como compostaje y lombricultura. Donde se generó un promedio de 2 toneladas diarias por cada mercado, en lo que los comerciantes solo el 22% conocía la técnica de compostaje mientras que el otro porcentaje no, pero de igual manera mostraron compromiso al querer capacitarse para conocer esta técnica. Logrando una eficiencia del 85% las camas de compostaje, produciéndose un abono de alta calidad para el uso del suelo local, generando beneficios tanto sociales, económicos y ambientales, reduciendo la dependencia del uso de fertilizantes químicos mediante el uso de abono orgánico (Clavijo, Cajas, Toral, y Moreno, 2024).

En el año 2023 en el Cantón Salcedo, provincia de Cotopaxi, se desarrolló un proyecto de investigación con el fin de elaborar un sistema de gestión de residuos sólidos orgánicos en las plazas del lugar con el propósito de garantizar un manejo eficiente y sostenible de los desechos orgánicos. La metodología fue in-situ en el lugar, encuestas y entrevistas a los pobladores, por lo que se evidenció un mal manejo de los residuos, la implementación del sistema de gestión fue durante el compostaje por enzimas como técnica principal, obteniéndose un valor en peso de las diferentes plazas promediado de 7-8 kg/comerciante/día, siendo la plaza Eloy Alfaro la que produjo más residuos (Quispe y Marquinez, 2023).

Un estudio realizado en la comunidad Waorani Gareno de la Amazonía ecuatoriana se aplicó una metodología establecida para el análisis de residuos sólidos establecida por la Organización Panamericana de la Salud (OPS), considerando principalmente a la parte de la población del lugar la cual cuenta con 174 habitantes en 32 viviendas, en lo que se obtuvieron resultados que reflejan que el proceso de quema es la principal fuente para deshacerse de los residuos de todo tipo, provocado de igual forma porque no existía un sistema de manejo adecuado para deshacerse del mismo. La producción per cápita calculada fue de 0.26 kg/hab/día con un total de generación de 45.39 kg, demostrando que la población tuvo un acceso bajo a materiales y productos urbanos (Vélez, Peñafiel, Heredia, Barreno, y Chávez, 2020).

En el año 2021 en el municipio de Malvinas Argentinas (provincia de Buenos Aires), se aplicó la metodología de Análisis de Flujo de Materiales para evaluar la gestión municipal de los residuos sólidos urbanos (RSU) y escenarios proyectados a partir de la incorporación de compostaje doméstico. Los resultados indicaron que el efecto combinado de compostaje doméstico in situ y la optimización la separación de los residuos reciclables, contribuyó positivamente a la recolección y el transporte de los residuos impactando positivamente al medio ambiente tanto en la disminución del CO₂ como en la vida útil del relleno sanitario (Jantz y Ruggerio, 2021).

Un estudio realizado en el año 2020 en el municipio de Las Acacias en Colombia debido a la pérdida de alimentos a lo largo de la cadena de suministro que afecta a la seguridad alimentaria donde se perdieron grandes cantidades de alimento producto de carencias de protocolos de postcosecha. El objetivo del estudio fue el análisis de la pérdida de alimentos en la central de abasto del lugar, para la evaluación del sistema de compostaje como una alternativa de gestión ambiental, donde se sometió al proceso de compostaje para la evaluación de la calidad del producto, los resultados evidenciaron que los residuos orgánicos son un problema para el medio ambiente requiriendo alternativas favorables como la del compostaje ya mencionada (Pineda, González, y Torres, 2020).

2.2 Bases científicas y teóricas de la temática

La investigación realizada se fundamentó en diversas teorías, conceptos y enfoques lo que permitió comprender de mejor manera la problemática ambiental de la gestión de residuos sólidos orgánicos siendo algo muy importante para poder lograr la sostenibilidad tanto en las zonas rurales como insulares que sería la isla Puná, siendo orientada esta investigación al análisis y la propuesta de un modelo de manejo enfocado a la parte de residuos, mejor siendo organizado estructuralmente según los objetivos específicos planteados.

Para el primer objetivo, se corroboró con la teoría de Gestión Integral de Residuos Orgánicos, la que propuso un enfoque sistemático para identificar, clasificar, cuantificar y valorizar de los residuos biodegradables, como los diferentes restos de comida, vegetales y residuos agrícolas. Caracterización de los residuos orgánicos que permitió conocer la tasa per cápita de la generación producida (kg/hab/día), estableciendo el potencial de aprovechamiento con la implementación de métodos de compostaje y lombricultura, se fundamentó con los lineamientos de

la OMS y la OPS, los cuales promovieron la evaluación de los residuos en comunidades rurales fomentando técnicas participativas, priorizando el enfoque de prevención y minimización de impactos al ambiente (Osorio G. , 2020).

En cuanto al segundo objetivo, el análisis de los tratamientos de Bocashi y lombricompostaje se fundamentó en teorías de la bioconversión y reciclaje biológico de nutrientes, las cuales explicaron cómo los residuos orgánicos pudieron transformarse en productos útiles mediante procesos biológicos controlados. El Bocashi se sustentó en la fermentación, enriquecida con microorganismos benéficos, que aceleró la descomposición de residuos y generó un abono rico en nutrientes. Por otro lado, el lombricompostaje se apoyó en la acción de lombrices rojas californianas (*Eisenia foetida*), que consumieron los desechos y produjeron humus de nitrógeno, fósforo y potasio (Ramírez, Álvarez, y Ávila, 2021).

Para el objetivo tres, la elaboración de un Plan Integrado de Desechos Sólidos se vinculó con la teoría del Desarrollo Sostenible y los principios de la Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS), los cuales propusieron estrategias equilibradas en lo ambiental, social y económico. Dicho plan buscó organizar la gestión desde la identificación y clasificación de los residuos en su origen, la separación en la fuente, el almacenamiento temporal y la recolección diferenciada, hasta su disposición final y aprovechamiento sostenible. Asimismo, se integró la Economía Circular, que planteó reintegrar los residuos en el ciclo productivo para generar valor agregado, en este caso mediante compostaje comunitario (Varela, Núñez, Hermiaga, González, y Méndez, 2023).

El lombricompostaje como una técnica ecológica, su objetivo es aprovechar la acción de las lombrices y de igual forma de los microorganismos para transformar todo tipo de residuos orgánicos en abono natural. En este proceso en el cual se hace uso de restos de comida, hojas secas, cáscaras de frutas, verduras entre otros materiales biodegradables para la alimentación de las lombrices, las cuales digirieron esta materia orgánica y produjeron el fertilizante conocido como humus de lombriz, el cual contuvo nutrientes importantes como nitrógeno, fósforo y potasio. Donde el lombricompostaje contribuyó con la disminución de contaminación causada por los desechos orgánicos, reduciendo la cantidad de basura y así favoreció el mejoramiento de la calidad del suelo (Cabrera, 2023)

Bocashi como abono orgánico tuvo su origen en técnicas agrícolas orientales, utilizado mayormente en la agricultura ecológica. Donde su elaboración

combinó varios materiales como el orgánico y mineral, como el estiércol, tierra, carbón vegetal, cascarilla de arroz entre otros. En el proceso de preparación se produce el proceso de fermentación, ocurriendo la fermentación controlada en su preparación donde los microorganismos descompusieron los ingredientes generando nutrientes beneficiosos para el suelo. Diferenciándose el bocashi de demás compost debido a su producción en 4 semanas, todo esto dependiendo de las condiciones ambientales, mejorando la estructura del suelo, actividad microbiana y así favoreciendo al crecimiento de las plantas (Moneva, 2020).

La lombriz roja californiana es una de las especies más utilizadas para la producción de abono orgánico y el enriquecimiento del suelo, fundamental para la descomposición de residuos orgánicos, donde estas se alimentan del material, son de color rojo, teniendo un crecimiento rápido y contando con una reproducción muy rápida lo que le facilita la expansión de su especie. Viviendo en zonas húmedas principalmente, convirtiendo el material orgánico en uno de los fertilizantes naturales más ricos en nutrientes. El humus producido por este tipo de especie mejora la aireación, retención de agua y fertilidad de tierra, favoreciendo así el desarrollo de cultivos y plantas (Calderón, 2023).

La fermentación aeróbica es un proceso biológico en el que microorganismos como bacterias y hongos son las encargadas de descomponer la materia orgánica en presencia de oxígeno. Ocurriendo de manera natural este proceso en la elaboración de compost y otros tipos de abonos orgánicos. En la fermentación, los microorganismos son los encargados de consumir los residuos orgánicos y generan calor, agua, dióxido de carbono y nutrientes que enriquecen el material en descomposición. Es necesario tener las condiciones adecuadas y controladas de niveles correctos de humedad, oxigenación y temperatura para la fermentación aeróbica. En caso de falta de oxígeno el proceso puede convertirse en anaeróbico, lo cual produce malos olores (Jimenez, 2024).

El humus en compost es la sustancia orgánica estable que se logra obtener como resultado final de la descomposición de materiales orgánicos producto de la acción de microorganismos y lombrices. Una de sus características es que presenta un color oscuro, textura suave y olor similar casi parecido a la tierra en estado húmedo, considerado como uno de los fertilizantes naturales más eficientes debido a contener nutrientes esenciales e importantes que las plantas necesitan para desarrollarse de forma saludable, mejorando la capacidad de retención de agua,

textura de suelo, microorganismos beneficiosos, ayudando a prevenir la erosión del suelo como también un buen equilibrio ecológico del suelo (Vargas, 2020).

Desde una perspectiva filosófica, la investigación se apoyó en la ética ambiental, la cual planteó la responsabilidad moral del ser humano frente al cuidado de la naturaleza. Bajo este enfoque, la gestión de residuos no se redujo a una acción técnica, sino que se convirtió en un compromiso ético con el entorno, fomentando en la comunidad prácticas responsables que redujeron los daños al ecosistema. En el campo sociológico, el estudio se relacionó con la ecología social, la cual vinculó la problemática ambiental con desigualdades en el acceso a servicios básicos, mostrando que la gestión de residuos debió abordarse como una necesidad social y no únicamente como un problema técnico.

2.3 MARCO LEGAL

2.3.1 CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR (2008)

Capítulo II

DERECHOS DEL BUEN VIVIR

Sección I

AGUA Y ALIMENTACIÓN

Art.12.- El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.

Sección II

AMBIENTE SANO

Art.14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*.

Capítulo IV

DERECHOS DE LAS COMUNIDADES, PUEBLOS Y NACIONALIDADES

Art.57.- Se reconoce y garantizará a las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades indígenas, de conformidad con la Constitución y con los pactos, convenios, declaraciones y demás instrumentos internacionales de derechos humanos, los siguientes derechos colectivos:

8. Conservar y promover sus prácticas de manejo de la biodiversidad y de su entorno natural. El Estado establecerá y ejecutará programas, con la participación de la comunidad, para asegurar la conservación y utilización sustentable de la biodiversidad.

Capítulo VI

DERECHOS DE LIBERTAD

Art. 66.- Se reconoce y garantizará a las personas:

2. El derecho a una vida digna, que asegure la salud, alimentación y nutrición, agua potable, vivienda, saneamiento ambiental, educación, trabajo, empleo, descanso y ocio, cultura física, vestido, seguridad y otros servicios sociales necesarios.

Capítulo VII

DERECHOS DE LA NATURALEZA

Art. 71.- La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos.

Art.72.- La naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tienen el Estado y las personas naturales o jurídicas de indemnizar a los individuos y colectivos que dependan de los sistemas naturales afectados.

Art.73.- El Estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales.

Art.74.- Las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades tendrán derecho a beneficiarse del ambiente y de las riquezas naturales que les permitan el buen vivir.

Capítulo II

BIODIVERSIDAD Y RECURSOS NATURALES

Sección I

NATURALEZA Y AMBIENTE

Art. 395.- La Constitución reconoce los siguientes principios ambientales:

1. El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras.

Sección V

SUELO

Art.409.- Es de interés público y prioridad nacional la conservación del suelo, en especial su capa fértil. Se establecerá un marco normativo para su protección y uso sustentable que prevenga su degradación, en particular la provocada por la contaminación, la desertificación y la erosión.

Sección VI

AGUA

Art.411.- El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua.

2.3.2 CONVENCIÓN DE LA NACIONES UNIDAS DE LUCHA CONTRA LA DESERTIFICACIÓN (1994)

PARTE I

INTRODUCCIÓN

Artículo 1

Términos utilizados

(e) por “tierra” se entiende el sistema bioproductivo terrestre que comprende el suelo, la vegetación, otros componentes de la biota y los procesos ecológicos e hidrológicos que se desarrollan dentro del sistema;

f) por “degradación de las tierras” se entiende la reducción o la pérdida de la productividad biológica o económica y la complejidad de las tierras agrícolas de secano, las tierras de cultivo de regadío o las dehesas, los pastizales, los bosques y las tierras arboladas, ocasionada, en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, por los sistemas de utilización de la tierra o por un proceso o una combinación de procesos, incluidos los resultantes de actividades humanas y pautas de poblamiento, tales como:

- la erosión del suelo causada por el viento o el agua,
- el deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas o de las propiedades económicas del suelo, y
- la pérdida duradera de vegetación natural;

ANEXO III

ANEXO DE APLICACIÓN REGIONAL PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

Artículo 4

Contenido de los programas de acción nacionales

En función de sus respectivas situaciones y de conformidad con el artículo 5 de la Convención, los países Partes afectados de la región podrán tener en cuenta las siguientes áreas temáticas en su estrategia de lucha contra la desertificación y mitigación de los efectos de la sequía:

(c) logro de la seguridad alimentaria y desarrollo sostenible de actividades agrícolas, pecuarias, forestales y de fines múltiples;

(d) gestión sostenible de los recursos naturales

(f) manejo racional y conservación de los recursos de suelo y aprovechamiento;

2.3.3 LEY ORGÁNICA DE TIERRAS RURALES Y TERRITORIOS ANCESTRALES (2016)

TÍTULO PRELIMINAR

Art. 1.- Ámbito de aplicación. La presente Ley es de orden público y de jurisdicción nacional. Las disposiciones de esta regulan las relaciones del Estado con las personas naturales y jurídicas, nacionales y extranjeras, en materia de tierras rurales; y de comunas y comunidades, pueblos y nacionalidades en cuanto al reconocimiento y adjudicación a título gratuito de territorios que se encuentran en posesión ancestral; y a la protección y seguridad jurídica de tierras y territorios de su propiedad.

Art. 2.- Objeto. Esta Ley tiene por objeto normar el uso y acceso a la propiedad de la tierra rural, el derecho a la propiedad de esta que deberá cumplir la función social y la función ambiental. Regula la posesión, la propiedad, la administración y redistribución de la tierra rural como factor de producción para garantizar la soberanía alimentaria, mejorar la productividad, propiciar un ambiente sustentable y equilibrado; y otorgar seguridad jurídica a los titulares de derechos.

Art. 3.- Posesión y propiedad ancestral. Para efectos de esta Ley, se entiende por tierra y territorio en posesión y propiedad ancestral, el espacio físico sobre el cual una comunidad, comuna, pueblo o nacionalidad de origen ancestral, ha generado históricamente una identidad a partir de la construcción social, cultural y espiritual, desarrollando actividades económicas y sus propias formas de producción en forma actual e ininterrumpida.

Art. 5.- De lo agrario. Para fines de la presente Ley, el término agrario incluye las actividades agrícolas, pecuarias, acuícolas, silvícolas, forestales, ecoturísticas, agroturísticas y de conservación relacionadas con el aprovechamiento productivo de la tierra rural.

CAPÍTULO IV

DE LA PLANIFICACIÓN DE TIERRAS RURALES

Art. 45.- De las zonas de desarrollo agrario. En coordinación con las entidades del Estado central y los gobiernos autónomos descentralizados provinciales, la Autoridad Agraria Nacional establecerá zonas de desarrollo agrario, en las cuales ejecutará planes de intervención para promover la regularización de tierras rurales y el aprovechamiento eficiente del suelo, atendiendo a criterios de planificación nacional, regionalización, equidad, prioridad, integralidad y sustentabilidad.

CAPÍTULO V

DE LA PROTECCIÓN Y RECUPERACIÓN DE LA FERTILIDAD DE LA TIERRA RURAL DE PRODUCCIÓN

Art. 49.- Protección y recuperación. Por ser de interés público, el Estado impulsará la protección, la conservación y la recuperación de la tierra rural, de su capa fértil, en forma sustentable e integrada con los demás recursos naturales; desarrollará la planificación para el aprovechamiento de la capacidad de uso y su potencial productivo agrario, con la participación de la población local y ofreciendo su apoyo a las comunidades de la agricultura familiar campesina, a las organizaciones de la economía popular y solidaria y a las y los pequeños y medianos productores, con la implementación y el control de buenas prácticas agrícolas.

2.3.4 LEY ORGÁNICA DE ECONOMÍA CIRCULAR INCLUSIVA (2021)

TÍTULO II

INSTITUCIONALIDAD Y POLÍTICAS PÚBLICAS

CAPÍTULO I

INSTITUCIONALIDAD

Art. 12.-Mecanismos de apoyo asociados a la economía circular inclusiva. -Los mecanismos de apoyo asociados a la economía circular inclusiva son los siguientes:

e) El ente rector de la Educación diseñará programas de reciclaje, recolección, separación en la fuente, compostaje y otros que se apliquen en todo el sistema de educación general, tanto público como privado. Dichos programas se diseñarán en coordinación con la autoridad ambiental nacional.

TÍTULO IV

DEL CONSUMO SOSTENIBLE

CAPÍTULO I

DE LOS DERECHOS Y DEBERES DE LA CIUDADANÍA

Art. 29.-De las obligaciones de los consumidores. -Todos los ciudadanos, consumidores de productos prioritarios, estarán obligados, por norma homologada nacional y ordenanza de los Gobiernos Autónomos Descentralizados, a entregar el residuo de un producto prioritario al respectivo sistema de gestión, bajo las condiciones establecidas por estos e informadas a todos los involucrados

2.3.5 CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE (2017)

TÍTULO V

GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS Y DESECHOS

CAPÍTULO II

GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS

DISPOSICIONES GENERALES

Art. 228.- De la política para la gestión integral de residuos sólidos no peligrosos.- La gestión de los residuos sólidos no peligrosos, en todos los niveles y formas de gobierno, estará alineada a la política nacional dictada por la Autoridad Ambiental Nacional y demás instrumentos técnicos y de gestión que se definan para el efecto.

Art. 229.- Alcance y fases de la gestión.- La gestión apropiada de estos residuos contribuirá a la prevención de los impactos y daños ambientales, así como a la prevención de los riesgos a la salud humana asociados a cada una de las fases. Las fases de la gestión integral de residuos sólidos no peligrosos serán determinadas por la Autoridad Ambiental Nacional.

Art. 230.- De la infraestructura. - Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales o Metropolitanos proveerán de la infraestructura técnica de acuerdo con la implementación de modelos de gestión integral de residuos sólidos no peligrosos, de conformidad con los lineamientos y normas técnicas que se dicten para el efecto.

Art. 231.- Obligaciones y responsabilidades. - Serán responsables de la gestión integral de residuos sólidos no peligrosos a nivel nacional, los siguientes actores públicos y privados:

1. La Autoridad Ambiental Nacional como ente rector que dictará políticas y lineamientos para la gestión integral de residuos sólidos en el país y elaborará el respectivo plan nacional. Asimismo, se encargará de la regulación y control;
2. Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales o Metropolitanos serán los responsables del manejo integral de residuos sólidos no peligroso, por lo tanto, están obligados a fomentar en los generadores alternativas de gestión, de acuerdo con el principio de jerarquización, así como la investigación y desarrollo de tecnologías. Estos deberán establecer los procedimientos adecuados para barrido, recolección y transporte, almacenamiento temporal de ser el caso, acopio y transferencia, con enfoques de inclusión económica y social de sectores vulnerables.
3. Los generadores de residuos, en base al principio de jerarquización, priorizarán la prevención y minimización de la generación de residuos sólidos no peligrosos, así como el adecuado manejo que incluye la separación, clasificación, reciclaje y almacenamiento temporal; en base a los lineamientos establecidos en la política nacional y normas técnicas.

2.3.6 CÓDIGO ORGÁNICO INTEGRAL PENAL (2021)

SECCIÓN TERCERA.

Delitos contra los recursos naturales

Art. 252.- Delitos contra el suelo. - La persona que, contraviniendo la normativa vigente, en relación con los planes de ordenamiento territorial y ambiental, cambie el uso del suelo forestal o el suelo destinado al mantenimiento y conservación de ecosistemas nativos y sus funciones ecológicas, afecte o dañe su capa fértil, cause erosión o desertificación, provocando daños graves, será sancionada con pena privativa de libertad de tres a cinco años. Se impondrá el máximo de la pena si la infracción es perpetrada en un espacio del Sistema Nacional de Áreas Protegidas o si la infracción es perpetrada con ánimo de lucro o con métodos, instrumentos o medios que resulten en daños extensos y permanentes.

2.3.7 ORDENANZA QUE REGULA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS DE MATERIAL RECUPERABLE EN EL CANTÓN GUAYAQUIL (2021)

Artículo 2.- Ámbito de aplicación. - Las disposiciones de la presente Ordenanza se aplicarán dentro de la jurisdicción del cantón Guayaquil. En los casos de predios rurales y cabeceras parroquiales, sin perjuicio de los usos de suelo que conceda el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Guayaquil, para realizar actividades referidas al funcionamiento de instalaciones utilizadas para el acopio y/o reciclaje de los residuos sólidos no peligrosos de material recuperable, únicamente podrán otorgarse a instalaciones ubicadas dentro de las zonas o sectores determinadas por la DUPOT, siempre y cuando cumplan con todos y cada uno de los requisitos de orden técnico y legal dispuestos en la misma previo a la factibilidad que otorgue la referida Dirección Municipal.

TÍTULO II

DISPOSICIONES PARTICULARES

CAPÍTULO I

GENERADORES DE RESIDUOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS DE MATERIAL RECUPERABLE

Artículo 6.- Responsabilidades y Obligaciones de los generadores domiciliarios de residuos sólidos no peligrosos de material recuperable. - Los generadores domiciliarios tienen las siguientes responsabilidades:

a) Separar, clasificar y almacenar temporalmente los residuos sólidos no peligrosos de material recuperable en fundas plásticas y/o en recipientes impermeables debidamente cerrados y anudados.

b) Entregar los residuos sólidos no peligrosos de material recuperable únicamente a recicladores de base registrados, transportistas o gestores calificados y

autorizados, de acuerdo con los lineamientos y zonas establecidas por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Guayaquil para la recolección, cumpliendo procedimientos que permitan la correcta manipulación, traslado y disposición final sin que se esparzan por el espacio público y no perturben las actividades del lugar.

Artículo 7.- Sitio de almacenamiento colectivo de los residuos sólidos no peligrosos de material recuperable en edificaciones nuevas. - Las nuevas edificaciones para vivienda multifamiliar, conjuntos residenciales, urbanizaciones y otras similares deberán disponer, previa aprobación de la DACMSE, de un área destinada al almacenamiento de los residuos sólidos no peligrosos de material recuperable, contiguo al área pública independiente del centro de acopio para desechos sólidos. En el plano arquitectónico debe mostrarse la ubicación del sitio de almacenamiento colectivo de los residuos sólidos no peligrosos de material recuperable, el costo de la construcción y de la implementación deberá ser considerado en el proyecto presentado y deberá cumplir con los siguientes requisitos mínimos:

- a) Los acabados serán lisos, para permitir su fácil limpieza e impedir la formación de vectores.
- b) Tendrán sistemas de ventilación, suministro de agua, drenaje y de prevención y control de incendios, así como techo y cerco perimetral.
- c) Será diseñada con la capacidad suficiente para almacenar y clasificar los residuos sólidos no peligrosos de material recuperable, acorde con las disposiciones emitidas por la DACMSE para el efecto.
- d) Disponer de los recipientes necesarios de acuerdo con su producción de residuos sólidos no peligrosos de material recuperable, manteniéndolos en buen estado, lavados y desinfectados periódicamente.

Artículo 8.- Sitio de almacenamiento colectivo de desechos sólidos no peligrosos de material recuperable en edificaciones existentes. - Las edificaciones existentes para vivienda multifamiliar, conjuntos residenciales, urbanizaciones y otras similares, deberán disponer de contenedores de almacenamiento en las áreas comunales de servicios complementarios o espacios municipales (ACM).

2.3.8 REGLAMENTO AL CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE (2019)

CAPÍTULO III

GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS

SECCIÓN 2ª

SERVICIO PÚBLICO DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS

Art. 577. Gestión integral de residuos y desechos sólidos no peligrosos. La gestión integral de residuos y desechos sólidos no peligrosos constituye el conjunto integral de acciones y disposiciones regulatorias, operativas, económicas, financieras, administrativas, educativas, de planificación, monitoreo y evaluación para el manejo

de los residuos y desechos sólidos no peligrosos desde el punto de vista técnico, ambiental y socioeconómico.

Art. 578. Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos No Peligrosos. La Autoridad Ambiental Nacional elaborará el Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos No Peligrosos, con la participación de los gobiernos autónomos descentralizados municipales y metropolitanos, las entidades competentes, sector privado, sociedad civil y academia. El Plan Nacional será el instrumento de política pública a través del cual se generarán las políticas, estrategias, planes, programas y proyectos para la gestión integral de residuos y desechos sólidos no peligrosos.

2.3.9 ACUERDO Nro. MAATE-MAATE-2024-0084-A (2024)

SECCIÓN III

DE LAS RESPONSABILIDADES Y OBLIGACIONES

TÍTULO II

DEL COMERCIALIZADOR Y DISTRIBUIDOR

Art. 6.- Son responsabilidades y obligaciones del comercializador y distribuidor, que hayan sido seleccionados por el productor como parte del Programa de Gestión Integral, las siguientes:

1. Participar en el Programa de Gestión Integral de residuos plásticos de insumos de uso agrícola, aprobado por la Autoridad Ambiental Nacional, como corresponsable y parte de la logística inversa diseñada en dicho programa por el productor.
2. En caso de ser seleccionado por el productor como un centro o punto de almacenamiento primario deberá contar de manera obligatoria con un área específica para la recepción y almacenamiento de los residuos plásticos de insumos de uso agrícola, considerando lo establecido en la normativa ambiental vigente y las disposiciones de este Acuerdo Ministerial. Además, será responsable de los residuos que sean devueltos por el usuario o consumidor final. Para el efecto, se deberá tomar en consideración lo siguiente:
 - a. El sitio seleccionado deberá contar con el certificado ambiental o la Autorización Administrativa Ambiental para su actividad económica principal, conforme la normativa ambiental aplicable; en caso de ya poseerlos no requerirá de un certificado ambiental o Autorización Administrativa Ambiental adicional.
 - b. Contar con señalética en un lugar visible, que permita al usuario o consumidor final conocer que en dicho lugar podrá realizar la entrega de los residuos plásticos de insumos de uso agrícola.
 - c. La ubicación deberá ser estratégica para que facilite la recolección de los residuos plásticos de insumos de uso agrícola, considerando la universalidad del servicio.

e. Llenar la bitácora correspondiente, en la cual deberá constar la información relativa a cantidades, tipo, localización, fechas de entrega-recepción del usuario o consumidor final, y envío posterior al gestor ambiental autorizado.

f. Informar la ubicación de estos sitios a través de publicaciones en redes sociales u otros medios.

g. Cumplir con las especificaciones establecidas en la norma 2266 del Instituto Ecuatoriano de Normalización o la que la reemplace, así como la normativa ambiental vigente, que permita un adecuado almacenamiento de residuos plásticos de insumos de uso agrícola para su posterior entrega a los gestores ambientales autorizados, así como la contingencia en caso de emergencia con este tipo de residuos o desechos.

i. El almacenamiento primario podrá ser máximo de seis (6) meses. Además, el representante del sitio seleccionado debe cumplir con las indicaciones y mantener las condiciones de almacenamiento primario y contingencia provistos por el productor.

3. En caso de no ser seleccionado por el productor como un centro o punto de almacenamiento primario deberá exhibir el material informativo otorgado por el productor sobre los mecanismos de devolución y retorno de los residuos plásticos de insumos de uso agrícola.

4. Entregar los residuos plásticos de insumos de uso agrícola solo a gestores ambientales autorizados para el manejo de residuos plásticos de insumos de uso agrícola, conforme al Programa de Gestión Integral aprobado por la Autoridad Ambiental Nacional del productor.

6. Obtener la Autorización Administrativa Ambiental específica para la fase de almacenamiento temporal de residuos plásticos de insumos de uso agrícola otorgada por la Autoridad Ambiental Nacional, en caso de pasar de punto o centro de almacenamiento primario a centro de almacenamiento temporal.

7. Informar al productor, en el término de un (1) día, accidentes que involucren a los residuos plásticos de insumos de uso agrícola.

2.3.10 ORDENANZA QUE REGULA LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DEL CANTÓN PEDRO VICENTE MALDONADO, ASÍ COMO LA APLICACIÓN DE LA TASA RETRIBUTIVA POR ESTE SERVICIO (2022)

CAPÍTULO VII

DE LA DISPOSICIÓN FINAL DE LOS DESECHOS NO PELIGROSOS

Art. 20.- La disposición final de los residuos sólidos domésticos, comerciales e industriales solo podrá hacerse en el relleno sanitario municipal. Por lo tanto, los botaderos a cielo abierto están prohibidos dentro del Cantón Pedro Vicente Maldonado.

Art. 21.- El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal, a través de la Dirección de Gestión de Desarrollo Sustentable, mantendrá actualizado los registros de los

sitios posibles que puedan servir para la disposición final de los residuos sólidos urbanos.

Art 22.- Las iniciativas particulares, comunitarias y barriales referentes al procesamiento de los residuos domésticos, comerciales e industriales deberán contar con la aprobación de la Dirección de Gestión de Desarrollo Sustentable.

2.3.11 CONSEJO NACIONAL DE COMPETENCIAS (2015)

Resolución 005 del 2014

Artículo 14. numeral 4.- Menciona que la obligación que tienen los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales de controlar tanto el cumplimiento de normas y reglamentos para la recolección, transporte y gestión integral de los residuos sólidos tanto para el medio urbano como rural.

2.3.12 NTE INEN 2841 (2014)

REQUISITOS

Generalidades. - La separación en la fuente de los residuos, es responsabilidad del generador, y se debe utilizar recipientes que faciliten su identificación, para posterior separación, acopio, aprovechamiento (reciclaje, recuperación o reutilización), o disposición final adecuada. La separación garantiza la calidad de los residuos aprovechables y facilita su clasificación por lo que, los recipientes que los contienen deben estar claramente diferenciados.

Recipientes. - Los recipientes de colores, deben cumplir con los requisitos establecidos en esta norma, dependiendo de su ubicación y tipo de residuos.

Centros de almacenamiento temporal y acopio. - Los residuos deben ser separados y dispuesto en las fuentes de generación (Estación con recipientes de colores), ya sea en un área específica para el efecto, definida como un área concurrida o pública a la que todas las personas tienen acceso; o un área interna, definida como un área con acceso condicionado solo a personal autorizado y deben mantenerse separados en los centros de almacenamiento temporal y acopio.

Rotulado. - El rotulado estará en un lugar visible con caracteres legibles según lo establecido en la NTE INEN 878. El nombre o denominación de los residuos con su logo respectivo y la distancia de observación según lo establecido en la NTE INEN ISO 3864-1.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Enfoque de la investigación

La presente investigación se desarrolló mediante un enfoque mixto, combinando el método cuantitativo, así como el cualitativo. El enfoque cuantitativo se aplicó mediante la recolección de datos estadísticos a través de encuestas estructuradas con el fin de conocer las prácticas desarrolladas de manejo de residuos sólidos orgánicos, volúmenes generados y la frecuencia de disposición. Datos que se complementaron con el cálculo de la generación per cápita, utilizando fórmulas estadísticas que permitieron realizar un análisis objetivo de la situación.

El enfoque cualitativo permitió interpretar los hallazgos desde la perspectiva social y cultural de la comunidad, identificando las percepciones, actitudes y conocimientos de los habitantes sobre el manejo de los residuos. Se propusieron estrategias viables como la correcta separación en el entorno, la implementación del compostaje comunitario, la creación de un sistema organizado para el almacenamiento, recolección y transporte de los residuos sólidos orgánicos.

3.1.1 Tipo y alcance de la investigación

El presente estudio correspondió a una investigación aplicada, ya que buscó dar solución al problema de la gestión inadecuada de los residuos sólidos orgánicos en la comuna Campo Alegre, mediante observación directa se propusieron alternativas prácticas y sostenibles para su correcto aprovechamiento. Investigación de campo, dado que involucró la recolección de información por observación directa, entrevistas y encuestas a los habitantes de la comuna, y de laboratorio, debido a la instalación de composteras, donde se evaluaron dos técnicas específicas de tratamiento (Bocashi y lombricompostaje) bajo condiciones controladas.

De igual manera, presentó un carácter descriptivo, dado que se realizó el detalle de las características tanto cuantitativas como cualitativas de los residuos, como también las prácticas adoptadas por los habitantes para su disposición y manejo.

El estudio tuvo un alcance explicativo, buscando comprender los resultados obtenidos en la aplicación de las técnicas de compostaje analizando los factores que intervinieron en la descomposición de los residuos, su calidad final y el potencial de aprovechamiento como abono orgánico.

3.1.2 Diseño de investigación

El diseño de la investigación fue cuasiexperimental, dado que se aplicaron tratamientos para la comparación de los resultados. Se aplicaron dos técnicas de compostaje, una para lombricompostaje y otra para bocashi, cuyos resultados fueron analizados mediante los parámetros (N, P, K, pH, T, % de humedad y % de consumo), para así determinar qué técnica de compostaje es más adecuada para la comuna. Este enfoque resultó pertinente para el tipo de proyecto, ya que se buscó describir la situación actual con respecto a la gestión de residuos sólidos orgánicos, aplicando pruebas controladas de compostaje bajo condiciones reales y, a partir de los resultados, se propuso un plan integrado de manejo donde se tiene:

Diagnóstico de la gestión de desechos sólidos orgánicos considerando los tipos de residuos, fuentes de generación y prácticas de disposición en la comuna.

Se aplicó un análisis descriptivo que permitió la caracterización de la magnitud y naturaleza de los residuos generados en la comunidad. Se llevó a cabo la caracterización cuantitativa mediante el pesaje de los desechos recolectados con la ayuda de una balanza análoga, lo que permitió calcular la tasa de generación per cápita (kg/hab/día). Al mismo tiempo, se efectuó una caracterización cualitativa, identificando los diferentes tipos de residuos (restos de alimentos, vegetación, poda, desechos agrícolas) y principales fuentes generadoras (hogares, comercios, actividades productivas). Estos análisis se complementaron con observaciones directas en los puntos críticos mayormente de acumulación con el fin de identificar patrones de disposición.

Los residuos orgánicos se recolectaron en los hogares seleccionados de la comuna Campo Alegre, parroquia Puná; se repartieron fundas plásticas de color verde luego estas fueron trasladadas en una furgoneta hasta el punto de embarque, donde se encontraban la lancha encargada de realizar el traslado hacia la ciudad de Guayaquil.

Debido a que la cantidad total de residuos recolectados correspondía a 39 fundas, el traslado hacia Guayaquil se realizó en dos etapas.

Una vez que se reunieron las 39 fundas, estas fueron transportadas mediante una camioneta hasta el lugar destinado para la elaboración del compost

en Guayaquil. Para evitar la pérdida, derramamiento o dispersión de los residuos orgánicos durante el traslado en la lancha, las fundas fueron amarradas y aseguradas correctamente, garantizando así que el material recolectado llegara en buenas condiciones a la ciudad y así mismo al lugar donde se realizaría el proceso de compostaje. Dicho procedimiento permitió disponer de un espacio idóneo de los equipos requeridos (balanza análoga y recipiente de plástico) para registrar el peso de los residuos recolectados durante las cuatro semanas de estudio.

Realización de dos técnicas de compostaje, Bocashi y lombricompostaje, para el análisis comparativo de N, P, K, pH, T, % humedad y % de consumo de residuos orgánicos.

Se procedió con la instalación de dos composteras, los que fueron destinados para ambos procesos de compost, siendo bocashi y lombricompostaje, se aplicaron los residuos orgánicos provenientes de la comuna.

Bocashi para su proceso necesita baja disponibilidad de oxígeno, en el cual se utilizaron microorganismos con el fin de poder fermentar los residuos previamente recolectados, entre los residuos utilizados se encontraron cáscaras de frutas, verdura. Los restos orgánicos utilizados fueron cortados cuidadosamente en tamaños de 2 a 5 cm, con el objetivo de facilitar la acción de los microorganismos y lograr una fermentación uniforme. Se utilizó un recipiente de color azul con capacidad de 18 litros con dimensiones de 20 cm de ancho, largo de 23 cm y un alto de 41 cm, asegurando que la superficie permaneciera cerrada, tomando mediciones semanales de temperatura que fue tomada con un termómetro de cocina, se aplicaron aceleradores en bajas proporciones para nutrir los microorganismos, durante el periodo de 4 semanas, tiempo en el cual los microorganismos se desarrollaron en condiciones favorables.

Se colocaron en capas de 5 a 10 cm de espesor los residuos, con el fin de reducir la presencia de oxígeno en el contenedor. El acelerador biológico, consistía en agua de arroz mezclada con agua purificada añadiéndole azúcar morena y leche. La mezcla se dejó fermentar durante una semana en una botella plástica de 500 ml para favorecer la multiplicación de microorganismos beneficiosos y posteriormente se aplicó al compost en bajas proporciones, 35 ml una vez por semana, en las 4 semanas con el fin de estimular la actividad microbiana y acelerar la descomposición de la materia orgánica.

Luego de transcurridas las semanas de compostaje, se procedió a incorporar el compost al suelo mediante su enterramiento o mezcla con la tierra. Este proceso permitió mejorar la retención de agua del suelo, lo que resultó favorable para el desarrollo de las plantas debido al aporte de nutrientes. Asimismo, se evidenció que este procedimiento constituyó una alternativa factible para evitar la disposición inadecuada de los residuos orgánicos, permitiendo su aprovechamiento.

Lombricompostaje, durante el proceso de descomposición se utilizó la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), cuya función consistió en transformar los residuos orgánicos en un abono de alta calidad y rico en nutrientes, conocido como humus. Se utilizó un recipiente de color plomo con capacidad de 11 litros para el almacenamiento de los residuos orgánicos, en el cual sus dimensiones fueron un ancho de 18 cm, 20 cm de largo, alto de 33 cm, que permaneció debidamente tapado y ubicado en un área sombreada para evitar la exposición directa a la luz solar, con el fin de mantener las condiciones adecuadas para el desarrollo de este tipo de lombriz.

Además, el recipiente contó con orificios en la parte inferior para evitar la acumulación de agua, ya sea por exceso de riego o por precipitaciones. En el interior, se colocó una capa de hojas secas como base, seguida de los residuos orgánicos; posteriormente, se dispuso una cobertura de hojas secas y cartón troceado para evitar la atracción de vectores, como las moscas. Los residuos utilizados correspondieron a los previamente mencionados, tales como cáscaras de frutas y verduras, los cuales fueron cortados antes de su disposición en el recipiente con el propósito de facilitar el proceso de descomposición realizado por las lombrices para la producción del compost.

Se mantuvieron condiciones de temperatura entre 27 y 31 °C, con el fin de proporcionar un hábitat favorable para las lombrices y evitar la acumulación excesiva de humedad evitando el riego prologando. Para reducir la acidez, se añadieron cáscaras de huevo trituradas, evitando el uso excesivo de cítricos. La aireación se logró mediante el volteo semanal del compost, permitiendo que el oxígeno llegara adecuadamente a las lombrices y evitando que estas se vieran afectadas, aireación correcta se comprobó con no presentar malos olores.

El proceso de transformación dura dos meses. Sin embargo, con la aplicación del acelerador biológico, empleado de la misma forma que en el bocashi, se aplicó al lombricompostaje una dosis superior de 90 mL del acelerador una vez

por semana durante cuatro semanas en las fechas ya mencionadas. Lo que favoreció a la multiplicación de microorganismos beneficiosos y así estimular la actividad microbiana y acelerar la descomposición de la materia orgánica junto con restos verdes frescos, azúcar disuelta en agua y levadura, lo que favoreció la actividad de los microorganismos y contribuyó a la aceleración de la descomposición de la materia orgánica, al cabo de cuatro semanas el lombricompost presentó un sustrato de color oscuro, textura fina y olor característico a tierra húmeda, lo que indicó que es adecuado para su utilización.

Elaboración del Plan integral de desechos sólidos no peligrosos que involucren el análisis del tratamiento más adecuado.

Se obtuvieron resultados para el diseño del Plan de Gestión Integral, enfocado en el manejo de los residuos orgánicos. Este plan incluyó estrategias orientadas a la gestión adecuada en todas sus etapas, tales como la identificación y separación en la fuente, diferenciando los residuos orgánicos de los inorgánicos y fomentando hábitos responsables en los hogares y comercios; el almacenamiento temporal en condiciones adecuadas que evitaran la generación de focos de contaminación; el barrido y la limpieza; el transporte seguro adaptado a las condiciones de la comuna; el aprovechamiento, priorizando la aplicación de las técnicas de compostaje evaluadas (Bocashi y lombricompostaje) para el tratamiento de los residuos orgánicos; así como el tratamiento y la disposición final controlada de los residuos no aprovechables destinados al relleno sanitario.

3.2 Metodología

3.2.1 Variables

3.2.1.1 Variable independiente.

- Método de tratamiento aplicado (Bocashi y lombricompostaje).
- Condiciones de compostaje (tiempo de descomposición, temperatura, humedad, aireación).
- Prácticas de disposición y separación en la fuente realizadas.
- Frecuencia de recolección y prácticas de manejo de los residuos.

3.2.1.2 Variable dependiente.

- Calidad del compost obtenido (pH, % humedad, % consumo, N, P, K, textura, olor, color);
- Reducción del volumen de los residuos.

- Velocidad de reducción del volumen de los residuos.
- Tipo de compost más apropiado para la zona, como resultado de muestra de laboratorio;
- Composición y caracterización de los residuos orgánicos (tipo, porcentaje, volumen).

3.2.2 Matriz de operacionalización de variables

Ver en Anexos la matriz de variable dependientes como independientes.

3.2.3 Recolección de datos

3.2.3.1 Recursos.

3.2.3.1.1 Equipo de campo y laboratorio.

- Balanza análoga para residuos
- Bolsas plásticas para recolección de residuos sólidos orgánicos
- Cinta métrica para mediciones auxiliares
- Guantes de látex y mascarillas para la manipulación segura de residuos
- Termómetro de cocina

3.2.3.1.2 Materiales e insumos.

- Hojas de registro para encuesta
- Dos recipientes plásticos destinados al compostaje de residuos orgánicos
- Materiales permanentes y bolígrafo
- Lápiz, borrador, regla
- Pala para manipulación de compostaje
- Lona plástica para cubrir por lluvia el compostaje
- Aserrín, para equilibrar la relación C/N y mejorar la aireación
- Microorganismos eficientes como aceleradores biológicos para el compostaje

3.2.3.1.3 Herramientas tecnológicas o software.

- Computador de escritorio para digitalización y procesamiento de datos
- Software de análisis estadístico (Excel u otro similar)
- Cámara fotográfica o teléfono móvil con buena resolución para registro visual de trabajo de campo

3.2.3.2 Método y técnicas.

3.2.3.2.1 Métodos.

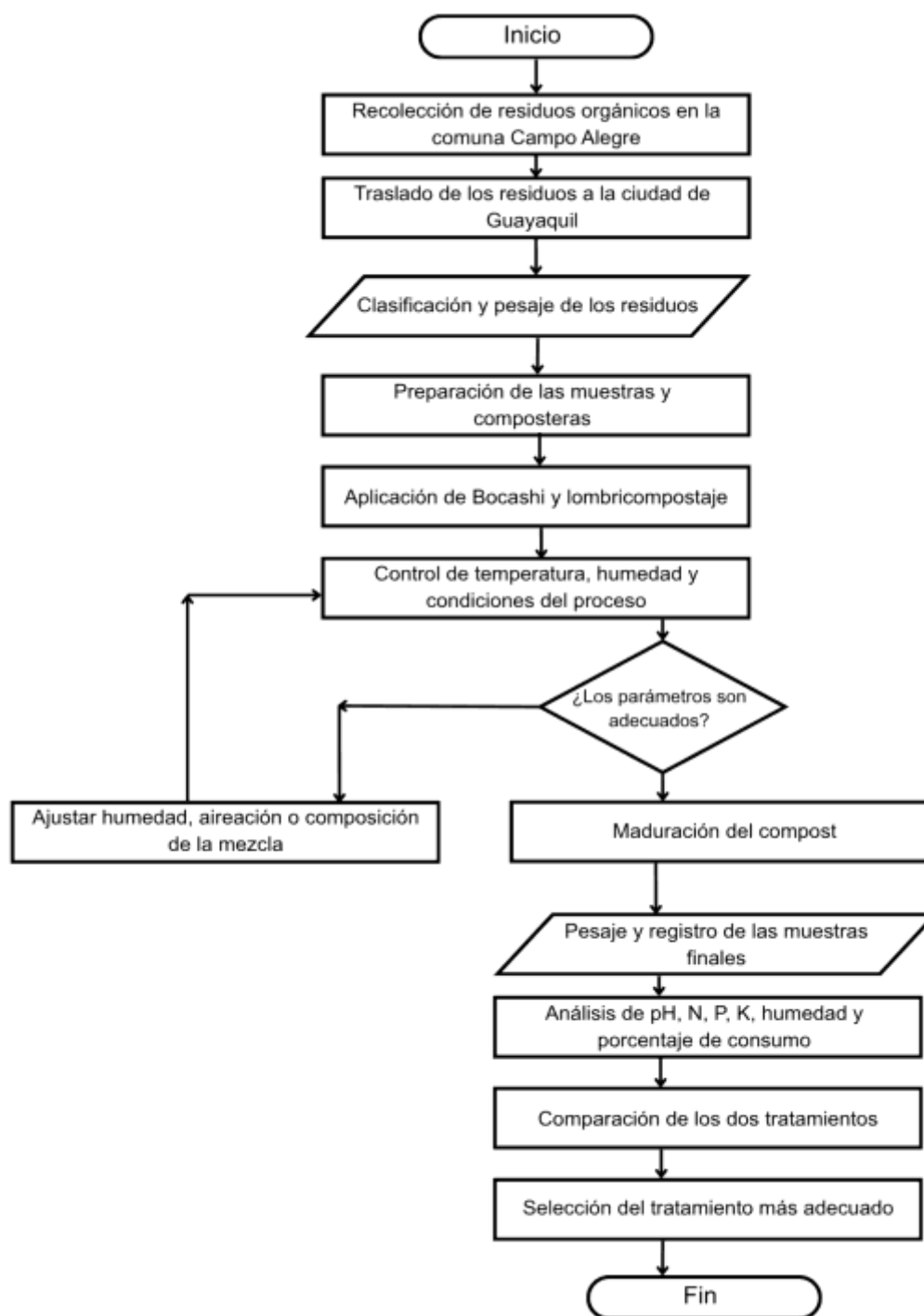
- **Método descriptivo:** Se enfocó en la caracterización actual de la generación y manejo de los residuos sólidos orgánicos en el área de estudio.
- **Método de observación directa:** Se realizaron mediciones de peso y volumen de los residuos en diferentes etapas, y la aplicación de registros de temperatura y humedad en las pilas de compost. Además, se llevaron a cabo los análisis de laboratorio sobre muestras de compost para determinar su calidad en términos de nutrientes, textura y pH.
- **Método estadístico:** Con los datos obtenidos se realizó el procesamiento tanto del pesaje y el cálculo de la generación per cápita.
- **Método experimental:** Se aplicaron y compararon dos técnicas de compostaje, lombricompostaje y bocashi, bajo condiciones controladas, con el fin de evaluar la calidad final del compost y la reducción del volumen de los residuos.

3.2.3.2.2 Técnicas.

- **Encuesta estructurada:** Se enfocó en la recopilación de prácticas realizadas en la zona para la gestión de los residuos sólidos orgánicos como: separación, frecuencia de recolección, disposición final, hábitos y conocimientos que presentaba la comunidad con respecto a esto.
- **Medición y pesaje:** Se utilizó principalmente para la cuantificación de la cantidad de residuos sólidos orgánicos que se generan en el lugar.
- **Registro fotográfico:** Sirvió como parte de evidencia del trabajo realizado, así como de las condiciones en las que se encontraba la zona.

Figura 1

Diagrama de flujo del procedimiento de recolección, compostaje y análisis de los residuos orgánicos



Elaborado por: El Autor, 2025

El diagrama de flujo representa el procedimiento desarrollado desde la recolección de los residuos orgánicos en la comuna Campo Alegre hasta la selección del tratamiento más idóneo; luego del traslado a la ciudad de Guayaquil, se realizaron la clasificación y el pesaje, seguidos por la preparación de las muestras y la aplicación de las técnicas de Bocashi y lombricompostaje. En ambos

tratamientos se controlaron la humedad, temperatura y condiciones generales del proceso.

Después, se corroboró si los parámetros se hallaban dentro de las condiciones necesarias; cuando estos no fueron apropiados, se efectuaron ajustes en la humedad, aireación o composición de la mezcla y se retomó la supervisión. Una vez alcanzada la maduración, se realizaron el pesaje final y el análisis de pH, N, P, K, humedad y porcentaje de consumo, cuyos resultados permitieron ejecutar la comparativa de los dos tratamientos y escoger el más adecuado para su posible aplicación en la comunidad.

3.2.4 Población y muestra

3.2.4.1 Población.

La población objeto de estudio correspondió a los habitantes de la comunidad Campo Alegre de Puná, constituyéndose como el universo para la gestión de residuos sólidos orgánicos la cual proporcionó la información necesaria para realizar el sistema. Contando con un total de 1,727 habitantes quienes generan los residuos en la Comuna, debido a sus prácticas o hábitos enfocado en la gestión.

3.2.4.2 Muestra.

Para la determinación del tamaño de muestra se utilizó el muestreo estadístico para poblaciones finitas, mediante la aplicación de esta fórmula:

Ecuación 1. Fórmula para calcular tamaño de muestra

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

N: 1,727 (Tamaño de la población)

Z: 1.96 (Valor de Z para un 95% de confianza)

p: 0.5 (proporción esperada de éxito se usó un 50% para una mayor variabilidad)

q: 0.5 (1-p)

E: 0.05 (margen de error del 5%)

Ecuación 2. Estimación de varianza poblacional

$$Z^2 * p * q = (1.96)^2 * 0.5 * 0.5 = \quad (2)$$

$$3.8416 * 0.25 = 0.9604$$

Ecuación 3. Estimación de la dispersión poblacional ponderada

$$N * 0.9604 = 1,727 * 0.9604 = \quad (3)$$

$$1,658.6108$$

Ecuación 4. Ajuste por población finita

$$E^2 * (N - 1) + 0.9604 = 0.0025 * \quad (4)$$

$$1,726 + 0.9604 = 5.2754$$

Ecuación 5. Cálculo del tamaño de la muestra

$$n = \frac{1,658.6108}{5.2754} = 314.40 = 314 \quad (5)$$

Fuente: (Aguilar, 2005).

La muestra fue de 314 habitantes, representando a los habitantes los cuales se le realizó la encuesta sobre las condiciones de gestión de desechos sólidos no peligrosos, implementación de compost y plan de manejo integral de desechos sólidos no peligrosos de la comuna Campo Alegre. La encuesta fue anónima, ya que no se recopilaron datos personales que permitieran identificar a los participantes, garantizando la confidencialidad de sus respuestas.

3.2.5 Análisis estadístico

El análisis estadístico empleado fue de tipo descriptivo, debido a que su objetivo fue sintetizar y presentar información recolectada tanto de manera clara como comprensible, sin realización de inferencias que vayan más allá de los datos obtenidos.

Se utilizó la fórmula de generación per cápita la cual sirvió para conocer la cantidad de residuos que produce una persona en promedio en un tiempo determinado, cuya fórmula fue:

Generación per cápita diaria de residuos:

Ecuación 6. Cálculo de generación per cápita

$$(gpc) = \frac{\text{Peso de los residuos (RS)}}{\text{Numero de habitantes (Hab)*\#días}} \quad (6)$$

Donde:

- gpc: Generación per cápita
- RS= Peso de los residuos
- Hab= Número de habitantes
- #días= días que se llevó a cabo la generación per cápita

Los resultados obtenidos a partir de la aplicación de la fórmula de generación per cápita fueron organizados y representados en tablas y gráficos estadísticos, mostrando de manera clara los porcentajes y cantidades generadas. Dicha representación facilitó la caracterización de los patrones de generación de residuos sólidos orgánicos en la población, identificando tendencias, variaciones y comportamientos específicos en relación con la producción de desechos. El procesamiento y la elaboración de las representaciones gráficas se realizaron mediante el programa Microsoft Excel, herramientas que permitieron el análisis comparativo ordenado y comprensible, que sirvieron como base para la interpretación de resultados y toma de decisiones en torno al manejo y aprovechamiento de estos residuos.

4. RESULTADOS

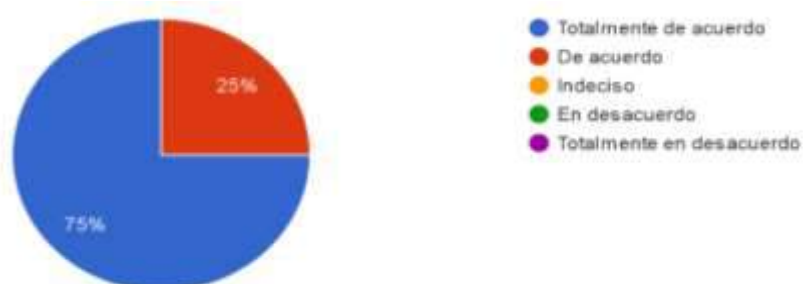
4.1 Diagnóstico de la situación actual de la gestión de desechos sólidos orgánicos no peligrosos mediante la caracterización cuantitativa y cualitativa.

Se realizaron encuestas a la comunidad del lugar, donde se obtuvieron los siguientes resultados:

- **Pregunta 1: ¿Cree Usted que un plan de compostaje beneficiaría ambiental, social y económicamente a la comuna?**

Figura 2

Percentiles de aceptación de compostaje en la comuna



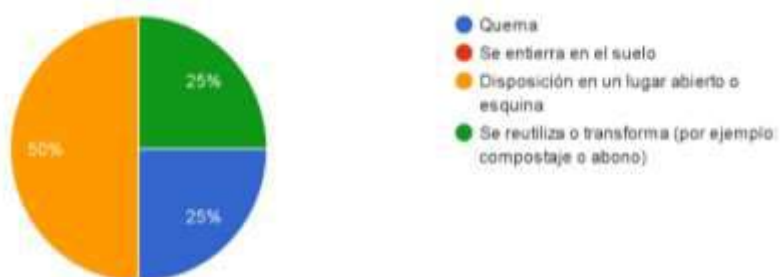
Elaborado por: El Autor, 2025

Con la encuesta realizada a los habitantes, la implementación del plan de compostaje tuvo una aceptación del 75% (236 personas) estando totalmente de acuerdo y 25% de acuerdo (78), estos resultados evidenciaron una aceptación favorable de la propuesta por parte de la comunidad.

- **Pregunta 2: ¿Qué práctica se utiliza principalmente en la comuna para disposición de los desechos sólidos no peligrosos?**

Figura 3

Percentiles de prácticas de disposición de desechos dentro de la Comuna



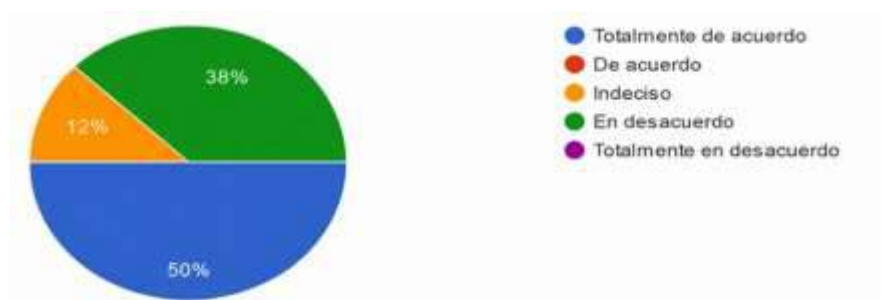
Elaborado por: El Autor, 2025

Con los datos obtenidos se puso en evidencia que las prácticas de gestión de desechos en la zona presentaron una gran variedad de prácticas aplicadas por los habitantes en el lugar, siendo un 50% (157 personas) la disposición en un lugar abierto o esquina, 25% (79) se reutiliza o transforma y otro 25% (78) se quema.

- **Pregunta 3: ¿Está Usted de acuerdo con que un equipo de personas se encargue de la gestión de los residuos orgánicos en la comuna?**

Figura 4

Percentiles de recolección de residuos en la Comuna



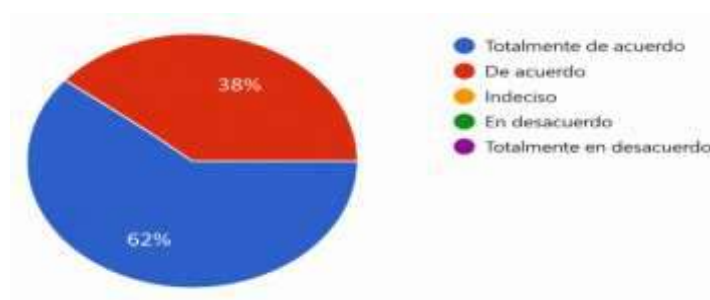
Elaborado por: El Autor, 2025

Se evidenció que el 50 % (157 personas) manifestó estar totalmente de acuerdo. Asimismo, el 38 % (118 personas) manifestó estar en desacuerdo y el 12 % (39 personas) se mostró indeciso.

Pregunta 4: ¿Piensa Usted que es necesario mejorar la forma en que actualmente se gestionan los residuos en Campo Alegre?

Figura 5

Percentil sobre la necesidad de mejoramiento de gestión de los residuos en la Comuna



Elaborado por: El Autor, 2025

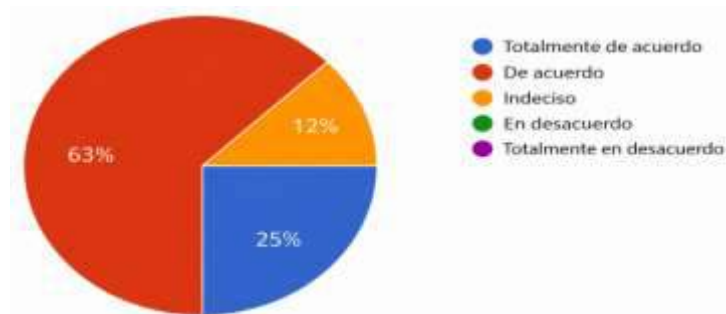
Se evidenció una aceptación favorable hacia la implementación de algún sistema de gestión de residuos, registrándose un 62 % (196 personas) totalmente

de acuerdo y un 38 % (118 personas) que también manifestó estar de acuerdo con su implementación.

Pregunta 5: ¿Cree Usted que en la comuna se pueden garantizar las condiciones necesarias (tiempo, humedad, aireación) para un buen proceso de compostaje?

Figura 6

Percentil de aprobación de compostaje en la Comuna



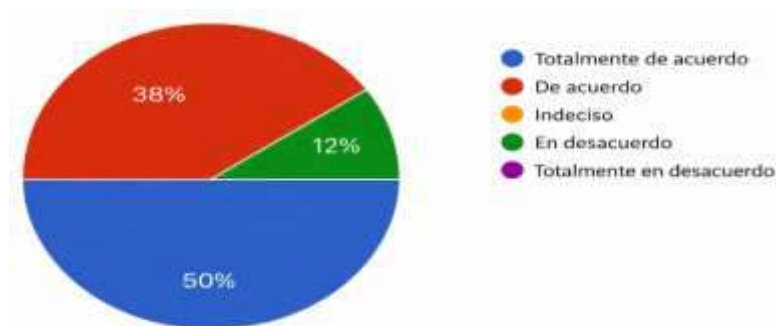
Elaborado por: El Autor, 2025

Con la consulta realizada se evidenció que 25% (79 personas) de pobladores están totalmente de acuerdo con la implementación de la técnica de compostaje, de acuerdo un 63% (196), un 12% (39) se encontraron indecisos.

Pregunta 6: ¿Cree Usted que el proceso de compostaje puede producir un abono de buena calidad en un tiempo adecuado, reduciendo rápidamente el volumen de residuos?

Figura 7

Percentil sobre favorecimiento de compostaje de buena calidad



Elaborado por: El Autor, 2025

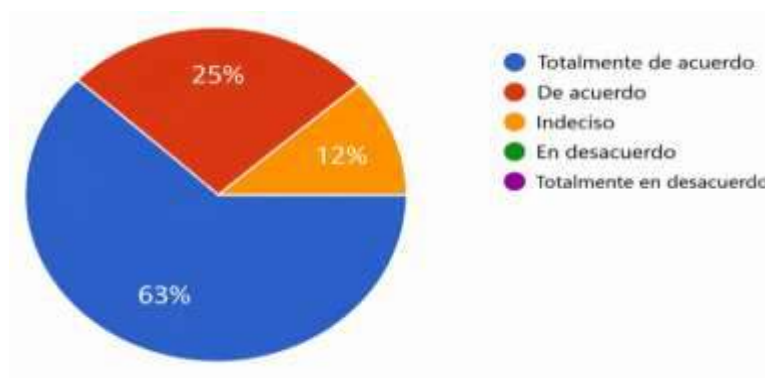
Se evidenció una notable aprobación en la comuna respecto a la implementación del compostaje, registrándose un 50 % (157 personas) totalmente

de acuerdo, un 38 % (118 personas) de acuerdo y un 12 % (39 personas) en desacuerdo.

Pregunta 7: ¿Cree Usted que en su hogar es posible identificar y separar fácilmente el tipo de residuos orgánicos que generan (cáscaras, restos de comida, podas, etc.)?

Figura 8

Percentil sobre iniciativa por parte de pobladores para la buena gestión de residuos



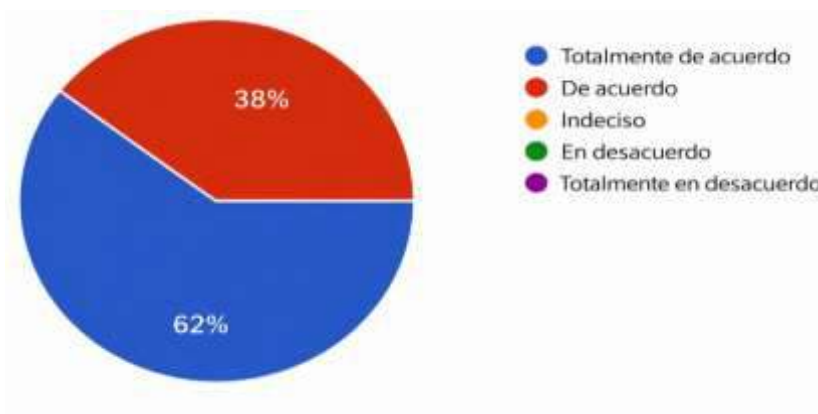
Elaborado por: El Autor, 2025

Mediante la entrega de documentos impresos a los habitantes, se promovió el aprendizaje sobre la correcta separación de los residuos orgánicos para su adecuado aprovechamiento mediante compostaje. Los resultados evidenciaron que el 63 % (196 personas) estuvo totalmente de acuerdo, el 25 % (79 personas) manifestó estar de acuerdo y el 12 % (39 personas) se mostró indeciso.

Pregunta 8: ¿Está Usted de acuerdo en que, si se aprovechan los residuos orgánicos, disminuiría la cantidad de basura que actualmente se desecha en la comunidad?

Figura 9

Percentil sobre aceptación de aprovechamiento de residuos orgánicos en la Comuna



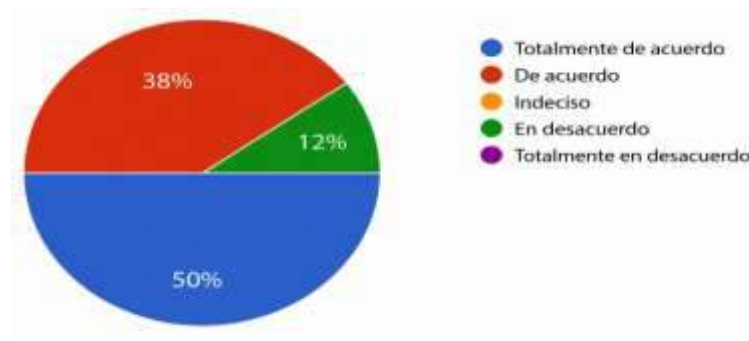
Elaborado por: El Autor, 2025

Se evidenció un notable interés por parte de los pobladores, registrándose un 62 % (196 personas) totalmente de acuerdo y un 38 % (118 personas) de acuerdo.

Pregunta 9: ¿Considera Usted que el compost producido en la comunidad tendría buena calidad (olor, color, textura) y ayudaría a reducir el volumen de los residuos orgánicos?

Figura 10

Percentil sobre producción de compost en la Comuna

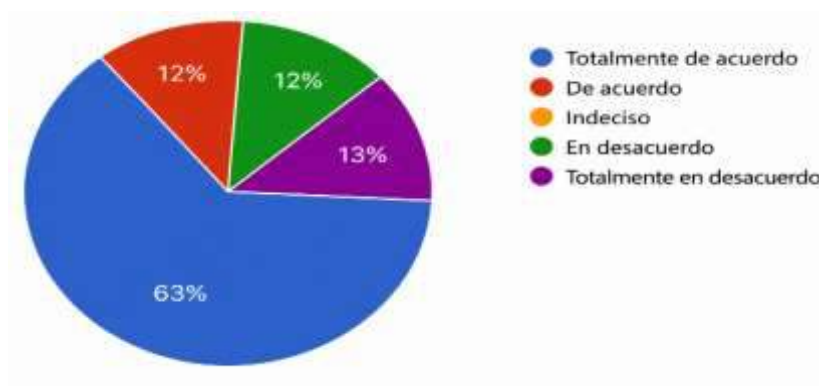


Elaborado por: El Autor, 2025

Se evidenció una aceptación considerable hacia la implementación de buenas prácticas ambientales en la comunidad, registrándose un 50 % (157 personas) totalmente de acuerdo, un 38 % (118 personas) de acuerdo y un 12 % (39 personas) en desacuerdo.

Pregunta 10: ¿Está Usted de acuerdo en que se realice compostaje como Bocashi y el lombricompostaje para el aprovechamiento de los residuos orgánicos en la comuna?

Figura 11

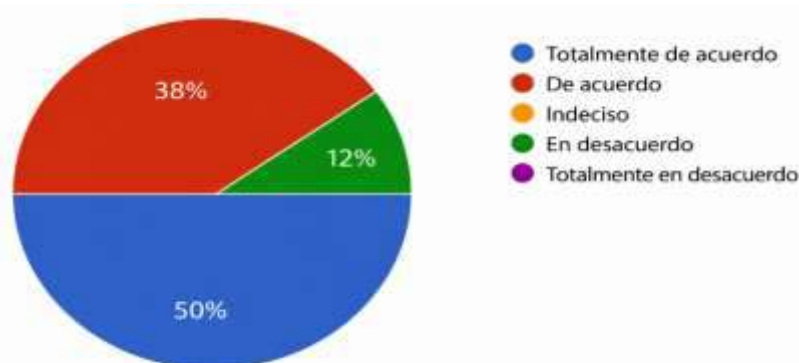
Percentil de aceptación de compostaje en la zona

Elaborado por: El Autor, 2025

Se evidenció el compromiso que existe por todas las partes para la realización de compostaje en la Comuna, estando totalmente de acuerdo un 63% (196 personas), 12% (39) de acuerdo, en desacuerdo un 12% (39) y totalmente en desacuerdo 13% (40).

- **Pregunta 11: ¿Considera Usted que en su hogar se podrían separar adecuadamente los residuos (orgánicos e inorgánicos) para mejorar su disposición?**

Figura 12

Percentil de compromiso con buenas prácticas de separación de residuos en la Comuna

Elaborado por: El Autor, 2025

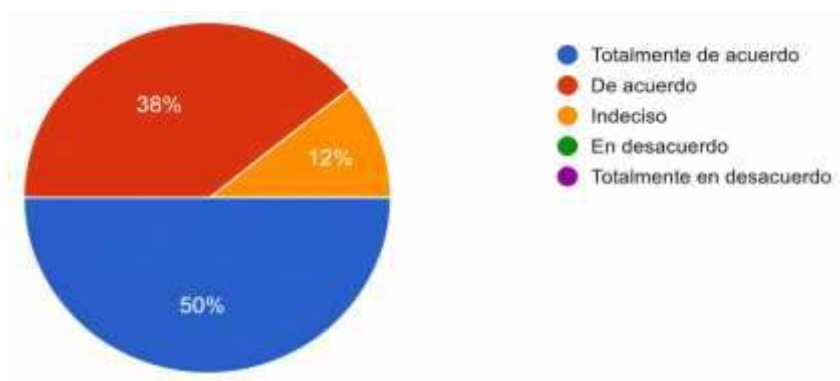
Se demostró el compromiso de los habitantes y la seguridad que tienen al poder llevar a cabo este tipo de separación de residuos en la comuna, siendo una parte dónde debe haber una responsabilidad total al conocer sobre dónde deben ir depositados cada uno de los residuos ya sea inorgánicos y orgánicos, con un 50%

(157 personas) totalmente de acuerdo, un 38% (118) de acuerdo y un 12% (39) en desacuerdo.

- **Pregunta 12: ¿Está Usted de acuerdo en que la comuna Campo Alegre debería implementarse un plan integral de gestión de desechos sólidos que incluya compostaje como alternativa principal?**

Figura 13

Percentil de aceptación de implementación de plan integral de desechos sólidos



Elaborado por: El Autor, 2025

La implementación de un plan integral dentro de la zona para la gestión de desechos sólidos fue valorada positivamente por parte de la comuna en mayor parte. Con un 50% (157 personas) de pobladores están totalmente de acuerdo, de acuerdo 38% (118) y un 12% (39) en indecisión.

4.2 Residuos recolectados en la comuna

Tabla 1.

Cantidad de residuos producido en la comuna

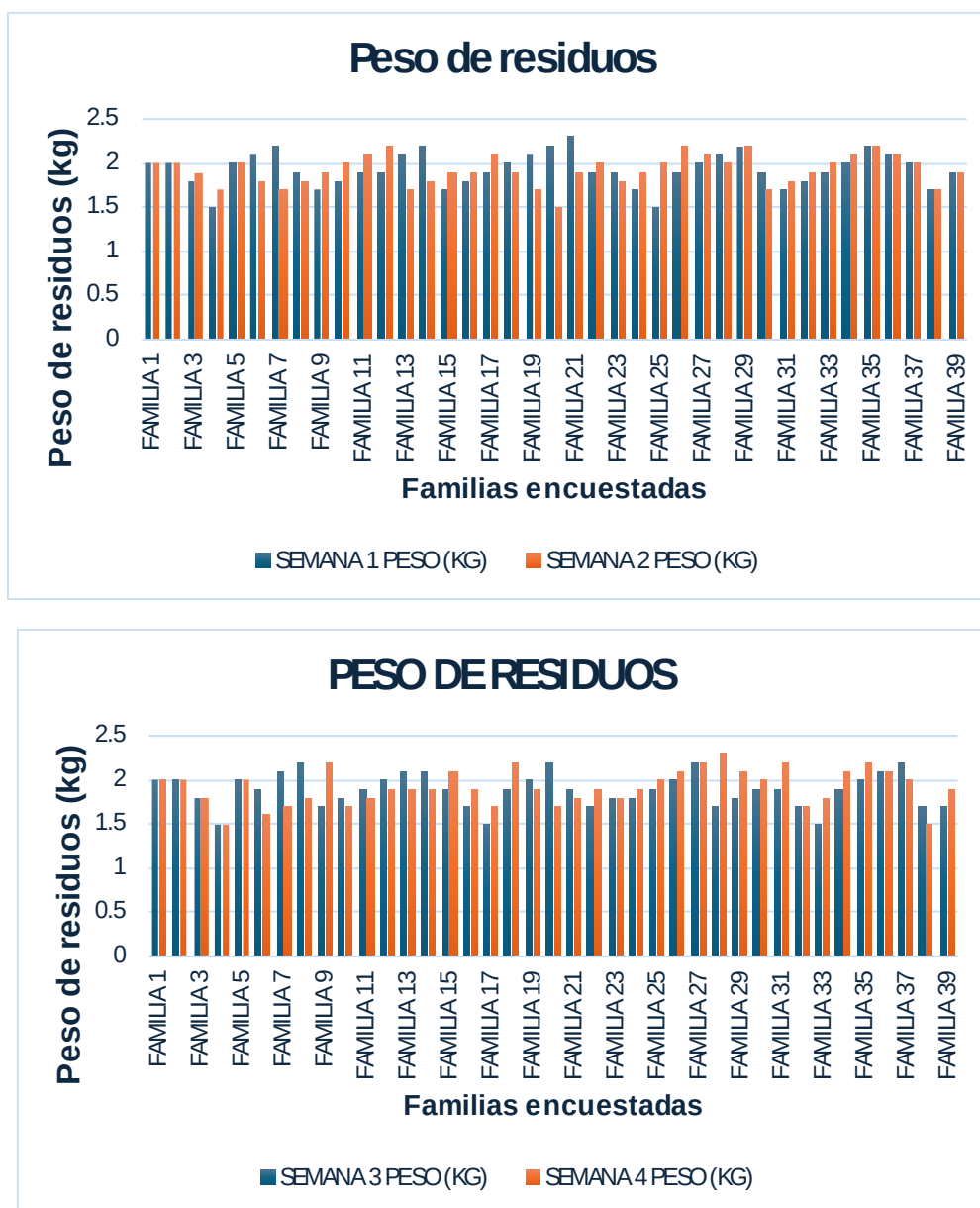
	SEMANA 1 PESO (KG)	SEMANA 2 PESO (KG)	SEMANA 3 PESO (KG)	SEMANA 4 PESO (KG)
FAMILIA 1 (4 personas)	2	2	2	2
FAMILIA 2 (5 personas)	2	2	2	2
FAMILIA 3 (4 personas)	1.8	1.9	1.8	1.8
FAMILIA 4 (3 personas)	1.5	1.7	1.5	1.5
FAMILIA 5 (5 personas)	2	2	2	2
FAMILIA 6 (4 personas)	2.1	1.8	1.9	1.6
FAMILIA 7 (5 personas)	2.2	1.7	2.1	1.7
FAMILIA 8 (5 personas)	1.9	1.8	2.2	1.8
FAMILIA 9 (3 personas)	1.7	1.9	1.7	2.2
FAMILIA 10 (4 personas)	1.8	2	1.8	1.7
FAMILIA 11 (3 personas)	1.9	2.1	1.9	1.8
FAMILIA 12 (5 personas)	1.9	2.2	2	1.9
FAMILIA 13 (4 personas)	2.1	1.7	2.1	1.9
FAMILIA 14 (5 personas)	2.2	1.8	2.1	1.9
FAMILIA 15 (3 personas)	1.7	1.9	1.9	2.1
FAMILIA 16 (3 personas)	1.8	1.9	1.7	1.9
FAMILIA 17 (4 personas)	1.9	2.1	1.5	1.7
FAMILIA 18 (5 personas)	2	1.9	1.9	2.2
FAMILIA 19 (4 personas)	2.1	1.7	2	1.9
FAMILIA 20 (5 personas)	2.2	1.5	2.2	1.7
FAMILIA 21 (4 personas)	2.3	1.9	1.9	1.8
FAMILIA 22 (4 personas)	1.9	2	1.7	1.9
FAMILIA 23 (5 personas)	1.9	1.8	1.8	1.8
FAMILIA 24 (3 personas)	1.7	1.9	1.8	1.9
FAMILIA 25 (4 personas)	1.5	2	1.9	2
FAMILIA 26 (4 personas)	1.9	2.2	2	2.1
FAMILIA 27 (5 personas)	2	2.1	2.2	2.2
FAMILIA 28 (5 personas)	2.1	2	1.7	2.3
FAMILIA 29 (4 personas)	2.2	2.2	1.8	2.1
FAMILIA 30 (3 personas)	1.9	1.7	1.9	2
FAMILIA 31 (4 personas)	1.7	1.8	1.9	2.2
FAMILIA 32 (4 personas)	1.8	1.9	1.7	1.7
FAMILIA 33 (5 personas)	1.9	2	1.5	1.8
FAMILIA 34 (4 personas)	2	2.1	1.9	2.1
FAMILIA 35 (4 personas)	2.2	2.2	2	2.2
FAMILIA 36 (5 personas)	2.1	2.1	2.1	2.1
FAMILIA 37 (4 personas)	2	2	2.2	2
FAMILIA 38 (3 personas)	1.7	1.7	1.7	1.5
FAMILIA 39 (4 personas)	1.9	1.9	1.7	1.9
TOTAL	75.5	75.1	73.7	74.9

Nota: Pesos totales de la recolección de residuos en todas las semanas

Elaborado por: El Autor, 2025

Figura 14

Comparación de peso de residuos sólidos recolectados en todas las semanas



Elaborado por: El Autor, 2025

Con respecto al pesaje realizado durante las semanas 1 a 4, se trabajó con los residuos generados por las familias de la comuna. Se constató que el peso de los residuos presentó variaciones entre las semanas evaluadas. A partir de la suma total de los residuos generados por todas las familias, se evidenció que en la semana 1 se registró la mayor cantidad de residuos, con un total de 75,5 kg, mientras que la menor cantidad se produjo en la semana 3, con un total de 73,7 kg.

Tabla 2.**Clasificación de residuos generados en la comuna**

Residuos orgánicos	Peso(kg)	Porcentaje (%)
Cáscara de plátano, mango y piña	12,84	17
Restos de verduras (col, lechuga, zapallo, zanahoria, tomate)	21,14	28
Restos de frutas (naranja, fresa, aguacate)	13,59	18
Restos de comida no grasosas	11,33	15
Residuos de jardín	7,55	10
Cáscara de huevo	3,78	5
Hierbas y restos vegetales (cilantro, yerba buena, cebolla)	5,29	7
Total	75,5	100

Nota: Clasificación de los diferentes residuos orgánicos recolectados en la comuna junto a su % de tipos de residuos

Elaborado por: El Autor, 2025

Con la clasificación de los residuos orgánicos generados se mostró que los restos de verduras representaron la mayor proporción de los residuos orgánicos generados en la comuna Campo Alegre, con un 28 % (21,14 kg), seguidos por los restos de frutas (18%) y las cáscaras de plátano, mango y piña (17%). Estos resultados evidenciaron que la mayor parte de los residuos son biodegradables, lo que demostró un alto potencial para su aprovechamiento mediante las técnicas de compostaje.

Ecuación 7. Cálculo de generación per cápita diaria- Semana 1

$$\begin{aligned}
 (gpc) &= \frac{75,5 \text{ kg total}}{161 \text{ personas} * 7} \\
 &= 0,067 \frac{\frac{kg}{hab}}{diario}
 \end{aligned}
 \tag{7}$$

Ecuación 8. Cálculo generación per cápita diaria- Semana 2

$$(gpc) = \frac{75,1 \text{ kg total}}{161 \text{ personas} * 7} = 0,067 \frac{\frac{kg}{hab}}{diario}
 \tag{8}$$

Ecuación 9. Cálculo generación per cápita diaria- Semana 3

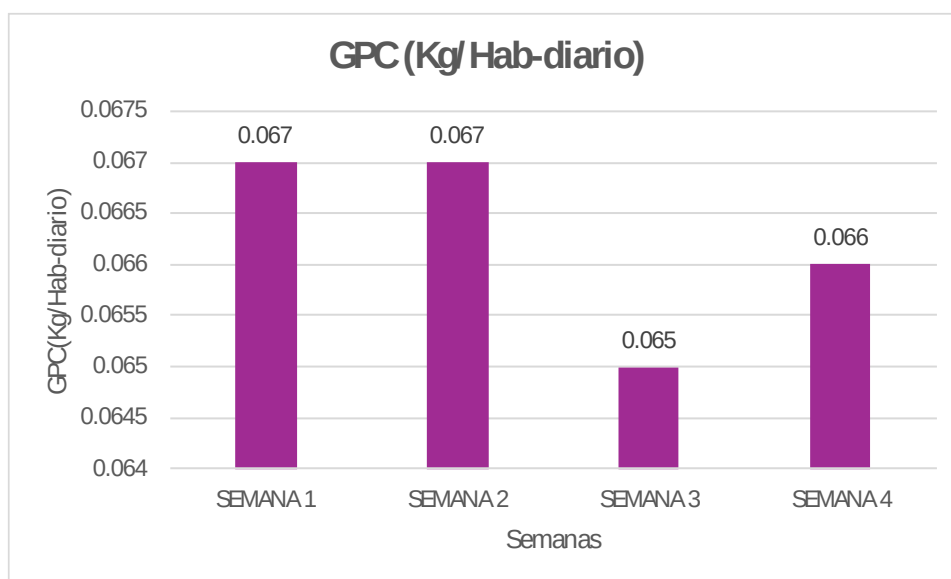
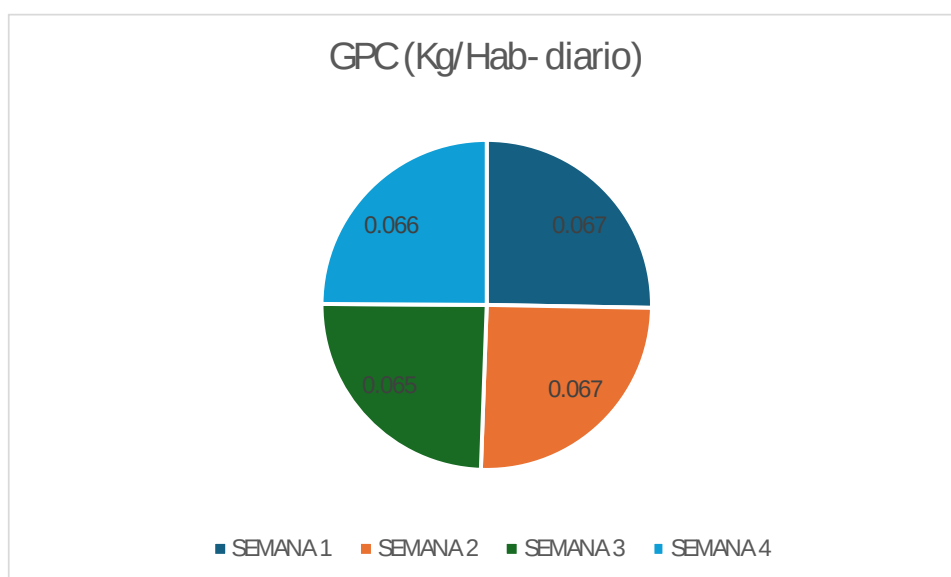
$$\begin{aligned}
 (gpc) &= \frac{73,7 \text{ kg total}}{161 \text{ personas} * 7} \\
 &= 0,065 \frac{\frac{kg}{hab}}{diario}
 \end{aligned}
 \tag{9}$$

Ecuación 10. Cálculo generación per cápita diaria- Semana 4

$$\begin{aligned}
 (gpc) &= \frac{74,9 \text{ kg total}}{161 \text{ personas} * 7} \\
 &= 0,066 \frac{\frac{kg}{hab}}{diario}
 \end{aligned}
 \tag{10}$$

Ecuación 11. Cálculo de la generación per cápita promedio

$$\begin{aligned}
 (gpc \text{ promedio}) &= \frac{0,067 + 0,067 + 0,065 + 0,066}{4} \\
 &= 0,066 \frac{kg}{hab} / diario
 \end{aligned}
 \tag{11}$$

Figura 15**Diagrama de barras de generación per cápita****Elaborado por: El Autor, 2025****Figura 16****Diagrama de pastel sobre generación per cápita****Elaborado por: El Autor, 2025**

Como se evidencia en los cálculos efectuados, durante las semanas 1, 2 se registró una generación per cápita de 0,067 kg/hab/día, mientras que en la semana 3 se obtuvo un valor de 0,065 kg/hab/día y en la semana 4 fue de 0,066 kg/hab/día; además, la variación entre las cuatro semanas demuestra que la cantidad de residuos orgánicos recolectados se mantuvo relativamente constante durante el

periodo de estudio. Al momento de promediar los valores semanales, se obtuvo una generación per cápita de 0,066 kg/hab/día, siendo un resultado relativamente bajo debido a que el pesaje tomó en cuenta solamente la fracción orgánica separada y entregada por las 39 familias participantes, y no el total de los residuos producidos. A su vez, parte de los residuos orgánicos era empleada por los comuneros para la alimentación de animales o como abono directo en terrenos y patios, por lo que dichos materiales no ingresaron al proceso de pesaje y recolección, cabe destacar que mayormente se generan residuos orgánicos que de otro tipo de residuo en la comuna.

4.3 Realización de dos técnicas de compostaje, Bocashi y lombricompostaje para el análisis comparativo de N, P, K, pH, T, % de humedad y % de consumo de residuos orgánicos

Tabla 3.

Temperatura recopilada de compostaje-lombricompost

Semana	T compost - lombricompost
Semana 1 (16/12/2025)	31°C
Semana 2 (24/12/2025)	27°C
Semana 3 (31/12/2025)	29°C
Semana 4 (7/01/2026)	28°C

Nota: Temperatura tomada lombricompost semanalmente para recopilación

Elaborado por: El Autor, 2025

Se procedió a medir semanalmente la temperatura del lombricompostaje con el objetivo de determinar si se encontraba dentro de los rangos óptimos requeridos para el adecuado desarrollo de las lombrices y evitar condiciones que pudieran perjudicarlas. Para realizar la medición, se retiró la cubierta de cartón trozado ubicada en la parte superior del compost. Posteriormente, se introdujo el termómetro en el sustrato durante aproximadamente cinco minutos, hasta obtener una lectura representativa de la temperatura interna del material. Los valores obtenidos fueron registrados semanalmente para realizar un seguimiento de las condiciones del lombricompostaje.

El monitoreo de la temperatura constituye una medida importante para evaluar las condiciones en las que se encuentran los residuos orgánicos, ya que permite identificar posibles variaciones que puedan afectar el proceso de descomposición y el desarrollo de las lombrices. Durante el periodo de observación, se pudo determinar que la temperatura del lombricompostaje no presentó aumentos

ni disminuciones extremas, manteniéndose en un rango aproximado de 27 °C a 31 °C.

Tabla 4.

Temperatura recopilada de compostaje-bocashi

Semana	T compost - bocashi
Semana 1 (16/12/2025)	23°C
Semana 2 (24/12/2025)	27°C
Semana 3 (31/12/2025)	28°C
Semana 4 (7/01/2026)	30°C

Nota: Temperatura tomada de bocashi semanalmente para recopilación

Elaborado por: El Autor, 2025

Se procedió a tomar la temperatura del bocashi con el objetivo de determinar si se encontraba dentro de los rangos óptimos requeridos para el adecuado desarrollo de los microorganismos y evitar condiciones que pudieran perjudicar el proceso de fermentación. El bocashi se mantuvo cerrado durante el proceso. Sin embargo, semanalmente se procedió a destapar el recipiente para realizar la medición de la temperatura.

Para obtener una lectura representativa de la temperatura interna del compost, se introdujo el termómetro en el material y se dejó durante aproximadamente cinco minutos, permitiendo así conocer su temperatura real. Los valores obtenidos fueron registrados semanalmente, ya que el monitoreo de la temperatura permite identificar posibles variaciones y conocer cómo estas pueden afectar o alterar las condiciones en las que se encuentran los residuos orgánicos y los microorganismos presentes en el bocashi.

Durante el periodo de monitoreo se pudo observar que la temperatura del bocashi no presentó aumentos ni disminuciones extremas, manteniéndose relativamente constante en un rango de 23 °C a 30 °C. Esto permitió evidenciar que las condiciones de temperatura se mantuvieron estables durante el proceso de fermentación.

Tabla 5.

Datos obtenidos del pesaje de las muestras para obtención de % de consumo

% consumo (pérdida de masa seca)							
Lombricompostaje			% consumo	Bocashi			% consumo
Muestra base (kg)	Peso seco inicial (Psi)	Peso seco final (Psf)		Muestra base (kg)	Peso seco inicial (Psi)	Peso seco final (Psf)	
2,3 kg	1,8 kg	1,3 kg	27,77%	2,3 kg	2,1 kg	1,6 kg	23,80%

Nota: Muestra base de ambos compostajes antes del secado en horno para la obtención del peso seco inicial y muestra final en etapa de maduración para la obtención del peso seco final, valores utilizados para el cálculo del porcentaje de consumo de residuos orgánicos.

Elaborado por: El Autor, 2025

Ecuación 12. Cálculo de datos de lombricompostaje para obtención de % de consumo

$$\begin{aligned}
 \% \text{ consumo} &= \frac{1,8 - 1,3}{1,8} * 100 \\
 &= \frac{0,5}{1,8} * 100 = 27,77\%
 \end{aligned}
 \tag{12}$$

Se obtuvo un resultado de consumo de la tierra de compost de lombricompostaje de 27,77%, lo que indicó una buena degradación de los residuos orgánicos, indicando una alta actividad biológica dentro del compost, catalogándose como estable.

Ecuación 13. Cálculo de bocashi para obtención de % de consumo

$$\begin{aligned}
 \% \text{ consumo} &= \frac{2,1 - 1,6}{2,1} * 100 \\
 &= \frac{0,5}{2,1} * 100 = 23,80\%
 \end{aligned}
 \tag{13}$$

Mediante cálculo realizado se logró obtener como resultado que el compostaje bocashi tuvo un % de consumo de 23,80 %, indicando una descomposición positiva pero menor al lombricompostaje. Estando dentro de los rangos estables.

Tabla 6.

Datos obtenidos mediante pesaje de muestras para obtención de % de humedad

% de humedad					
Lombricompostaje			Bocashi		
		% humedad			% humedad
Peso húmedo (Phú)	Peso seco (Psf)	43%	Peso húmedo (Phú)	Peso seco (Psf)	30%
2,3 kg	1,3 kg		2,3 kg	1,6 kg	

Nota: Peso húmedo correspondiente a la muestra tomada de ambos compost previos al secado en horno para la obtención del peso seco y determinar el % de humedad mediante el cálculo a realizar

Elaborado por: El Autor, 2025

Ecuación 14. Cálculo de valores de lombricompostaje para obtención de % de humedad

$$\% \text{ humedad} = \frac{2,3 - 1,3}{2,3} * 100 = 43\% \quad (14)$$

El lombricompostaje presentó un % de humedad del 43 %, lo que indicó que el material almacena mayor cantidad de agua. Favoreciendo a una buena retención de nutrientes y aplicación efectiva a un nuevo suelo, no representando un riesgo inestable.

Ecuación 15. Cálculo de bocashi para obtención de % de humedad

$$\% \text{ humedad} = \frac{2,3 - 1,6}{2,3} * 100 = 30\% \quad (15)$$

El resultado obtenido dio un 30% de humedad para el compostaje bocashi lo que indicó que el material almacenó una buena cantidad de agua que del lombricompostaje, favoreciendo al trabajo de los microorganismos considerablemente, sin embargo, sigue estando en un rango en el cual se lo considera seco, reflejando de igual forma que no presenta un exceso de agua, lo que redujo malos olores o lixiviados en el proceso de almacenamiento.

Tabla 7.

Resultados obtenidos de pH, N, P, K de muestra de lombricompostaje

Parámetro	Resultado	Unidad	Método de ensayo
-----------	-----------	--------	------------------

Potencial de hidrógeno (pH)	9.39	UpH	ME-LB-018 Electrometría
Nitrógeno total (NT)	2.98	%	ME-LB-075, EUV-VIS
Nitrógeno disponible (N-NO ₃) – Secundario	1.450	mg/kg	ME-LB-075, EUV-VIS
Fósforo (P)	1.558	mg/kg	ME-LB-108, AOAC, 955.0
Potasio (K)	40.244	mg/kg	ME-LB-075, EAA - Llama

Nota: Datos relevantes sobre las características presentes en el lombricompostaje para determinación de su buena calidad

Elaborado por: El Autor, 2025

Con los resultados obtenidos del lombricompostaje se pudo apreciar que presentó un pH alcalino (9,39), siendo superior al rango establecido por el Acuerdo Ministerial 097-A para calidad de suelo donde este debía ser de 6 a 8 como máximo, donde debido a que fue elaborado de manera artesanal a base de productos orgánicos. En lo que respecta al nitrógeno total (2,98%) superando al mínimo obligatorio por la NTE INEN 211:98, y contando con un nitrógeno disponible (1.450 mg/kg) lo que demostró una correcta disponibilidad para las plantas como beneficio, el fósforo por otro lado (1.558 mg/kg $\approx$ 0,16 %) seguido del potasio (40.244 mg/kg $\approx$ 4,02 %) estuvieron dentro de los parámetros aceptables y permitidos como nutrientes efectivos para el suelo. (Ver Anexo 6).

Tabla 8.

Resultados obtenidos de pH, N, P, K de muestra de compostaje bocashi

Parámetro	Resultado	Unidad	Método de ensayo
Potencial de hidrógeno (pH)	9.70	UpH	ME-LB-018 Electrometría
Nitrógeno total (NT)	4.27	%	ME-LB-075, EUV-VIS
Nitrógeno disponible (N-NO ₃) – secundario	2.500	mg/kg	ME-LB-075, EUV-VIS
Fósforo (P)	1.002,5	mg/kg	ME-LB-108, AOAC, 955.0
Potasio (K)	38.900	mg/kg	ME-LB-075, EAA - Llama

Nota: Obtención de resultados de los diferentes parámetros para conocimiento de estado de tierra hecha a base de compost por bocashi

Elaborado por: El Autor, 2025

El análisis del compost bocashi mostró un pH alcalino (9,70), superando el rango de 6 a 8 establecido en el Acuerdo Ministerial 097-A para calidad de suelo; pero pudo ser utilizado de igual manera debido a que fue producido de manera orgánica. Presentó un contenido total de nitrógeno (4,27%) y la disponibilidad de nitrógeno elevada (2.500 mg/kg), fósforo (1.002,5 mg/kg $\approx$ 0,10 %) y potasio (38.900 mg/kg $\approx$ 3,89 %), estando dentro de la tolerancia permitida por la NTE INEN 211:98, lo que evidenció que el compost cumplió con los criterios nutricionales establecidos por esta normativa, por lo que pudo ser utilizado como fertilizante debido a su alto valor agronómico (Ver Anexo 7).

4.4 Elaboración de un Plan Integral de desechos no peligrosos con énfasis en el aprovechamiento de residuos orgánicos

El presente Plan Integral de Desechos No Peligrosos, con énfasis en el aprovechamiento de residuos orgánicos compostables, constituye una propuesta técnica, ambiental, social y operativa, definida para un periodo de 12 meses y orientada a mejorar la gestión de los residuos generados en la comuna Campo Alegre, parroquia Puná. El plan se fundamenta en los resultados obtenidos durante el diagnóstico de la situación actual, la encuesta aplicada a los habitantes, la caracterización cuantitativa y cualitativa de los residuos orgánicos y la evaluación comparativa de las técnicas de compostaje.

A partir de esta evaluación, se determinó que ambas técnicas presentaron características favorables, aunque con diferencias en los parámetros analizados. Para el presente plan se seleccionó y priorizó el lombricompostaje, debido a que presentó un mayor porcentaje de consumo de residuos orgánicos (27,77 %), además de mantener condiciones de temperatura y humedad favorables durante el proceso. Esta selección responde a los objetivos de aprovechamiento de la fracción orgánica generada en la comuna y no implica que el lombricompostaje sea superior en todos los parámetros evaluados.

La propuesta establece acciones relacionadas con la separación en la fuente, almacenamiento temporal, recolección, transporte, recepción, pesaje, clasificación, acondicionamiento y aprovechamiento de los residuos orgánicos

mediante lombricompostaje, así como el manejo diferenciado de los residuos reciclables y no aprovechables.

4.4.1 Alcance

El Plan Integral de Desechos No Peligrosos estará dirigido a la comuna Campo Alegre, ubicada en la parroquia Puná, provincia del Guayas, e involucrará a los hogares participantes, la directiva comunal, el Comité de Gestión Ambiental, los operadores responsables del manejo de residuos y las entidades competentes.

El alcance comprenderá las actividades de separación en la fuente, almacenamiento temporal, recolección, transporte, recepción y pesaje, clasificación, acondicionamiento, aprovechamiento de residuos orgánicos, manejo de residuos reciclables, manejo de residuos no aprovechables, capacitación, monitoreo y evaluación.

El plan contempla como tratamiento principal el lombricompostaje comunitario, complementado con acciones de reciclaje y disposición adecuada de los residuos que no puedan ser aprovechados. La propuesta contempla la instalación de un área de tratamiento de aproximadamente 100 m² y la construcción de cuatro lechos de lombricompostaje.

El plan no contempla el manejo de residuos peligrosos, residuos infecciosos, sustancias químicas peligrosas ni otros materiales que puedan comprometer la seguridad de los operadores o afectar el proceso de lombricompostaje. Tampoco contempla la creación de un relleno sanitario comunal, debido a que en la investigación no se demostró la existencia ni autorización de una instalación de este tipo.

4.4.2 Descripción del Sistema de Manejo de Desechos Sólidos

Los residuos serán separados desde el lugar de generación en tres categorías: residuos orgánicos, residuos reciclables y residuos no aprovechables.

Los residuos orgánicos estarán constituidos principalmente por:

- Restos de frutas.
- Restos de verduras.
- Cáscaras.
- Hojas.
- Restos vegetales.
- Residuos de jardín.
- Cáscaras de huevo.

- Restos de alimentos aptos para el proceso.

Se excluirán materiales que puedan afectar el proceso de lombricompostaje, como:

- Carnes.
- Pescado.
- Aceites.
- Grasas.
- Plásticos.
- Vidrio.
- Metales.
- Productos químicos.
- Medicamentos.
- Residuos infecciosos.
- Materiales contaminados.
- Grandes cantidades de lácteos.

4.4.2.1 Recipiente domiciliario para residuos orgánicos

Para facilitar la separación en la fuente, cada hogar participante recibirá un tacho destinado exclusivamente al almacenamiento de residuos orgánicos.

El tacho será entregado en el segundo mes de la ejecución del plan y permanecerá en poder de las familias.

Los residuos orgánicos serán colocados directamente en el tacho y permanecerán almacenados temporalmente en el hogar hasta el día establecido para la recolección.

Durante cada jornada, los operadores retirarán los residuos contenidos en el tacho, registrarán la cantidad recolectada y devolverán inmediatamente el mismo recipiente al hogar.

Tabla 9.

Características y disposición de los recipientes domiciliarios para residuos orgánicos

Característica	Disposición
Recipiente	Tacho para residuos orgánicos
Cantidad	1 por hogar participante
Uso	Exclusivo para residuos orgánicos

Permanencia	Con la familia durante todo el proceso
Recolección	Dos veces por semana
Devolución	Inmediatamente después del vaciado
Limpieza	A cargo de la familia participante
Responsable del contenido	Hogar participante

Nota: Características y condiciones de uso, permanencia y recolección de los recipientes destinados a los residuos orgánicos

Elaborado por: El Autor, 2025

Este mecanismo permitirá mantener un sistema permanente de separación en la fuente durante el periodo de ejecución.

El recipiente domiciliario consistirá en un tacho plástico rígido, con capacidad de 25 litros, provisto de tapa ajustada que evite el ingreso de agua lluvia, insectos y roedores, así como la salida de olores hacia el interior de la vivienda.

Cada tacho será identificado mediante una etiqueta que indique el número de vivienda o el nombre del hogar participante, lo que permitirá llevar un control individualizado de la cantidad de residuos entregados por cada familia durante el periodo de recolección, información que será útil para el seguimiento del sistema y para la retroalimentación en las capacitaciones descritas en el apartado 4.4.9.7.

La entrega de un recipiente fijo y reutilizable, en lugar de fundas plásticas desechables en cada jornada, responde a un criterio de sostenibilidad ambiental y económica: se evita la generación de un residuo plástico adicional en cada recolección y se reduce el gasto recurrente que implicaría dotar de fundas nuevas a cada hogar dos veces por semana durante los meses de ejecución del plan. Adicionalmente, el uso de un recipiente rígido facilita el vaciado directo del contenido por parte de los operadores, sin necesidad de manipular ni romper fundas, disminuyendo el riesgo de derrames y de contacto directo con el residuo.

La familia participante será responsable de mantener el tacho en condiciones adecuadas de limpieza, lo cual incluye el lavado periódico del recipiente, especialmente después de cada vaciado, con el fin de evitar la acumulación de residuos, la generación de malos olores y la proliferación de vectores dentro del hogar.

4.4.2.2 Recipientes comunitarios

Los recipientes comunitarios no serán utilizados para almacenar los residuos orgánicos de los hogares que participen en la recolección casa por casa.

Estos recipientes estarán destinados principalmente a:

1. Residuos reciclables.
2. Residuos no aprovechables.

Serán ubicados en puntos estratégicos de la comuna, considerando la concentración de viviendas, facilidad de acceso, seguridad, supervisión y condiciones del terreno.

Tabla 10.

Destinación y gestión de los recipientes para residuos

Recipiente	Residuos	Gestión
Recipiente comunitario 1	Reciclables	Entrega a recicladores de base o gestores autorizados
Recipiente comunitario 2	No aprovechables	Gestión mediante la directiva comunal y el GAD
Tachos domiciliarios	Orgánicos	Recolección casa por casa y lombricompostaje

Nota: Distribución de los recipientes según el tipo de residuo y su gestión correspondiente.

Elaborado por: El Autor, 2025

La ubicación definitiva de los recipientes comunitarios será establecida durante la implementación, una vez identificados los sectores con mayor generación y las condiciones reales de acceso.

4.4.3 Recolección y Transporte de Residuos Orgánicos

La recolección de residuos orgánicos se realizará directamente en los hogares participantes, evitando que estos sean depositados en los recipientes comunitarios.

Se establecerán dos jornadas de recolección por semana, de acuerdo con las rutas previamente definidas y comunicadas a los habitantes.

4.4.3.1 Procedimientos de recolección

Tabla 11.

Procedimiento para la recolección y manejo de residuos orgánicos

Etapa	Actividad
1	Los hogares separan los residuos orgánicos en el tacho entregado
2	Los residuos permanecen temporalmente en el hogar
3	Los operadores recorren la ruta asignada
4	Se verifica que el contenido corresponda a residuos orgánicos
5	Se retira el contenido del tacho
6	Se registra la cantidad recolectada
7	Se devuelve el mismo tacho al hogar
8	Los residuos son trasladados al área comunitaria
9	Se realiza el pesaje
10	Se clasifican los residuos
11	Se realiza el acondicionamiento
12	Los residuos aptos ingresan al lombricompostaje

Nota: Secuencia de actividades para la recolección, traslado, pesaje, clasificación y acondicionamiento de los residuos orgánicos

Elaborado por: El Autor, 2025

4.4.3.2 Ruta de recolección

La ruta de recolección se determinará durante la etapa inicial de implementación, debido a que será necesario conocer previamente:

- Número real de hogares participantes.
- Ubicación de las viviendas.
- Distancia entre sectores.
- Condiciones de las vías.
- Accesibilidad.
- Cantidad promedio de residuos generados.
- Capacidad del medio de transporte.
- Tiempo requerido para cada recorrido.

Por esta razón, el costo de la ruta y del transporte no se establecerá previamente como un valor fijo.

4.4.3.3 Costo del transporte

Tabla 12.

Parámetros referenciales para la determinación del costo de transporte

Elemento	Situación
Ruta	Por determinar
Distancia	Por determinar mediante recorrido real
Vehículo	Camioneta
Capacidad	Se determinará según el volumen recolectado
Consumo de combustible	Se determinará según distancia
Mantenimiento	Se determinará según medio utilizado
Mano de obra	Se incorporará según jornada de trabajo
Costo por recorrido	Por determinar
Costo total	Por determinar durante la implementación

Nota: Parámetros sujetos a determinación durante la implementación del plan, de acuerdo con la ruta, la distancia y el volumen de residuos recolectados, utilizando una camioneta como vehículo de transporte

Elaborado por: El Autor, 2025

En consecuencia, en el presupuesto se establecerá el costo unitario por determinar. El costo del transporte de los residuos orgánicos será determinado durante la implementación del Plan Integral, una vez definida la ruta de recolección, la distancia recorrida, la capacidad de la camioneta destinada al transporte, su consumo de combustible, mantenimiento, mano de obra y demás gastos asociados al traslado.

4.4.4 Área Comunitaria de Tratamiento

El área destinada al manejo y aprovechamiento de residuos tendrá una superficie aproximada de 100 m², equivalente a 10 m × 10 m.

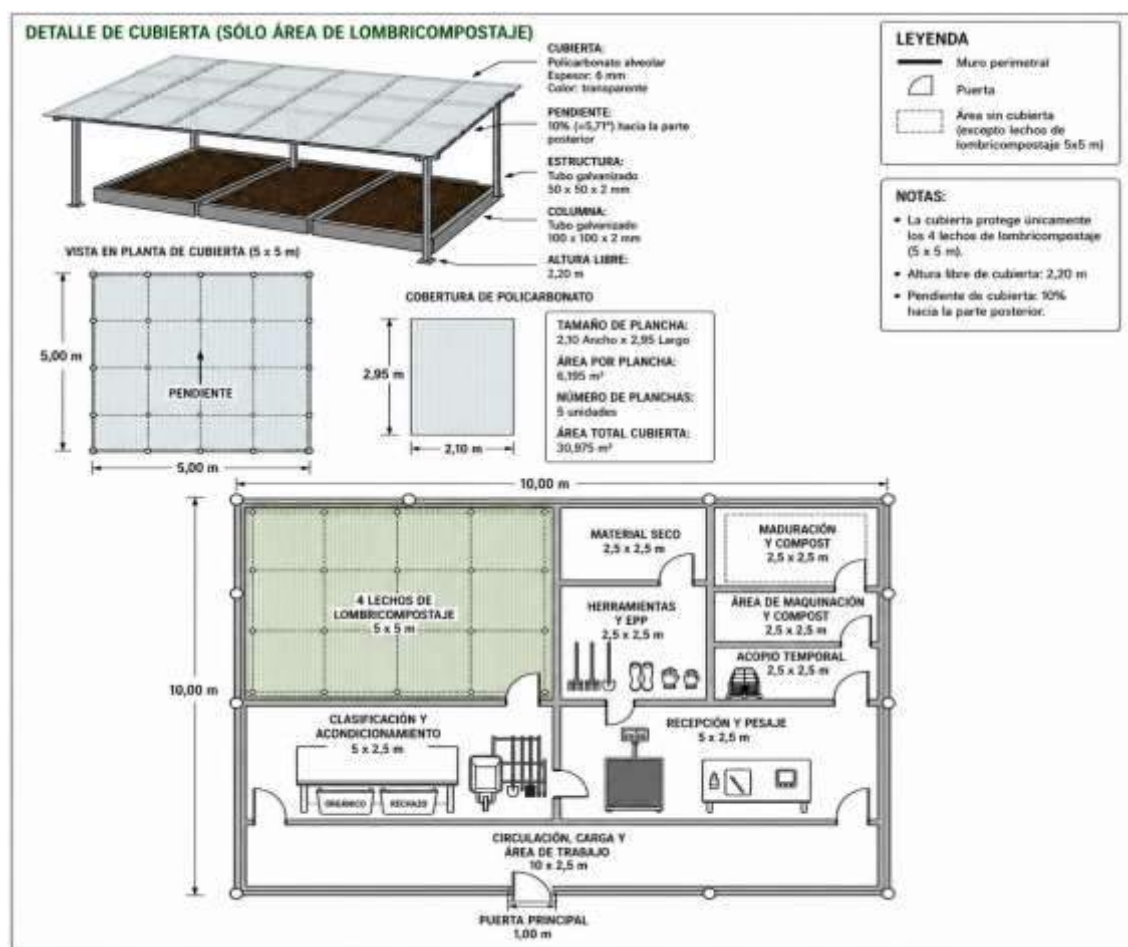
El terreno deberá seleccionarse considerando:

- Distancia adecuada de las viviendas.
- Ausencia de fuentes de agua cercanas.
- Terreno estable.

- Ausencia de zonas inundables.
- Acceso para el transporte.
- Facilidad de circulación de los operadores.
- Posibilidad de instalar drenaje.
- Posibilidad de instalar una cubierta.

Figura 17

Croquis referencial de la distribución del área de compostaje de 100 m²



Elaborado por: El Autor, 2025

La distribución del área permitirá organizar los espacios destinados a:

- Recepción.
- Pesaje.
- Clasificación.
- Acondicionamiento.
- Tratamiento.
- Almacenamiento de material seco.

- Maduración.
- Almacenamiento del humus.
- Herramientas.
- Equipos de protección personal.
- Circulación de los operadores.

La infraestructura deberá mantenerse limpia, ordenada y con espacios libres que permitan la circulación segura de los operadores.

4.4.4.1 Preparación de los Trabajadores antes de Ingresar al Área

Antes de iniciar las actividades, cada operador deberá cumplir el siguiente procedimiento:

Paso 1. Ingreso

Registrarse en la ficha de control indicando:

- Nombre.
- Fecha.
- Hora de ingreso.
- Actividad asignada.

Paso 2. Inspección del área

El responsable verificará:

- Ausencia de obstáculos.
- Estado de los lechos.
- Estado de la cubierta.
- Condición del suelo.
- Ausencia de derrames.
- Estado de los recipientes.
- Estado de las herramientas.

Paso 3. Revisión del EPP

Se comprobará que no existan:

- Guantes rotos.
- Botas deterioradas.
- Mascarillas dañadas.
- Ropa contaminada.

Paso 4. Colocación del EPP

Los operadores deberán utilizar:

- Botas de seguridad.
- Guantes.
- Mascarilla.
- Ropa de trabajo.
- Protección adicional cuando exista riesgo específico.

Paso 5. Preparación de herramientas

Se revisarán:

- Palas.
- Rastrillos.
- Trinches.
- Regaderas.
- Carretilla.
- Balanzas.
- Medidor de suelo portátil digital 6 en 1 (para humedad, temperatura y pH).

Paso 6. Inicio de actividades

El responsable asignará las tareas correspondientes a cada operador.

Paso 7. Finalización

Al finalizar:

- Se limpiarán las herramientas.

- Se limpiarán los EPP reutilizables.
- Se retirarán correctamente los guantes y mascarillas.
- Se registrarán las actividades realizadas.
- Se lavarán las manos

4.4.5 Diseño e Incorporación de Lombrices

Se construirán cuatro lechos de lombricompostaje, elaborados principalmente con materiales disponibles en la comuna.

Cada lecho tendrá como referencia las siguientes dimensiones:

Tabla 13.

Dimensiones y características de los lechos de lombricompostaje

Característica	Dimensión
Largo	2,50 m
Ancho	2,50 m
Área	6,25 m ²
Altura estructural	0,50 m
Altura inicial de trabajo	0,30 m aproximadamente
Altura máxima de trabajo	0,35 m aproximadamente
Número de lechos	4

Nota: Dimensiones y características referenciales para el diseño y construcción de los cuatro lechos de lombricompostaje

Elaborado por: El Autor, 2025

Las dimensiones establecidas para cada lecho no fueron seleccionadas de manera arbitraria, sino que responden a un equilibrio entre la capacidad de recepción de residuos orgánicos, la facilidad de manejo manual por parte de los operadores y el espacio disponible dentro del área comunitaria de tratamiento de 100 m².

El largo y el ancho de 2,50 m fueron definidos considerando que un lecho de mayor dimensión dificultaría el volteo manual del sustrato, actividad que se ejecuta con herramientas como palas y rastrillos, mientras que un lecho de menor tamaño reduciría de forma significativa la capacidad de procesamiento del sistema, obligando a construir un número mayor de unidades. Con esta medida, cada lecho alcanza una superficie de 6,25 m², que multiplicada por los cuatro lechos

proyectados totaliza 25 m² destinados exclusivamente al proceso de lombricompostaje, dejando el 75 % restante del área comunitaria disponible para las demás actividades del sistema (recepción, pesaje, clasificación, acondicionamiento, almacenamiento, maduración y circulación).

La altura estructural de 0,50 m corresponde a la altura total de las paredes del lecho, medida necesaria para contener el sustrato, evitar su dispersión durante el volteo y facilitar la instalación del sistema de drenaje en la base.

Los lechos tendrán una altura estructural de 0,50 m; sin embargo, el material no deberá ocupar completamente esta altura. La carga se mantendrá entre 0,30 m y 0,35 m como altura de trabajo máxima, dejando un espacio libre de aproximadamente 0,15 a 0,20 m en la parte superior para facilitar la aireación, inspección y manejo del material.

Los cuatro lechos ocuparán aproximadamente 25 m², permitiendo disponer del espacio restante del área de 100 m² para las zonas de recepción, clasificación, acondicionamiento, almacenamiento, maduración, circulación y demás actividades necesarias.

En consecuencia, la altura de trabajo, correspondiente a la altura efectiva que ocupará el sustrato dentro del lecho, se establece inicialmente en 0,30 m y podrá incrementarse progresivamente hasta un máximo de 0,35 m, conforme se incorporen los residuos orgánicos de acuerdo con la alimentación referencial descrita en el apartado 4.4.6.1. Este rango de altura permite mantener una profundidad adecuada de la masa orgánica, evitando una acumulación excesiva de material que pueda favorecer su compactación y limitar la circulación de aire dentro del sustrato. De esta manera, se favorecen condiciones adecuadas de oxigenación y humedad para el desplazamiento, alimentación y desarrollo de las lombrices durante el proceso.

A partir de estas medidas, el volumen de trabajo de cada lecho se calcula multiplicando el área de 6,25 m² por la altura máxima de trabajo de 0,35 m, obteniéndose aproximadamente 2,19 m³ (2.190 litros) por lecho. Considerando los cuatro lechos, el sistema tendría un volumen de trabajo conjunto de aproximadamente 8,75 m³ (8.750 litros).

4.4.5.1 Incorporación de Lombrices

Se incorporarán inicialmente 20 L de lombriz roja californiana, distribuidos de manera uniforme entre los cuatro lechos.

Tabla 14.

Distribución inicial de lombrices en los lechos de lombricompostaje

Lecho	Cantidad de tarrinas	Volumen de producto
Lecho 1	5 tarrinas	5 L
Lecho 2	5 tarrinas	5 L
Lecho 3	5 tarrinas	5 L
Lecho 4	5 tarrinas	5 L
Total	20 tarrinas	20 L

Nota: Cada tarrina tiene una capacidad de 1 L y contiene aproximadamente entre 150 y 250 lombrices vivas, además de sustrato activo y huevos/capullos. Por lo tanto, la adquisición de 20 tarrinas representa aproximadamente entre 3.000 y 5.000 lombrices vivas, sin considerar los huevos/capullos

Elaborado por: El Autor, 2025

La cantidad total de 20 L de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), equivalente a 20 tarrinas de 1 L cada una y distribuida en 5 L (5 tarrinas) por cada uno de los cuatro lechos, tampoco fue definida de manera arbitraria. Cada tarrina contiene aproximadamente entre 150 y 250 lombrices vivas (Tabla 14), por lo que las 5 tarrinas asignadas a cada lecho representan una población inicial de aproximadamente 750 a 1.250 individuos por lecho, equivalente a una densidad de siembra de entre 120 y 200 individuos por m² ($750 \text{ a } 1.250 \div 6,25 \text{ m}^2$), apartado 4.4.5, Tabla 13).

Se optó por esta cantidad, y no por una mayor, debido a que una densidad de siembra inicial más alta incrementaría el costo de adquisición de la lombriz sin un beneficio proporcional durante la etapa de adaptación, periodo en el cual la alimentación todavía es reducida (Tabla 15); conforme la población se reproduzca de manera natural durante los primeros meses de operación, la densidad efectiva de cada lecho aumentará progresivamente, sin necesidad de adquirir lombriz adicional.

Las lombrices serán incorporadas una vez que los lechos se encuentren contruidos, acondicionados, protegidos y presenten condiciones adecuadas de humedad y temperatura.

No se incorporarán junto con grandes cantidades de residuos frescos. Inicialmente se permitirá su adaptación al ambiente y posteriormente se iniciará la alimentación progresiva.

4.4.5.2 Responsable de la Incorporación y Control de las Lombrices

Para garantizar el registro y el adecuado control del proceso, la incorporación inicial de la lombriz roja californiana en cada uno de los cuatro lechos, así como la verificación de su adaptación, quedará bajo la responsabilidad directa del operador designado para el área de lombricompostaje, denominado en el presente plan como responsable del lombricompostaje u Operador 3, conforme a la organización comunitaria y distribución de funciones establecida en los apartados 4.4.12 y 4.4.13. Dicho responsable actuará bajo la supervisión general del Coordinador del sistema y del Comité de Gestión Ambiental, instancias que verificarán periódicamente el cumplimiento de las actividades descritas en este apartado.

Previo a la incorporación de las lombrices, el responsable del lombricompostaje deberá verificar y dejar constancia de:

- La cantidad exacta de lombriz asignada a cada lecho, conforme a la distribución establecida en la Tabla 14 (5 L por lecho).
- Las condiciones de humedad y temperatura del sustrato en cada uno de los lechos.
- La ausencia de residuos frescos en cantidades que puedan afectar la adaptación de las lombrices.
- El adecuado acondicionamiento, protección y cobertura de los cuatro lechos.

El Coordinador validará que la distribución de la lombriz se haya realizado de manera uniforme entre los cuatro lechos y dejará constancia de dicha verificación en el registro general de actividades del sistema. El Comité de Gestión Ambiental podrá realizar visitas de verificación durante el periodo de adaptación de las lombrices, con una duración referencial de una semana antes de iniciar la alimentación progresiva descrita en el apartado 4.4.6.1.

La capacitación previa que deberá recibir el responsable del lombricompostaje para ejecutar estas funciones se detalla en el apartado 4.4.6.7.

4.4.5.3 Protocolo Paso a Paso de Incorporación de las Lombrices

Con la finalidad de estandarizar la actividad y evitar variaciones en su ejecución, la incorporación de las lombrices en cada lecho seguirá la siguiente secuencia:

Paso 1: Preparación del sustrato de adaptación.

Una vez construido el lecho, se colocará en su interior una capa de material orgánico previamente precompostado, que funcionará como sustrato de adaptación para las lombrices. Este material deberá encontrarse libre de residuos frescos y presentar condiciones adecuadas de humedad, temperatura y pH para favorecer la adaptación de las lombrices.

Paso 2: Acondicionamiento y reposo del lecho.

El lecho permanecerá acondicionado y en reposo durante un período de 5 a 7 días, permitiendo que el sustrato de adaptación se estabilice antes de la incorporación de las lombrices.

Paso 3: Verificación de humedad y temperatura.

Antes de incorporar las lombrices, se medirá la humedad, temperatura y pH del sustrato de adaptación mediante el medidor de suelo portátil digital 6 en 1, confirmando que se encuentren dentro de los rangos establecidos para la incorporación: humedad aproximada de 40 a 45 %, temperatura entre 27 y 31 °C y pH de 6 a 8.

Paso 4: Incorporación de las lombrices.

Se incorporará la cantidad correspondiente de lombriz roja californiana establecida para cada lecho: 5 tarrinas de 1 L, equivalentes a 5 L de producto con lombrices y sustrato activo, conforme a la Tabla 14. El contenido de las tarrinas se distribuirá uniformemente sobre la superficie del sustrato de adaptación.

Paso 5: Cubrimiento de las lombrices.

Después de distribuir las lombrices, se colocará sobre ellas una capa fina de aproximadamente 2 a 3 cm de material orgánico previamente precompostado, con la finalidad de proporcionar protección y facilitar su ingreso al sustrato. En esta etapa no se incorporarán residuos orgánicos frescos como alimentación.

Paso 6: Protección del lecho.

El lecho será cubierto con material de protección, como saco, malla sombra u otro material similar, para reducir la exposición de la luz y contribuir a la conservación de la humedad.

Paso 7: Período de adaptación.

Las lombrices permanecerán en el lecho durante un período de adaptación de 7 días. Durante este período no se incorporarán grandes cantidades de residuos orgánicos frescos.

Paso 8: Observación y control.

Durante los 7 días de adaptación, el operador 3 observará diariamente la actividad de las lombrices, verificando su desplazamiento hacia el sustrato y la ausencia de individuos en la superficie o en los bordes del lecho, lo cual podría constituir un indicio de estrés. Asimismo, se realizará el control de las condiciones de humedad, temperatura y pH del lecho y se registrarán los resultados en la ficha técnica de control (Tabla 16).

Paso 9: Inicio de la alimentación.

Una vez concluido el período de adaptación y comprobada la ausencia de condiciones desfavorables, el lecho quedará habilitado para iniciar la alimentación progresiva con residuos orgánicos previamente clasificados y acondicionados, de acuerdo con las cantidades establecidas en el apartado 4.4.6.1.

4.4.6 Alimentación y Manejo de los Lechos

La alimentación de los lechos consistirá en la incorporación progresiva de los residuos orgánicos previamente recolectados, clasificados y acondicionados.

Los residuos no deberán incorporarse en una sola carga, debido a que las lombrices requieren condiciones controladas y una cantidad de alimento acorde con su capacidad de procesamiento

4.4.6.1 Alimentación Inicial Referencial

Tabla 15.

Alimentación referencial de los lechos de lombricompostaje

Semana	Cantidad referencial por lecho	Total en 4 lechos
Semana 1	5	20 kg
Semana 2	8	32 kg
Semana 3	10	40 kg
Semana 4	12	48 kg

Nota: Cantidades referenciales de residuos orgánicos para la alimentación progresiva de los cuatro lechos.

Elaborado por: El Autor, 2025

Los valores establecidos en la Tabla 15 (5 kg, 8 kg, 10 kg y 12 kg por lecho, para las semanas 1 a 4, respectivamente) tampoco constituyen cifras arbitrarias, sino que responden a un criterio de carga progresiva, ampliamente recomendado en la práctica del lombricompostaje, mediante el cual la cantidad de residuo incorporado se incrementa de manera gradual conforme la población de lombrices de cada lecho (apartado 4.4.5.1, entre 750 y 1.250 individuos) se adapta al sustrato y aumenta su actividad de consumo. La semana 1 se fijó de manera conservadora (5 kg/semana, equivalente a 0,71 kg/día) debido a que, durante los primeros días posteriores a la incorporación (apartado 4.4.5.3), las lombrices todavía se encuentran en proceso de adaptación y no presentan su capacidad de consumo máxima.

A partir de la semana 2 hasta la 4 la cantidad se incrementa de manera progresiva (8, 10 y 12 kg/semana), evitando la sobrealimentación descrita en el apartado 4.4.6.3 y otorgando a la población un margen de tiempo suficiente para su desarrollo antes de alcanzar cargas mayores. A partir de la quinta semana, la cantidad dejará de regirse por esta proyección inicial y se ajustará en función del comportamiento observado en cada lecho, conforme a los indicadores de sobrealimentación (olores, lixiviado excesivo) o subalimentación (residuo remanente sin degradar) señalados en el apartado 4.4.6.3.

Las cantidades indicadas constituyen una referencia inicial de carga progresiva y no representan una obligación de incorporar dichas cantidades independientemente del comportamiento del sistema.

A partir de la cuarta semana, la cantidad de residuos incorporados se ajustará de acuerdo con:

- Consumo observado.
- Acumulación de residuos sin degradar.
- Humedad.
- Temperatura.
- pH.
- Olores.
- Actividad de las lombrices.
- Presencia y cantidad de lixiviados.
- Estado general de los lechos.

Cuando exista acumulación de residuos sin procesar, se disminuirá temporalmente la cantidad incorporada. Cuando las lombrices presenten actividad adecuada y no exista acumulación, la alimentación podrá incrementarse progresivamente.

4.4.6.2 Manejo de los Lechos

El mantenimiento de los lechos comprenderá:

- Distribución uniforme del material.
- Control de humedad.
- Aireación cuando sea necesaria.
- Retiro de materiales no aptos.
- Control de temperatura.
- Control de pH.
- Observación del estado de las lombrices.
- Control de olores y vectores.
- Revisión de drenajes.
- Recolección de lixiviados.
- Registro de las actividades realizadas.

4.4.6.3 Responsable de la Determinación de Cantidades de Residuos por Lecho

La determinación de la cantidad de residuos orgánicos que se incorporará semanalmente a cada uno de los cuatro lechos corresponderá al responsable del lombricompostaje (Operador 3), quien ejecutará esta actividad como parte de su jornada referencial establecida en el apartado 4.4.14.1.

La cantidad que incorporar no responderá a un valor fijo, sino a un criterio técnico basado en la observación directa de los indicadores señalados en el apartado 4.4.6.1 (consumo observado, acumulación de residuos, humedad, temperatura, olores, actividad de las lombrices, lixiviados y estado general del lecho), tomando como referencia inicial los valores establecidos en la Tabla 15 (Semana 1 a Semana 4).

Cuando el responsable del lombricompostaje observe que el material de la carga anterior fue consumido en su mayoría y no existen indicios de sobrecarga, procederá a incrementar progresivamente la cantidad de residuos incorporados. Por el contrario, cuando exista acumulación de material sin procesar, deberá

disminuir temporalmente la cantidad incorporada hasta que el lecho recupere condiciones adecuadas.

Esta decisión responde a un criterio técnico del proceso: la alimentación debe ajustarse a la capacidad de consumo de las lombrices. Una cantidad excesiva de residuos puede provocar sobrealimentación, reducir la disponibilidad de oxígeno y generar condiciones anaeróbicas y malos olores; mientras que una cantidad insuficiente de alimento puede ralentizar el crecimiento y reproducción de las lombrices. Por ello, la cantidad de residuos incorporada se incrementará gradualmente de acuerdo con el consumo y las condiciones observadas en cada lecho. Por tal motivo, la cantidad incorporada deberá estar siempre acorde con la capacidad de procesamiento observada en cada lecho, y no con la disponibilidad total de residuos recolectados en la jornada.

El Coordinador será responsable de revisar semanalmente el registro de alimentación de los cuatro lechos, validando la coherencia entre las cantidades recolectadas (conforme al registro de recolección señalado en el apartado 4.4.9.8 Tabla 23) y las efectivamente incorporadas, así como de autorizar los ajustes propuestos por el responsable del lombricompostaje cuando estos impliquen una variación significativa respecto de los valores referenciales establecidos.

4.4.6.3.1 Protocolo Paso a Paso de Alimentación de los Lechos

La incorporación semanal de los residuos orgánicos a cada lecho seguirá una proporción referencial de mezcla, similar a una ficha de preparación, con el fin de mantener un equilibrio adecuado de humedad y material estructurante:

- Residuos húmedos (restos de frutas, verduras y comida sin grasas ni condimentos en exceso): 70 % aproximado de la carga.
- Material seco o estructurante (aserrín, hojas secas, cartón picado o cachaza): 30 % aproximado de la carga, utilizado para regular la humedad y aportar carbono.
- Estiércol de animales menores, cuando esté disponible: proporción menor y complementaria, incorporada junto con el material estructurante.

La secuencia de alimentación se ejecutará de la siguiente manera:

Paso 1: Recepcionar los residuos previamente clasificados y acondicionados, descartando elementos no aptos para el proceso (plásticos, vidrio, metales, huesos de gran tamaño, cítricos, cebolla o ajo en cantidades excesivas, y grasas).

Paso 2: Pesar la cantidad total de residuos destinada al lecho, conforme a la referencia semanal establecida en la Tabla 15 y al ajuste técnico vigente descrito en el apartado 4.4.6.3.

Paso 3: Trocear o reducir el tamaño de los residuos de mayor volumen, con el fin de facilitar su degradación.

Paso 4: Mezclar los residuos húmedos con el material seco o estructurante, en la proporción referencial de 70/30 señalada anteriormente, evitando excesos de humedad en la mezcla.

Paso 5: Verificar el estado del lecho antes de alimentar, confirmando la ausencia de acumulación de la carga anterior y una humedad adecuada del sustrato.

Paso 6: Distribuir la mezcla de manera uniforme sobre la superficie del lecho, evitando formar acumulaciones, y no cubrir la totalidad de la superficie en una sola aplicación, de modo que las lombrices se desplacen gradualmente hacia el nuevo alimento.

Paso 7: Cubrir la nueva carga con una capa fina de material seco o con la cobertura habitual del lecho, con el fin de reducir la proliferación de moscas y controlar la humedad superficial.

Paso 8: Registrar de inmediato, en la ficha técnica de control (Tabla 16), la fecha, el lecho, la cantidad y el tipo de residuo incorporado, así como el responsable de la actividad.

4.4.6.4 Responsable del Volteo Semanal y de la Medición de

Parámetros

El volteo semanal de los cuatro lechos será realizado por el responsable del lombricompostaje (Operador 3), los sábados, dentro de la jornada establecida en el apartado 4.4.14.1. Esta actividad tiene como finalidad favorecer la aireación del sustrato, evitar su compactación, distribuir de manera homogénea la humedad y el material incorporado, y reducir la generación de zonas anaeróbicas dentro de los lechos.

El volteo se realizará de forma manual, con herramientas apropiadas, evitando dañar a las lombrices, y se efectuará preferentemente en las zonas donde el material se encuentre suficientemente estabilizado, evitando remover en exceso las zonas de alimentación reciente.

La medición de los parámetros técnicos del proceso también estará a cargo del responsable del lombricompostaje, conforme a la frecuencia establecida en los apartados 4.4.9.4, 4.4.9.5 y 4.4.9.6:

- Humedad: dos veces por semana (martes y sábado), mediante el medidor de suelo portátil digital 6 en 1, en su función de humedad.
- Temperatura: dos veces por semana (martes y sábado), mediante el mismo medidor de suelo portátil, en su función de temperatura.
- pH: una vez por semana (sábado), mediante el mismo medidor descrito en el apartado 4.4.9.4.

Los valores obtenidos serán registrados por el propio responsable del lombricompostaje inmediatamente después de cada medición, evitando registros posteriores basados en estimaciones. El coordinador revisará semanalmente dicho registro, verificando que los valores se encuentren dentro de los rangos esperados para el proceso (humedad aproximada de 40 a 45 %, temperatura entre 27 y 31 °C, pH entre 6 y 8) y solicitando las medidas correctivas indicadas en los apartados 4.4.9.4 a 4.4.9.6 cuando se detecten variaciones. El Comité de Gestión Ambiental efectuará una supervisión mensual de los registros acumulados, como parte del seguimiento del Plan Integral.

4.4.6.4.1 Protocolo Paso a Paso del Volteo Semanal

Paso 1: Retirar la cobertura del lecho (saco, malla sombra u otro material de protección).

Paso 2: Verificar el estado general del lecho: humedad, presencia de lixiviados, olores y posible presencia de plagas.

Paso 3: Remover suavemente, con un rastrillo de mano, las capas superiores e intermedias del sustrato, sin invertir completamente el lecho, evitando dañar a las lombrices o destruir los túneles formados por ellas para su desplazamiento en el compost.

Paso 4: Airear las zonas compactadas (apretadas o comprimidas) o con exceso de humedad, mezclándolas levemente con las zonas más secas del lecho.

Paso 5: Verificar la ausencia de zonas anaeróbicas, identificables por un sustrato de color negro y olor desagradable; en caso de detectarse, retirar parcialmente el material afectado.

Paso 6: Volver a cubrir el lecho con el material de protección habitual.

Paso 7: Registrar la actividad y las observaciones relevantes en la ficha técnica de control (Tabla 16).

4.4.6.4.2 Protocolo Paso a Paso de la Medición de Parámetros

Paso 1: Seleccionar tres puntos de muestreo por lecho (dos extremos y el centro), con el fin de obtener una lectura representativa del sustrato.

Paso 2: Introducir la sonda del medidor de suelo portátil digital 6 en 1 verticalmente, a una profundidad aproximada de 8 a 10 cm en cada punto, girando el cabezal de la pantalla a 90° para facilitar la lectura, y registrar de forma simultánea la humedad y la temperatura que muestra la pantalla en cada uno de los tres puntos.

Paso 3: Dado que el equipo mide varios parámetros a partir de una sola inserción de la sonda, no será necesario repetir la medición para la temperatura: el valor se obtiene de forma simultánea al de humedad en el Paso 2.

Paso 4: Calcular el promedio de las tres lecturas obtenidas para cada parámetro y registrar dicho promedio en la ficha técnica de control.

Paso 5: Para la medición del pH, verificar primero que el sustrato del punto central del lecho (por ser el de mayor actividad biológica) se encuentre ligeramente húmedo, de manera que la sonda del medidor de suelo portátil haga buen contacto con el material; introducir la sonda verticalmente, girando el cabezal de la pantalla a 90° para facilitar la lectura, a una profundidad de entre 5 y 10 cm, evitando golpear piedras, raíces u otros elementos duros que puedan dañar el equipo, y esperar a que la pantalla LCD retroiluminada muestre un valor estable dentro de su rango de medición (4,0 a 9,0, con resolución de 0,1) antes de registrar la lectura obtenida.

Paso 6: Comparar los valores obtenidos con los rangos de referencia establecidos para el proceso (humedad de 40 a 45 %, temperatura de 27 a 31 °C, pH entre 6 y 8) y determinar si corresponde aplicar alguna medida correctiva.

Paso 7: Registrar los valores obtenidos y, de corresponder, las medidas correctivas aplicadas, en la ficha técnica de control (Tabla 16).

4.4.6.5 Ficha Técnica de Control de Alimentación y Manejo de los Lechos

Con el propósito de sistematizar el registro de las actividades descritas en los apartados anteriores, se propone la siguiente ficha técnica de control, la cual deberá ser llenada por el responsable del lombricompostaje en cada jornada de alimentación, volteo y medición de parámetros:

Tabla 16.**Ficha técnica de control de alimentación, volteo y parámetros de los lechos de lombricompostaje**

Fecha	Lecho	Residuo incorporado (kg)	Volteo realizado (Sí/No)	Parámetros (Humedad % / Temp. °C / pH)	Responsable y observaciones
Ejemplo	Lecho 1	5	Sí	42 % / 29 °C / 6,8	Operador 3 (Responsable del Lombricompostaje) — sin novedades
Ejemplo	Lecho 2	5	Sí	43 % / 28 °C / 6,9	Operador 3 (Responsable del Lombricompostaje) — sin novedades
	Lecho 3				
	Lecho 4				

Nota: Formato referencial de ficha técnica para el registro de la alimentación, el volteo y los parámetros de control de los cuatro lechos. Los valores de las filas de ejemplo son ilustrativos y no constituyen mediciones reales.

Elaborado por: El Autor, 2025

4.4.6.6 Responsable y Control del Lombricompost (Producto Final)

El control de la cantidad y calidad del lombricompost (humus) obtenido en cada uno de los cuatro lechos también será responsabilidad del responsable del lombricompostaje (Operador 3), bajo la supervisión del Coordinador y con verificación periódica del Comité de Gestión Ambiental, en concordancia con la organización comunitaria descrita en el apartado 4.4.12.

La cosecha del lombricompost se realizará una vez que el sustrato presente las características descritas previamente (color oscuro, textura fina y olor similar a tierra húmeda), y parámetros adecuados, lo cual constituye un indicador de que el material se encuentra estabilizado y apto para su aprovechamiento. Antes de proceder a la cosecha, el responsable del lombricompostaje deberá:

- Suspender temporalmente la alimentación del lecho a cosechar.

- Verificar el grado de estabilización del material mediante la observación de su color y textura, así como la comprobación de un olor similar al de tierra húmeda.
- Separar las lombrices del humus mediante el método de atracción por luz, evitando pérdidas significativas de la población de lombrices.
- Registrar la cantidad de humus obtenido por lecho.

Una vez cosechado, el lombricompost será almacenado en un espacio cubierto y ventilado, dentro del área destinada para maduración y almacenamiento (ver apartado 4.4.4), hasta su distribución o aprovechamiento. El Coordinador verificará las cantidades registradas y coordinará, junto con la directiva comunal, el destino del producto obtenido.

4.4.6.6.1 Protocolo Paso a Paso de Cosecha del Lombricompost

Paso 1: Suspender la alimentación del lecho a cosechar entre 15 a 20 días antes de la fecha prevista de cosecha, permitiendo que las lombrices consuman el material remanente.

Paso 2: Verificar que el material presente las características de un humus maduro: color oscuro homogéneo, textura fina y suelta, y olor similar a tierra húmeda, sin restos reconocibles de residuos frescos.

Paso 3: Aplicar el método de separación por atracción de luz: retirar la cobertura del lecho y exponerlo a luz solar directa, las lombrices al ser fotofóbicas (evitan la luz), se desplazarán hacia las capas inferiores, permitiendo retirar progresivamente el humus de las capas superiores.

Paso 4: Retirar cuidadosamente el humus de las capas superiores, evitando extraer las lombrices y procurando conservar en el lecho el material que aún no haya sido degradado.

Paso 5: Retornar al lecho correspondiente las lombrices y el material no degradado, junto con una nueva capa de alimento, iniciando un nuevo ciclo de producción.

Paso 6: Pesar el humus obtenido por lecho y registrar la cantidad en la ficha técnica de control del producto final (Tabla 17).

Paso 7: Realizar el control de calidad visual y de humedad del humus obtenido (color, textura, olor y humedad aproximada), conforme a lo indicado en la Tabla 17.

Paso 8: Almacenar el humus en sacos, dentro del área destinada a maduración y almacenamiento (apartado 4.4.4), hasta su distribución o aprovechamiento.

Paso 9: Informar al coordinador la cantidad cosechada, para su registro en el consolidado general del sistema y la coordinación de su destino final.

Tabla 17.

**Ficha técnica de control de la cosecha y calidad del lombricompost
(producto final)**

Fecha de cosecha	Lecho	Humus obtenido (kg)	Control de calidad (color / textura / olor)	Humedad aprox. (%)	Destino del producto	Responsable y supervisión
Ejemplo	1	Por determinar	Adecuado	40	Almacenamiento / uso comunitario	Operador 3 / Coordinador
	2					
	3					
	4					

Nota: Formato referencial de ficha técnica para el control de la cosecha y la calidad del lombricompost obtenido en los cuatro lechos. Los valores de la fila de ejemplo son ilustrativos y no constituyen una producción real determinada.

Elaborado por: El Autor, 2025

4.4.6.7 Capacitación Previa del Responsable del Lombricompostaje

Previo a asumir el control de la alimentación, el volteo, la medición de parámetros y la cosecha del lombricompost, el responsable del lombricompostaje (Operador 3) recibirá una capacitación técnica específica, adicional a los talleres mensuales de concientización ambiental descritos en el apartado 4.4.15, orientada a garantizar el correcto desempeño de sus funciones.

Dicha capacitación se impartirá durante el periodo de adaptación de las lombrices (apartado 4.4.5.1), previo al inicio de la alimentación progresiva, y podrá contar con el apoyo técnico de las entidades competentes, conforme a la coordinación institucional prevista en el Plan Integral.

Tabla 18.

Capacitación referencial previa del Responsable del Lombricompostaje

Tema	Contenido	Duración referencial
------	-----------	----------------------

Manejo y alimentación de los lechos	Dosificación progresiva, criterios técnicos para el ajuste de cantidades e identificación de señales de sobrealimentación o déficit	4 horas
Medición de parámetros técnicos	Uso, calibración y lectura del Medidor de Suelo Portátil Digital 6 en 1, e interpretación de rangos de humedad, temperatura y pH	3 horas
Manejo de lombrices y bioseguridad	Técnica de volteo, identificación de signos de estrés o mortalidad, y manejo de vectores y lixiviados	3 horas
Cosecha y control de calidad del lombricompost	Identificación del punto óptimo de cosecha, separación de lombrices y criterios de calidad del humus	3 horas
Registro y llenado de fichas técnicas	Uso correcto de las fichas de control de alimentación, parámetros y producto final	2 horas

Nota: Contenidos y duraciones referenciales para la capacitación previa del responsable del lombricompostaje.

Elaborado por: El Autor, 2025

La capacitación tendrá una duración referencial total de 15 horas, distribuidas en jornadas previas al inicio de la alimentación progresiva de los lechos. El Coordinador verificará la asistencia y la comprensión de los contenidos mediante observación directa durante las primeras semanas de operación, pudiendo disponerse de un refuerzo práctico adicional en caso de detectarse dificultades en el manejo del proceso.

4.4.7 Estimación Operativa de Hogares Participantes

Para efectos de planificación operativa del Plan Integral se realizará una estimación referencial del número de hogares que podrían participar en el sistema de separación en la fuente. Considerando una población de 1.727 habitantes y un promedio referencial de cuatro habitantes por hogar, se obtiene:

Ecuación 16. Cálculo para obtención del número total de familias considerando el total de habitantes

Total familias

$$= \frac{1727 \text{ habitantes}}{4 \text{ personas por familia aprox}} \quad (16)$$

$$= 431,75 = 432 \text{ familias}$$

Por lo tanto, se estima de manera referencial la existencia de aproximadamente 432 hogares para efectos de planificación y distribución de tachos destinados a la separación de residuos orgánicos.

Este valor constituye una estimación operativa y deberá ser validado durante la implementación mediante el registro de viviendas participantes. El número real de hogares participantes podrá ser inferior o superior a la estimación, dependiendo del nivel de participación comunitaria.

4.4.8 Identificación de Riesgos y Amenazas

La implementación del sistema estará expuesta a riesgos técnicos, ambientales, operativos y sociales que deberán ser identificados y controlados.

Entre los principales riesgos se consideran:

- Mezcla de residuos orgánicos con residuos no aprovechables o materiales no aptos para el tratamiento.
- Presencia de vectores como moscas, roedores u otros organismos asociados con la acumulación de residuos.
- Generación de malos olores como consecuencia de una humedad excesiva, mala aireación o incorporación de materiales inadecuados.
- Exceso o déficit de humedad en los lechos.
- Incrementos o disminuciones inadecuadas de temperatura.
- Falta de aireación del material.
- Exposición directa de los lechos a la radiación solar y a lluvias intensas.
- Daños estructurales en los lechos o en la cubierta.
- Derrame o dispersión de residuos durante las actividades de transporte.
- Contaminación del suelo o agua por una disposición inadecuada.
- Quema, enterramiento o abandono de residuos.
- Accidentes durante la manipulación de herramientas y residuos.
- Falta de participación de los habitantes.
- Interrupción de las actividades de recolección.

- Inundaciones, incendios u otros eventos naturales o accidentales que puedan afectar el área de tratamiento.

El control de estos riesgos se realizará mediante separación adecuada, capacitación, uso de equipos de protección personal, mantenimiento de infraestructura, monitoreo de los parámetros del proceso y establecimiento de procedimientos de contingencia.

4.4.8.1 Matriz de riesgos

La implementación del Plan Integral estará expuesta a riesgos técnicos, ambientales, operativos y sociales que podrían afectar el funcionamiento del sistema de manejo y aprovechamiento de residuos orgánicos. Por ello, se establecieron medidas preventivas orientadas a reducir la probabilidad de ocurrencia y sus posibles consecuencias (Ver Anexo 18).

4.4.9 Medidas de Prevención y Mitigación

4.4.9.1 Medidas Técnicas

El área destinada al manejo y aprovechamiento de residuos tendrá una superficie aproximada de 100 m², equivalente a 10 m × 10 m.

Esta distribución permitirá organizar las áreas de recepción, pesaje, clasificación, acondicionamiento, tratamiento, almacenamiento de material seco, maduración, almacenamiento de compost, herramientas y equipos de protección personal.

Se construirán cuatro lechos de lombricompostaje de 2,50 m × 2,50 m, con una altura estructural aproximada de 0,50 m y una altura de trabajo inicial de aproximadamente 0,30 m.

Los lechos contarán con:

- Sistema de drenaje.
- Recipiente para recolección de lixiviados.
- Cubierta de protección.
- Material seco.
- Control de humedad.
- Control de temperatura.
- Control de pH.
- Registro de actividades.

Los lechos deberán disponer de una superficie firme y un sistema que evite el contacto directo de los residuos con el suelo natural.

4.4.9.2 Cubierta

La cubierta de policarbonato estará destinada exclusivamente a los cuatro lechos de lombricompostaje y ocupará un área aproximada de 5 m × 5 m.

Se utilizarán cinco planchas de policarbonato, con las siguientes características:

Tabla 19.

Características y dimensiones de la cubierta de policarbonato

Elemento	Característica
Área aproximada cubierta	5 × 5 m
Número de planchas	5
Dimensión por plancha	2,10 × 2,95 m
Área por plancha	6,195 m ²
Área total de policarbonato	30,975 m ²

Nota: Características y dimensiones referenciales de la cubierta destinada a los lechos de lombricompostaje.

Elaborado por: El Autor, 2025

La cubierta permitirá reducir la exposición directa a la radiación solar y evitar el ingreso directo de lluvia sobre los lechos.

Las dimensiones de la cubierta responden directamente a las medidas del área ocupada por los cuatro lechos de lombricompostaje. Dado que los cuatro lechos, dispuestos de forma conjunta, ocupan una superficie aproximada de 5 m × 5 m (25 m², conforme a lo señalado en el apartado 4.4.5), la cubierta se diseñó con esa misma cobertura, incorporando además un pequeño margen perimetral que permite proteger los bordes de los lechos de la lluvia dirigida por el viento y facilita el desplazamiento de los operadores alrededor de la estructura durante las labores de mantenimiento.

Se seleccionaron planchas de policarbonato de 2,10 m × 2,95 m por tratarse de una de las dimensiones comerciales más habituales disponibles en el mercado local, lo cual facilita su adquisición, transporte y reposición en caso de daño, sin requerir cortes especiales que incrementen el costo o generen desperdicio de material. Cada plancha cubre un área de 6,195 m², de manera que, al disponer cinco planchas de forma continua sobre la estructura de soporte, se alcanza un área total de cobertura de 30,975 m², superficie ligeramente mayor a los 25 m²

ocupados por los lechos, lo que garantiza un traslape adecuado entre planchas y evita filtraciones de agua en las uniones.

El uso de policarbonato, en lugar de otros materiales como zinc o plástico simple, se debe a que este material permite el paso de luz natural difusa hacia los lechos sin exponer directamente el sustrato a la radiación solar intensa, reduce el riesgo de sobrecalentamiento del material en proceso y presenta una mayor resistencia a la intemperie y a la radiación ultravioleta, prolongando su vida útil frente a otras alternativas más económicas, pero menos durables.

4.4.9.3 Sistema de Lixiviados

Los lechos dispondrán de un sistema de drenaje que permita conducir el exceso de líquido hacia recipientes cerrados.

Tabla 20.

Componentes y funciones del sistema de manejo de lixiviados

Elemento	Función
Orificios de drenaje	Permitir la salida del exceso de líquido
Lona impermeable	Recibir el lixiviado
Sistema de conducción	Transportar el líquido hacia la bandeja
Bandeja cerrada	Almacenar temporalmente el lixiviado
Registro	Controlar la generación y manejo

Nota: Componentes destinados al drenaje, conducción, almacenamiento y control de los lixiviados generados en los lechos

Elaborado por: El Autor, 2025

Los lixiviados serán revisados dos veces por semana.

No serán descargados directamente sobre el suelo, cuerpos de agua o drenajes naturales.

En caso de generarse lixiviados, estos serán recolectados y almacenados temporalmente en recipientes cerrados, evitando derrames y contacto con el suelo. Su manejo posterior se realizará de acuerdo con las condiciones técnicas y ambientales que correspondan.

La instalación, operación y control del sistema de recolección de lixiviados en los cuatro lechos estará a cargo del responsable del lombricompostaje (Operador 3), bajo la supervisión del Coordinador del sistema, conforme a la organización comunitaria y distribución de funciones establecida en los apartados

4.4.12 y 4.4.13. Cada uno de los cuatro lechos contará con un sistema independiente de recolección, compuesto por una base de cartón, una lona impermeable y una bandeja plástica con tapa, evitando que el lixiviado generado en un lecho se mezcle con el de los demás.

Tabla 21.

Materiales del sistema de recolección de lixiviados por lecho

Elemento	Cantidad por lecho	Cantidad total (4 lechos)	Función
Cartón grueso	1	4	Proteger la lona de piedras u otros elementos que puedan perforarla o dañarla.
Lona impermeable de 3 × 3 m	1	4	Cubrir la parte inferior del lecho y actuar como bandeja de contención general, dirigiendo el lixiviado por gravedad hacia el punto de recolección.
Bandeja plástica blanca con tapa (46 × 35 × 12 cm)	1	4	Recibir y almacenar temporalmente, de forma cubierta, el lixiviado acumulado en el punto de recolección.

Nota: Materiales referenciales del sistema de recolección de lixiviados, correspondientes de forma individual a cada uno de los cuatro lechos de lombricompostaje.

Elaborado por: El Autor, 2025

4.4.9.3.1 Protocolo Paso a Paso de Recolección de Lixiviados

El sistema de recolección de lixiviados se instalará y operará de manera independiente en cada uno de los cuatro lechos, a cargo del responsable del lombricompostaje (Operador 3), siguiendo la siguiente secuencia:

Paso 1: Colocar, en la base de cada lecho, una capa de cartón grueso sobre el suelo, con el fin de proteger la lona de piedras u otros elementos que puedan dañarla.

Paso 2: Colocar sobre el cartón una lona impermeable de 3 × 3 m, cubriendo la totalidad de la parte inferior del lecho.

Paso 3: Levantar los bordes de la lona para formar un recipiente de contención y dirigir, por gravedad, el lixiviado generado a través de los orificios de drenaje hacia un único punto de recolección dentro del lecho. En esta etapa, la lona funcionará como una bandeja de contención general, permitiendo que el lixiviado se deslice hacia dicho punto antes de acumularse en la bandeja plástica.

Paso 4: Colocar, en el punto de recolección de cada lecho, una bandeja plástica blanca con tapa de 46 × 35 × 12 cm, destinada a recibir y almacenar el lixiviado conducido por la lona.

Paso 5: Revisar las cuatro bandejas dos veces por semana (martes y sábado), conforme a la frecuencia establecida para el control de lixiviados.

Paso 6: Retirar y medir, de forma independiente, el lixiviado recolectado en cada una de las cuatro bandejas, registrando el volumen obtenido por lecho en la ficha técnica de control de lixiviados.

Paso 7: Colocar nuevamente la tapa sobre cada bandeja inmediatamente después de la medición, con el fin de evitar la proliferación de vectores y malos olores, y verificar que la lona y el cartón de cada lecho se mantengan en buen estado, reemplazándolos cuando presenten daños o perforaciones.

Paso 8: Dar al lixiviado recolectado el manejo posterior que corresponda técnica y ambientalmente (gestor autorizado para la gestión del mismo), evitando en todo momento su descarga directa sobre el suelo, cuerpos de agua o drenajes naturales.

4.4.9.3.2 Ficha Técnica de Control de Lixiviados

El volumen de lixiviado recolectado en cada lecho, así como el estado de la lona y el cartón, será registrado por el responsable del lombricompostaje en la siguiente ficha técnica de control:

Tabla 22.

Ficha técnica de control de lixiviados por lecho

Fecha	Lecho	Volumen recolectado (L)	Estado de la lona y el cartón	Responsable

Ejemplo	Lecho 1	0,5	Buen estado	Operador	3
				(Responsable del	
				Lombricompostaje)	
	Lecho 2				
	Lecho 3				
	Lecho 4				

Nota: Formato referencial de ficha técnica para el registro del volumen de lixiviado recolectado y el estado de la infraestructura de recolección de cada uno de los cuatro lechos. El valor de la fila de ejemplo es ilustrativo y no constituye una medición real.

Elaborado por: El Autor, 2025

En caso de que el volumen de lixiviado recolectado en algún lecho resulte visiblemente superior al registrado en jornadas anteriores (referencialmente, un incremento mayor al doble del volumen habitual para ese lecho), se procederá de inmediato a: (i) verificar la humedad del sustrato mediante el medidor de suelo portátil digital 6 en 1, conforme al apartado 4.4.9.4, dado que un exceso de lixiviado constituye un indicador indirecto de exceso de humedad; (ii) incorporar material seco (aserrín, hojas secas trituradas o cartón desmenuzado) y suspender temporalmente el riego o la incorporación de residuos húmedos hasta la siguiente medición; y (iii) verificar que los orificios de drenaje, la lona y el cartón de la base no presenten daños que permitan el ingreso de agua adicional al lecho.

Si, por el contrario, no se recolecta lixiviado alguno durante dos revisiones consecutivas y el sustrato se percibe seco al tacto, se evaluará la necesidad de incorporar humedad conforme al mismo apartado 4.4.9.4. Toda acción correctiva aplicada deberá quedar registrada por el responsable del lombricompostaje, junto con la fecha y el lecho correspondiente, en el registro general de actividades del sistema.

El Coordinador verificará semanalmente el registro del volumen de lixiviado generado por cada uno de los cuatro lechos, contrastándolo con los valores de humedad reportados conforme al apartado 4.4.9.4, dado que una generación excesiva de lixiviado constituye un indicador de exceso de humedad en el sustrato. El Comité de Gestión Ambiental podrá realizar verificaciones periódicas del estado de la infraestructura de recolección (cartón, lona y bandejas) como parte del seguimiento del Plan Integral.

4.4.9.4 Control de Humedad

La humedad, temperatura y pH de los lechos serán registradas con un único instrumento: el Medidor de Suelo Portátil Digital 6 en 1, equipo que mediante una sonda metálica de alta sensibilidad genera, al insertarse en el sustrato, una lectura electroquímica que se traduce automáticamente en valores digitales exactos sobre una pantalla LCD retroiluminada con cabezal rotativo a 90°, lo que facilita la lectura sin necesidad de agacharse frente al lecho. El equipo mide humedad del suelo en un rango de 10 % a 100 %, rango que cubren ampliamente los valores de interés del proceso de lombricompostaje (humedad 40-45 %).

El equipo funciona con 3 baterías AAA de 1,5 V, se apaga automáticamente a los 5 minutos de inactividad (y su luz de fondo a los 1,5 minutos, para ahorrar energía), y no requiere de un proceso de calibración complejo antes de cada uso, por lo que, tras la capacitación descrita en el apartado 4.4.6.7, puede ser operado sin dificultad por el responsable del lombricompostaje. Con este equipo se reemplaza el uso independiente de un termohigrómetro y de un pH-metro, permitiendo obtener, a partir de una sola inserción de la sonda en cada punto de muestreo, los tres parámetros que se requiere controlar en el proceso (humedad, temperatura y pH), conforme al detalle señalado en los apartados 4.4.6.4 y 4.4.6.4.2.

Cuando se observe sequedad excesiva, se incorporará agua de forma moderada y uniforme, evitando saturar el material.

Cuando exista exceso de humedad, se incorporará material seco y se mejorará la aireación, además de verificar el correcto funcionamiento del sistema de drenaje.

Los valores obtenidos serán registrados en las fichas de registro correspondientes.

Para que esta medición pueda ser realizada por cualquier individuo, incluso sin tener conocimientos técnicos previos de la manipulación del equipo, se empleará el mismo medidor de suelo portátil digital 6 en 1, instrumento sencillo de utilizar que consiste en insertar la sonda metálica directamente en el centro del sustrato del lecho, a una profundidad aproximada de 8 a 10 cm, y esperar unos 5 minutos como máximo hasta que la pantalla muestre un valor numérico expresado

en porcentaje (%). Dicho valor representa directamente el nivel de humedad del material, sin requerir cálculos ni interpretaciones adicionales por parte del operador.

Como referencia práctica y de fácil verificación complementaria a la lectura del instrumento, el operador podrá tomar con la mano un puñado de sustrato y apretarlo suavemente: si al soltarlo el material se desmorona y se ve seco, existe déficit de humedad; si al apretarlo escurre agua entre los dedos, existe exceso de humedad; y si el material se mantiene compactado en forma de bola, sin desmoronarse ni escurrir agua, la humedad se encuentra dentro de un rango adecuado. Esta prueba táctil, aunque no reemplaza la medición con el medidor de suelo portátil digital, permite a cualquier individuo identificar de manera preliminar e intuitiva el estado del lecho.

El rango de humedad adecuado para el proceso se ubica entre 40 % y 45 %, valores por debajo de este rango indican un sustrato demasiado seco, condición que puede afectar la movilidad y la respiración de las lombrices, mientras que valores por encima del rango indican un exceso de agua que puede generar condiciones anaeróbicas (sin oxígeno), malos olores y mortalidad de las lombrices.

En caso de detectarse una humedad menor a 40 %, se procederá a regar el lecho de forma moderada y uniforme utilizando una manguera de riego facilitado por la comuna, evitando encharcar el sustrato, y se realizará una nueva medición aproximadamente 30 minutos después de la aplicación, con el fin de verificar que el valor se haya acercado al rango adecuado sin excederlo.

En caso de detectarse una humedad mayor a 45 %, se incorporará material seco (aserrín, hojas secas trituradas o cartón desmenuzado) de manera uniforme sobre el sustrato, se realizará un volteo adicional para favorecer la evaporación del exceso de agua, y se verificará el correcto funcionamiento del sistema de drenaje y de las bandejas de recolección de lixiviados descritas en el apartado 4.4.9.3, dado que una acumulación anormal de lixiviado constituye un indicador indirecto de exceso de humedad.

4.4.9.5 Control de Temperatura

La temperatura será registrada dos veces por semana mediante el mismo medidor de suelo portátil descrito en el apartado 4.4.9.4, en su función de termómetro.

Los registros permitirán identificar variaciones que puedan afectar la actividad de las lombrices y tomar medidas correctivas cuando sea necesario. En caso de temperaturas altas se reducirá la alimentación hasta su estabilización, comprobando la estabilización mediante nuevas tomas de temperatura con el mismo equipo.

Los valores obtenidos serán registrados en las fichas de registro correspondientes.

La medición se realizará con el mismo medidor de suelo portátil digital utilizado para el control de humedad, en su función de termómetro, insertando la sonda en el centro del lecho, a una profundidad aproximada de 8 a 10 cm, punto donde se concentra la mayor actividad biológica del sustrato. Tras 5 minutos, la pantalla mostrará el valor numérico en grados centígrados ($^{\circ}\text{C}$), sin requerir ningún cálculo adicional por parte del operador.

El rango de temperatura adecuado para el desarrollo de la lombriz roja californiana se ubica entre 27°C y 31°C durante el periodo de adaptación (apartado 4.4.5.3). Estos rangos corresponden a las condiciones en las que las lombrices presentan mayor actividad de consumo y reproducción; fuera de estos valores, su actividad se reduce y, en casos extremos, puede comprometer su supervivencia.

Como referencia adicional de fácil verificación, cuando el sustrato se percibe tibio al tacto (similar a la temperatura de la piel) se encuentra generalmente dentro de un rango razonable; cuando se percibe notoriamente caliente al introducir la mano, existe riesgo de sobrecalentamiento y deberá confirmarse de inmediato con el medidor de suelo portátil. Esta percepción manual constituye únicamente una alerta preliminar y no reemplaza la medición instrumental.

Si la temperatura registrada resulta superior al rango esperado, se reducirá temporalmente la cantidad de residuos incorporados, se realizará un volteo adicional del sustrato para favorecer su enfriamiento mediante la aireación, y se verificará nuevamente la temperatura transcurrida 2 horas, evitando incorporar nuevo material hasta constatar su estabilización dentro del rango adecuado. Si la temperatura registrada resulta inferior al rango esperado, se revisará el estado de la cubierta y de la protección del lecho, dado que la exposición a corrientes de aire frío o a la pérdida de calor por falta de cobertura puede ser la causa de la disminución.

4.4.9.6 Control de pH

El pH será monitoreado una vez por semana mediante el medidor de suelo portátil descrito en el apartado 4.4.9.4.

Los resultados permitirán identificar condiciones que puedan afectar el desarrollo de las lombrices y tomar medidas correctivas cuando sea necesario.

Los valores obtenidos serán registrados en las fichas de registro correspondientes. En caso de pH alto se reducirá la alimentación y se evitará la acumulación de residuos especialmente los que presente característica ácida, posterior a esto se tomará la medición de pH para comprobación de buen rango.

La medición se realizará mediante el medidor de suelo portátil, el mismo equipo utilizado para el control de humedad y temperatura (apartado 4.4.9.4). Este dispositivo funciona mediante una sonda metálica de alta sensibilidad que, al introducirse en la tierra, genera una lectura electroquímica instantánea, la cual se traduce de forma automática en valores digitales exactos dentro de su pantalla LCD retroiluminada. Para medir correctamente el pH, primero se debe verificar que el sustrato del punto de muestreo se encuentre ligeramente húmedo, de manera que la sonda haga buen contacto con el material; a continuación, se introduce la sonda verticalmente, girando el cabezal de la pantalla a 90° para facilitar la lectura, a una profundidad de entre 5 y 10 cm, evitando golpear piedras, raíces u otros elementos duros que puedan dañar el equipo.

Transcurridos algunos segundos, necesarios para que el equipo se estabilice, la pantalla mostrará un valor numérico dentro de su rango de medición (4,0 a 9,0, con resolución de 0,1), sin que el operador deba realizar ningún cálculo o interpretación adicional: el propio valor mostrado corresponde directamente al nivel de pH del sustrato.

Para facilitar la comprensión de este valor por parte de cualquier individuo sin conocimientos técnicos, se debe considerar que un valor de 7 se considera neutro; valores por debajo de 7 indican un sustrato ácido, mientras que valores por encima de 7 indican un sustrato alcalino o básico. El rango adecuado para el desarrollo de la lombriz roja californiana se ubica entre 6 y 8, es decir, un rango cercano a la neutralidad, ligeramente ácido o alcalino.

Antes de cada medición, el operador deberá limpiar la sonda del medidor de suelo portátil con un paño húmedo o agua limpia, con el fin de retirar residuos de

mediciones anteriores que puedan alterar la lectura, y deberá esperar a que el valor mostrado en la pantalla se estabilice (deje de cambiar) antes de registrar el dato, dado que algunos equipos requieren unos segundos adicionales para mostrar una lectura precisa.

En caso de que el valor registrado sea inferior a 6 (sustrato ácido), se reducirá la incorporación de residuos con características ácidas, tales como cítricos en grandes cantidades, y se disminuirá temporalmente la alimentación general del lecho, realizando una nueva medición transcurridos algunos días para verificar que el valor se aproxime nuevamente al rango adecuado. En caso de que el valor registrado sea superior a 8 (sustrato alcalino), se evitará la incorporación de ceniza, cal u otros materiales alcalinos, y se procederá de manera similar, reduciendo la alimentación y verificando el valor mediante mediciones posteriores, hasta constatar su estabilización dentro del rango de 6 a 8.

4.4.9.7 Medidas Sociales

Las medidas sociales estarán orientadas a garantizar la participación de los habitantes de la comuna mediante:

- Separación de residuos desde los hogares.
- Participación en jornadas comunitarias de limpieza.
- Asistencia a capacitaciones y talleres.
- Participación de la directiva comunal en la organización del sistema.
- Promoción de buenas prácticas ambientales.
- Visitas de seguimiento a los hogares.
- Sensibilización sobre los impactos de la quema y disposición a cielo abierto.
- Promoción del aprovechamiento de los residuos orgánicos.
- Participación comunitaria en el mantenimiento de las instalaciones.

La encuesta demostró una aceptación favorable hacia la separación y la implementación de un plan integral, por lo que la participación comunitaria constituye un elemento fundamental para la sostenibilidad del sistema.

La ejecución de estas medidas estará a cargo de la directiva comunal, en coordinación con el Coordinador del sistema y el Comité de Gestión Ambiental, quienes serán responsables de convocar, difundir y dar seguimiento a la

participación de los habitantes durante los doce meses de implementación del Plan Integral.

Las visitas de seguimiento a los hogares se realizarán con una frecuencia referencial mensual, con el propósito de verificar el correcto uso del recipiente domiciliario, resolver dudas sobre la separación de residuos y reforzar, de manera directa y personalizada, los conocimientos impartidos en los talleres de capacitación descritos en el apartado 4.4.15.

La sensibilización sobre los impactos de la quema y la disposición a cielo abierto se realizará mediante material educativo sencillo (afiches, trípticos o mensajes gráficos), procurando un lenguaje claro y accesible para todos los miembros de la comunidad, independientemente de su nivel de instrucción, de manera que la información sobre los riesgos ambientales y a la salud asociados a estas prácticas pueda ser comprendida por la totalidad de los hogares participantes.

La participación comunitaria en el mantenimiento de las instalaciones podrá canalizarse mediante jornadas comunitarias de limpieza y mejora del área de tratamiento, organizadas periódicamente por la directiva comunal, fortaleciendo el sentido de pertenencia de los habitantes hacia el sistema y contribuyendo a la sostenibilidad del Plan Integral más allá del periodo formal de ejecución.

4.4.9.8 Medidas Logísticas

La recolección de los residuos orgánicos se realizará dos veces por semana. Las rutas deberán organizarse priorizando los hogares más alejados y finalizando en el área comunitaria de tratamiento.

Para el transporte podrán utilizarse carretillas o la camioneta comunitaria. Los residuos deberán mantenerse separados durante el traslado, evitando derrames o dispersión en espacios públicos.

Cada jornada de recolección deberá contar con un registro de fecha, sectores atendidos, número de hogares participantes, cantidad aproximada recolectada y novedades detectadas.

Los residuos reciclables y no aprovechables tendrán una frecuencia de retiro. Los reciclables podrán entregarse mensualmente a recicladores de base o gestores autorizados, mientras que los no aprovechables deberán ser trasladados mensualmente hacia una instalación autorizada, de acuerdo con la coordinación institucional correspondiente.

La organización de las rutas priorizará, en primer lugar, los sectores más alejados del área comunitaria de tratamiento, con el fin de reducir el tiempo de exposición de los residuos orgánicos al ambiente y evitar el inicio de procesos de descomposición antes de su ingreso al sistema de lombricompostaje. La ruta finalizará en los sectores más cercanos al área de tratamiento, de manera que el recorrido concluya con el menor tiempo de traslado posible hacia el punto de recepción.

El registro de cada jornada de recolección, que incluirá fecha, sectores atendidos, número de hogares participantes, cantidad aproximada recolectada y novedades detectadas, será elaborado por los operadores encargados de la recolección y revisado semanalmente por el Coordinador del sistema, quien verificará su consistencia con los registros de pesaje y clasificación generados en el área comunitaria de tratamiento.

Con el propósito de sistematizar el registro de cada jornada de recolección señalado en el presente apartado, se propone la siguiente ficha técnica de control, la cual deberá ser llenada por los operadores encargados de la recolección al finalizar cada jornada:

Tabla 23.

Ficha técnica de control de recolección de residuos orgánicos

Fecha	Sectores atendidos	N.º de hogares participantes	Cantidad aproximada recolectada (kg)	Novedades detectadas	Responsables
Ejemplo	Sector 1 y Sector 2	15	42	Sin novedades	Operador 1
Ejemplo	Sector 3	8	20	Vía de acceso en mal estado	Operador 2

Nota: Formato referencial de ficha técnica para el registro de cada jornada de recolección de residuos orgánicos, conforme a lo señalado en el apartado 4.4.9.8. Los valores de las filas de ejemplo son ilustrativos y no constituyen una jornada real.

Elaborado por: El Autor, 2025

4.4.9.9 Medidas Ambientales

Las medidas ambientales estarán orientadas a reducir los impactos derivados del manejo inadecuado de residuos mediante:

- Reducción de la cantidad de residuos enviados a disposición final.
- Aprovechamiento de la fracción orgánica mediante lombricompostaje.
- Disminución de la disposición a cielo abierto.
- Prevención de la quema de residuos.
- Prevención de contaminación del suelo y agua.
- Reducción de la generación de olores y vectores.
- Aprovechamiento del compost producido.
- Promoción de prácticas asociadas con la economía circular.
- Mantenimiento de condiciones adecuadas de limpieza dentro del área de tratamiento.

Estas medidas se articulan de manera directa con el resto de los componentes del Plan Integral: la separación en la fuente (apartado 4.4.2), la recolección diferenciada (apartado 4.4.3) y el proceso de lombricompostaje (apartados 4.4.5 al 4.4.9) constituyen, en conjunto, el mecanismo principal para reducir la cantidad de residuos orgánicos que actualmente son dispuestos de manera inadecuada mediante quema, enterramiento o disposición a cielo abierto en la comuna.

La prevención de la quema de residuos y de la disposición a cielo abierto se reforzará mediante las capacitaciones y la sensibilización comunitaria descritas en el apartado 4.4.9.7, en las que se explicarán, en términos comprensibles para toda la comunidad, los efectos de estas prácticas sobre la calidad del aire, el suelo y la salud de los habitantes, así como las alternativas disponibles a través del Plan Integral.

El aprovechamiento del humus producido mediante el lombricompostaje contribuirá a cerrar el ciclo de los residuos orgánicos dentro de la propia comuna, al constituir un abono orgánico que podrá ser utilizado por los hogares participantes en huertos familiares o áreas verdes comunitarias, reduciendo así la dependencia de fertilizantes externos y promoviendo prácticas asociadas con la economía circular.

El seguimiento de estas medidas ambientales se realizará de manera conjunta con el monitoreo técnico del proceso, descrito en el apartado 4.4.18,

permitiendo verificar que los objetivos de reducción de impactos ambientales se cumplan de manera efectiva durante los doce meses de ejecución del Plan Integral.

4.4.10 Plan de Respuesta Ante Contingencias

4.4.10.1 Activación del Plan

El plan de contingencias será activado cuando se presente una situación que pueda comprometer la seguridad de las personas, el funcionamiento del sistema o la calidad del material en tratamiento.

Se considerarán como situaciones de activación:

- Derrame o dispersión de residuos.
- Exceso de humedad.
- Aparición masiva de vectores.
- Generación persistente de malos olores.
- Daño de los lechos.
- Daño de la cubierta.
- Contaminación del material orgánico.
- Incendio.
- Inundación.
- Interrupción de la recolección.
- Accidentes durante las operaciones.

4.4.10.2 Acciones Inmediatas

Ante un exceso de humedad se incorporará material seco y se mejorará la aireación del lecho. Cuando el material presente condiciones de sequedad, se aplicará agua de forma moderada.

Ante la presencia de olores desagradables se revisará la composición del material, retirando aquellos residuos que no sean aptos y verificando las condiciones de humedad y aireación.

Ante la presencia de vectores se deberá revisar el material, mantener los lechos cubiertos y retirar residuos que puedan favorecer su proliferación.

En caso de contaminación del material, se deberá aislar el lote afectado y evitar su utilización hasta determinar su condición.

Ante daños en los lechos o cubierta, se suspenderá temporalmente el tratamiento afectado y se realizará la reparación correspondiente.

En caso de incendio o inundación se priorizará la seguridad de las personas, se restringirá el acceso al área afectada y se coordinarán las acciones necesarias con los organismos competentes.

4.4.10.3 Responsables

La activación y coordinación general corresponderá a la directiva comunal y al Comité de Gestión Ambiental. Los operadores serán responsables de ejecutar las acciones técnicas inmediatas dentro del área de tratamiento.

Los habitantes deberán informar cualquier situación anormal observada durante las actividades de recolección o en el área comunitaria. Las entidades competentes podrán proporcionar asistencia técnica cuando la contingencia supere la capacidad de respuesta comunitaria.

4.4.11 Plan de Recuperación

Una vez controlada una contingencia, se iniciará el proceso de recuperación del sistema mediante:

1. Evaluación de los daños producidos.
2. Limpieza y retiro de materiales afectados.
3. Reparación de los lechos.
4. Reparación o reposición de elementos de la cubierta.
5. Recuperación de las condiciones de humedad y aireación.
6. Reposición de lombrices cuando sea necesario.
7. Revisión de los instrumentos de monitoreo.
8. Evaluación de la calidad del material afectado.
9. Registro de la contingencia y de las acciones realizadas.
10. Reinicio progresivo del proceso de tratamiento.

El Comité de Gestión Ambiental deberá registrar la contingencia y evaluar las causas que la originaron, con el propósito de establecer medidas preventivas que eviten su repetición.

4.4.12 Organización Comunitaria y Roles

La organización comunitaria para la ejecución del plan estará estructurada de la siguiente manera:

Tabla 24.

Actores responsables y funciones para el cumplimiento del plan

Actor	Función
--------------	----------------

Directiva comunal	Coordinación general, gestión de recursos, organización de jornadas y coordinación institucional.
Comité de Gestión Ambiental	Supervisión, monitoreo, evaluación de indicadores y seguimiento del plan.
Operadores	Recolección, transporte, recepción, pesaje, clasificación y tratamiento de residuos.
Habitantes	Separación de residuos en la fuente, entrega en los días establecidos y participación en capacitaciones.
Responsable del lombricompostaje	Control de los lechos, lixiviados, humedad, temperatura, aireación, pH, vectores y estado de las lombrices.
GAD y entidades competentes	Apoyo técnico, coordinación de la gestión de residuos no aprovechables y asistencia institucional.

Nota: Actores responsables de las diferentes actividades y etapas del plan.

Elaborado por: El Autor, 2025

La directiva comunal será responsable de coordinar la implementación general, mientras que el Comité de Gestión Ambiental supervisará el cumplimiento de las actividades y los operadores ejecutarán las acciones operativas.

4.4.13 Personal Operativo

Para la operación del sistema se propone contar con un coordinador y tres operadores, distribuyendo las actividades de acuerdo con las necesidades del plan y con un criterio técnico orientado a optimizar el uso del personal y minimizar el gasto operativo, tal como se justifica a continuación.

Tabla 25.

Personal operativo y distribución de funciones

Personal	Funciones principales
Coordinador	Supervisión general, organización, control de registros y coordinación
Operador 1	Transporte de los residuos orgánicos recolectados hacia el área comunitaria de tratamiento
Operador 2	Recolección de los residuos orgánicos casa por casa, conforme a la ruta y frecuencia establecidas

Operador 3	Recepción, pesaje, clasificación y acondicionamiento de los residuos; alimentación y manejo de los lechos de lombricompostaje; monitoreo de humedad, temperatura y pH; control de lixiviados y mantenimiento general del proceso
------------	--

Nota: Distribución referencial del personal y sus funciones dentro del plan

Elaborado por: El Autor, 2025

La definición de tres operadores como número mínimo necesario para la operación del sistema se sustenta en un criterio técnico de simultaneidad de tareas y de carga horaria disponible, y no en una decisión arbitraria. A continuación, se detalla el razonamiento utilizado:

- **Criterio de simultaneidad de tareas (mínimo de dos operadores para la etapa de recolección y transporte).** Conforme al procedimiento descrito en la Tabla 11 (apartado 4.4.3.1), la recolección casa por casa y el traslado de los residuos hacia el área comunitaria constituyen dos actividades físicas distintas que se ejecutan de manera simultánea durante la misma jornada (martes y jueves, 08:00 a 12:00, según la Tabla 26): mientras un operador recorre la ruta asignada retirando el contenido de los tachos domiciliarios, otro debe trasladar de forma paralela lo ya recolectado hacia el área de tratamiento, con el fin de no interrumpir el recorrido ni acumular residuos en la ruta. Una sola persona no puede ejecutar ambas tareas al mismo tiempo, por lo que se requieren, como mínimo, dos operadores para esta etapa (Operador 1 y Operador 2).
- **Criterio de carga horaria disponible (un tercer operador para la etapa de tratamiento, sin superposición de horario).** La Tabla 26 (apartado 4.4.14.1) evidencia que las actividades de recepción, pesaje, clasificación y acondicionamiento se concentran los martes y jueves, mientras que las actividades propias del lombricompostaje (alimentación de los lechos, volteo, control de humedad, temperatura y pH, y revisión de lixiviados y del estado de las lombrices) se concentran el día sábado. Al no existir superposición horaria entre ambos grupos de actividades, un tercer operador (Operador 3) puede asumirlas de manera secuencial dentro de la misma jornada de 12 horas semanales establecida para el personal operativo, sin necesidad de una cuarta persona dedicada en exclusiva al área de lombricompostaje.

- **Criterio de volumen de residuos a procesar.** La carga máxima referencial que ingresa a los cuatro lechos es de 48 kg semanales (Tabla 15), volumen que no representa una carga de trabajo que justifique técnicamente la vinculación de un operador adicional exclusivo para el área de lombricompostaje.
- **Criterio de eficiencia y minimización del gasto operativo.** Dos operadores constituyen el mínimo necesario para ejecutar de manera simultánea la recolección y el transporte, sin interrumpir el recorrido de la ruta. La incorporación de un tercer operador permite cubrir las actividades complementarias del sistema sin afectar la continuidad de la operación; en cambio, un cuarto operador implicaría duplicar funciones ya cubiertas por el personal establecido, incrementando el costo mensual de operación sin un beneficio técnico correspondiente.

En consecuencia, la conformación de tres operadores (dos para la etapa de recolección y transporte, y uno para la etapa de recepción, clasificación y tratamiento) corresponde al número técnicamente mínimo y suficiente para garantizar la operación continua del sistema, sin comprometer el cumplimiento de las actividades descritas en los apartados 4.4.5 al 4.4.9 y optimizando el uso de los recursos humanos y el costo mensual de operación (apartado 4.4.14.2).

4.4.14 Jornada y Remuneración del Personal

Con el propósito de establecer una propuesta operativa que no asuma una jornada laboral completa de 40 horas semanales, se plantea una jornada parcial para el personal operativo.

Esta propuesta responde a que las actividades del sistema, descritas en los apartados 4.4.3 al 4.4.9, se concentran en días específicos de la semana (martes, jueves y sábado) y no requieren una dedicación diaria por parte de los operadores, a diferencia de un empleo convencional de tiempo completo. La jornada parcial permite, además, mantener el costo mensual de operación del Plan Integral dentro de un rango accesible para su financiamiento, sin comprometer el cumplimiento de las actividades técnicas necesarias para el correcto funcionamiento del sistema.

4.4.14.1 Jornada Referencial

Tabla 26.

Jornada semanal referencial para la gestión de residuos y operación del lombricompostaje

Día	Actividad	Horario referencial
Martes	Recolección casa por casa, traslado, recepción, pesaje, clasificación, acondicionamiento y control de temperatura, humedad y lixiviados	08:00–12:00
Jueves	Recolección casa por casa, traslado, recepción, pesaje, clasificación y acondicionamiento	08:00–12:00
Sábado	Alimentación de los lechos según necesidad, mantenimiento, limpieza del área, control de temperatura, humedad y lixiviados, control de pH y revisión del estado de las lombrices	08:00–12:00

Nota: Distribución referencial de actividades y horarios para la operación semanal del sistema.

Elaborado por: El Autor, 2025

Cada operador trabajaría aproximadamente 12 horas por semana, distribuidas en tres jornadas de cuatro horas.

El horario podrá ajustarse de acuerdo con las condiciones climáticas, disponibilidad de los habitantes, condiciones de acceso y necesidades operativas.

La distribución de actividades entre los tres días de la semana no es arbitraria: los días martes y jueves concentran las labores relacionadas con la recolección casa por casa, el traslado, la recepción, el pesaje y la clasificación de los residuos orgánicos, mientras que el día sábado se destina de manera específica a las actividades propias del mantenimiento de los lechos de lombricompostaje (alimentación, lixiviado, volteo, control de humedad, temperatura y pH, y revisión del estado de las lombrices), conforme a lo señalado en el apartado 4.4.13. Esta organización evita la superposición de funciones entre los operadores y permite que

cada jornada de cuatro horas sea suficiente para completar las actividades asignadas.

El horario de 08:00 a 12:00 se estableció considerando las horas de la mañana como el periodo más adecuado para las labores al aire libre, evitando las horas de mayor radiación solar y calor, y facilitando la disponibilidad de los habitantes para la entrega de los residuos orgánicos antes de iniciar sus actividades cotidianas.

4.4.14.2 Remuneración Referencial

Para efectos del presupuesto se podrá utilizar como referencia el salario básico unificado correspondiente al año de ejecución del plan y establecer una proporcionalidad respecto de la jornada propuesta.

Tomando como referencia un SBU de USD 482,00 mensuales y una jornada de 12 horas semanales frente a una jornada completa referencial de 40 horas semanales, se obtiene una proporción del 30 %.

Tabla 27.

Remuneración mensual referencial de los operadores

Concepto	Valor referencial
SBU 2026	USD 482,00/mes
Jornada completa referencial	40 h/semana
Jornada propuesta	12 h/semana
Proporción	30 %
Remuneración mensual referencial por operador	USD 144,60
Número de operadores	3
Costo mensual referencial	USD 433,80

Nota: Valores referenciales para estimar el costo mensual de operación

Elaborado por: El Autor, 2025

Este valor constituye únicamente una referencia presupuestaria y deberá ajustarse a la modalidad de contratación que finalmente se establezca y a las obligaciones laborales aplicables.

El cálculo de la remuneración referencial parte de establecer una proporcionalidad directa entre las 12 horas semanales de la jornada propuesta y las 40 horas semanales de una jornada completa, tomando como base el salario

básico unificado (SBU) vigente. De esta manera, 12 horas representan el 30 % de una jornada completa de 40 horas ($12 \div 40 = 0,30$), porcentaje que se aplica sobre el valor mensual del SBU de referencia (USD 482,00) para obtener la remuneración mensual referencial por operador: $\text{USD } 482,00 \times 30 \% = \text{USD } 144,60$.

Este valor se multiplica por el número de operadores requeridos para la operación del sistema (tres, conforme a lo justificado en el apartado 4.4.13), obteniendo un costo mensual referencial de USD 433,80 destinado a la remuneración del personal operativo. Dicho valor constituye un componente del presupuesto referencial descrito en el apartado 4.4.16 y deberá actualizarse cada año conforme al SBU vigente al momento de la implementación, así como ajustarse a la modalidad de contratación que finalmente adopte la organización responsable de la ejecución del Plan Integral.

4.4.15 Plan de Capacitación y Comunicación

Durante los 12 meses de implementación se desarrollará un taller mensual, para un total de 12 talleres de concientización ambiental. Los talleres estarán relacionados con los objetivos, beneficios, responsables y actividades del Plan Integral.

Posteriormente, se realizarán actividades de refuerzo y seguimiento de acuerdo con las necesidades identificadas mediante los registros de participación y las visitas a los hogares.

Las capacitaciones prácticas comprenderán los siguientes temas:

- Separación en la fuente.
- Almacenamiento temporal.
- Manejo de residuos orgánicos.
- Funcionamiento del lombricompostaje.
- Control de humedad.
- Control de temperatura.
- Control de pH.
- Aireación de los lechos.
- Prevención de malos olores y vectores.
- Uso adecuado de equipos de protección personal.
- Manejo de herramientas.
- Aprovechamiento y uso del humus de lombriz.

- Manejo de residuos reciclables.
- Manejo de residuos no aprovechables.
- Prevención de la quema y disposición a cielo abierto.

La comunicación de los horarios y rutas de recolección se realizará mediante los mecanismos disponibles en la comunidad, tales como reuniones comunitarias, avisos y medios de comunicación locales.

4.4.16 Presupuesto Referencial

El presupuesto referencial del Plan Integral estará destinado a cubrir las necesidades de implementación, operación, capacitación, monitoreo y mantenimiento del sistema de manejo de desechos sólidos no peligrosos. Los valores detallados se presentan en el (Anexo N.º 19).

Para facilitar el seguimiento de los recursos económicos, el presupuesto se organizará en los siguientes componentes:

- a) Infraestructura: construcción y adecuación del área comunitaria de aproximadamente 100 m², construcción de cuatro lechos de lombricompostaje, sistema de drenaje y cubierta de protección.
- b) Equipamiento: recipientes para separación, herramientas de operación, balanzas, el medidor de suelo portátil digital 6 en 1 y demás equipos necesarios para el control del proceso.
- c) Equipos de protección personal: guantes, botas, mascarillas, ropa de trabajo y demás elementos requeridos para las actividades de manipulación y tratamiento.
- d) Capacitación y comunicación: material educativo, señalización, talleres y actividades de sensibilización comunitaria.
- e) Operación y mantenimiento: mantenimiento de lechos, cubierta, herramientas, equipos de monitoreo y demás elementos necesarios para garantizar la continuidad del sistema.
- f) Recolección y transporte: recursos destinados al traslado de los residuos orgánicos hacia el área comunitaria de tratamiento y a la gestión diferenciada de reciclables y no aprovechables.

4.4.17 Transporte de Residuos Orgánicos

No se establecerá arbitrariamente un valor fijo para el transporte.

Tabla 28.

Costos referenciales para la recolección y transporte de residuos orgánicos

Rubro	Cantidad referencial	Costo unitario	Costo total
Recolección y transporte de residuos orgánicos	173 recorridos	Por determinar	Por determinar

Nota: Valores referenciales para estimar los costos de recolección y transporte de los residuos orgánicos.

Elaborado por: El Autor, 2025

La cantidad de 173 recorridos corresponde a la recolección de residuos orgánicos mediante una camioneta, con dos recorridos por día los martes y jueves, durante los meses 3 al 12 de ejecución del Plan Integral, y deberá ajustarse al calendario real de ejecución.

El costo será calculado una vez que se conozcan:

1. Ruta.
2. Distancia.
3. Capacidad.
4. Consumo de combustible.
5. Precio del combustible.
6. Mantenimiento.
7. Mano de obra.
8. Tiempo requerido por recorrido

4.4.18 Monitoreo, Evaluación y Actualización

El seguimiento del Plan Integral estará a cargo del Comité de Gestión Ambiental, con participación de la directiva comunal y los responsables de las diferentes actividades. El monitoreo deberá realizarse de manera periódica mediante registros de recolección, pesaje, tratamiento, producción de compost, capacitaciones y novedades operativas.

El monitoreo se realizará mediante los registros generados en cada una de las etapas del Plan Integral, entre ellos: el registro de recolección de residuos orgánicos (apartado 4.4.9.8, Tabla 23), la ficha técnica de control de lixiviados (apartado 4.4.9.3.2), los registros de humedad, temperatura y pH obtenidos conforme a los apartados 4.4.9.4 al 4.4.9.6, el registro de alimentación de los lechos (apartado 4.4.6), los registros de entrega de residuos reciclables (Tabla 30) y de

retiro de residuos no aprovechables (Tabla 32), así como los registros de asistencia a las capacitaciones descritas en el apartado 4.4.15.

Con una frecuencia semanal, el coordinador del sistema revisará la consistencia de dichos registros, verificando que los valores reportados se encuentren dentro de los rangos técnicos esperados para el proceso y que las actividades se hayan ejecutado conforme a lo establecido en cada apartado correspondiente.

Con una frecuencia mensual, el Comité de Gestión Ambiental, con participación de la directiva comunal, efectuará una revisión integral de los registros acumulados durante el periodo, evaluando el cumplimiento de las metas e indicadores establecidos en el apartado 4.4.19, identificando posibles desviaciones respecto de los valores de referencia y determinando, de ser necesario, ajustes operativos al Plan Integral.

La actualización del Plan Integral procederá cuando el monitoreo evidencie de manera recurrente la necesidad de modificar aspectos técnicos, operativos o logísticos del sistema (por ejemplo, la frecuencia de recolección, la cantidad de operadores o los parámetros de alimentación de los lechos), con el fin de mantener la eficiencia y sostenibilidad del sistema de manejo y aprovechamiento de residuos a lo largo de los doce meses de ejecución.

4.4.19 Metas e Indicadores del Plan

Para evaluar el cumplimiento del Plan Integral se establecerán metas e indicadores que permitan determinar el nivel de participación comunitaria, la cantidad de residuos manejados, el funcionamiento del proceso de lombricompostaje y la gestión de los residuos reciclables y no aprovechables (Ver Anexo 21).

4.4.19.1 Cronograma de implementación

Actividades que se llevarán a cabo durante los 12 meses de ejecución del plan (Ver Anexo 22).

4.4.20 Programa de Manejo de Residuos Reciclables y No Aprovechables

El Plan Integral no se limitará al aprovechamiento de los residuos orgánicos, sino que establecerá medidas diferenciadas para los residuos reciclables y no aprovechables generados en la comuna.

Si bien el componente central del Plan Integral se orienta al aprovechamiento de los residuos orgánicos mediante el lombricompostaje, un manejo integral de los

desechos sólidos no peligrosos requiere también establecer procedimientos claros para los residuos reciclables y para aquellos que no pueden ser aprovechados, evitando que ambos tipos de residuos sean dispuestos de manera conjunta con los orgánicos o abandonados en el entorno de la comuna. De esta manera, el Plan Integral cubre la totalidad del flujo de residuos generados por los hogares participantes, desde su separación en la fuente hasta su destino final.

4.4.20.1 Residuos Reciclables

Los residuos reciclables serán separados por los habitantes y almacenados de manera independiente en los recipientes comunitarios destinados para este fin.

Entre los materiales potencialmente recuperables se considerarán:

- Papel.
- Cartón.
- Plástico.
- Vidrio.
- Metales.

Los materiales deberán encontrarse en condiciones adecuadas para su aprovechamiento y no deberán estar mezclados con residuos orgánicos o residuos contaminados.

Los materiales recuperados serán entregados a recicladores de base o gestores autorizados.

La directiva comunal mantendrá un registro de las cantidades entregadas.

Tabla 29.

Responsables en las etapas del manejo de residuos reciclables

Etapas	Responsable
Separación	Habitantes
Depósito	Habitantes
Almacenamiento temporal	Recipientes comunitarios
Revisión	Responsable comunitario
Clasificación	Responsable designado
Entrega	Directiva / gestor
Aprovechamiento	Reciclador de base o gestor autorizado
Registro	Directiva comunal

Nota: Se detallan las etapas del manejo de residuos reciclables y los responsables de su ejecución dentro de la comunidad.

Elaborado por: El Autor, 2025

La frecuencia de retiro de los residuos reciclables será mensual y se establecerá de acuerdo con la cantidad acumulada y las condiciones de almacenamiento, evitando que los recipientes alcancen niveles que puedan generar dispersión, olores o presencia de vectores.

Cada una de las etapas señaladas en la Tabla 29 corresponde a una responsabilidad específica dentro de la cadena de manejo de los residuos reciclables. La separación y el depósito estarán a cargo de los propios habitantes, quienes deberán identificar los materiales reciclables generados en el hogar y colocarlos directamente en el recipiente comunitario destinado para este fin, sin necesidad de un procedimiento adicional de entrega individualizada, a diferencia de lo establecido para los residuos orgánicos en el apartado 4.4.2.1.

El almacenamiento estará bajo la responsabilidad de la directiva comunal, quien deberá verificar semanalmente que el recipiente comunitario no supere su capacidad de llenado y gestionar su vaciado oportuno. La revisión, a cargo de un responsable comunitario designado por la propia directiva, consistirá en una inspección visual del contenido del recipiente, con el fin de detectar la presencia de materiales no reciclables o contaminados que deban ser retirados antes de la entrega a los gestores.

La clasificación, a cargo de un responsable designado, implicará la separación de los materiales reciclables por tipo (papel, cartón, plástico, vidrio y metales), facilitando su posterior entrega y aprovechamiento por parte de los recicladores de base o gestores autorizados. La entrega y el aprovechamiento constituyen las etapas finales del proceso, en las que los materiales clasificados salen del sistema comunitario hacia su cadena de valor externa.

Finalmente, el registro de las cantidades entregadas, a cargo de la directiva comunal, permitirá contar con información periódica sobre el volumen de materiales reciclables recuperados, dato que será útil para el seguimiento de las metas e indicadores del Plan Integral (apartado 4.4.19) y para la eventual gestión de acuerdos con recicladores de base o gestores autorizados.

Con el propósito de sistematizar el registro de las cantidades entregadas señalado en el presente apartado, se propone la siguiente ficha técnica de control, la cual deberá ser llenada por la directiva comunal en cada entrega de materiales reciclables:

Tabla 30.**Registro de entrega de residuos reciclables**

Fecha de entrega	Tipo de material	Cantidad entregada (kg)	Reciclador o gestor receptor	Responsable de la entrega
Ejemplo	Plástico y cartón	35	Reciclador de base local	Directiva comunal

Nota: Formato referencial de ficha técnica para el registro de las entregas de residuos reciclables a recicladores de base o gestores autorizados, conforme a lo señalado en el apartado 4.4.20.1. El valor de la fila de ejemplo es ilustrativo y no constituye una entrega real.

Elaborado por: El Autor, 2025

4.4.20.2 Residuos No Aprovechables

Los residuos que no puedan ser aprovechados mediante las alternativas establecidas serán separados de los demás residuos y depositados en los recipientes comunitarios destinados exclusivamente para este tipo de desechos.

Estos recipientes deberán permanecer cerrados evitando el contacto con animales y la presencia de vectores.

La directiva comunal coordinará su traslado mensual mediante el GAD Municipal de Guayaquil o un gestor autorizado, hacia una instalación legalmente habilitada para su disposición final.

Los residuos no aprovechables no serán incorporados al lombricompostaje ni mezclados con los residuos reciclables.

De manera similar a lo señalado para los residuos reciclables, cada etapa identificada en la Tabla 31 corresponde a una responsabilidad definida dentro de la cadena de manejo de los residuos no aprovechables. La separación y el depósito, a cargo de los habitantes, implican identificar aquellos residuos que no pueden ser aprovechados mediante el lombricompostaje ni mediante el reciclaje, y depositarlos exclusivamente en el recipiente comunitario destinado para este fin, evitando su mezcla con los demás tipos de residuos.

El almacenamiento temporal se realizará en el recipiente comunitario correspondiente, el cual deberá permanecer cerrado, conforme a lo señalado previamente en este apartado. La supervisión de dichos recipientes estará a cargo de la directiva comunal, quien verificará su estado y nivel de llenado.

La coordinación del retiro, a cargo de la directiva comunal en conjunto con el GAD Municipal de Guayaquil, implicará gestionar la frecuencia y las condiciones del traslado de los residuos no aprovechables hacia una instalación legalmente habilitada para su disposición final, mediante un gestor autorizado, de acuerdo con la disponibilidad institucional. El registro de estas actividades, a cargo de la directiva comunal, permitirá mantener información sobre la frecuencia de retiro y las cantidades gestionadas, insumo que también será considerado dentro del monitoreo del Plan Integral descrito en el apartado 4.4.18.

Tabla 31.

Responsables en el manejo de residuos no aprovechables

Etapas	Responsable
Separación	Habitantes
Depósito	Habitantes
Almacenamiento temporal	Recipientes comunitarios
Supervisión	Directiva comunal
Coordinación del retiro	Directiva comunal + GAD
Transporte	GAD o gestor autorizado
Destino	Instalación legalmente autorizada
Registro	Directiva comunal

Nota: Identificación de las etapas del manejo de residuos y los responsables de su correcta gestión

Elaborado por: El Autor, 2025

Con el propósito de sistematizar el registro de estas actividades señalado en el presente apartado, se propone la siguiente ficha técnica de control, la cual deberá ser llenada por la directiva comunal en cada retiro de residuos no aprovechables:

Tabla 32.

Registro de retiro de residuos no aprovechables

Fecha de retiro	Cantidad retirada (kg)	Medio de transporte / gestor	Instalación de destino	Responsable de la coordinación
------------------------	-------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------	---------------------------------------

Ejemplo	28	Servicio municipal (GAD Municipal de Guayaquil)	Instalación autorizada de disposición final	Directiva comunal de
---------	----	---	---	----------------------

Nota: Formato referencial de ficha técnica para el registro del retiro de residuos no aprovechables, conforme a lo señalado en el apartado 4.4.20.2. El valor de la fila de ejemplo es ilustrativo y no constituye un retiro real.

Elaborado por: El Autor, 2025

4.4.20.3 Costo de traslado de residuos no aprovechables

El costo correspondiente al traslado de los residuos no aprovechables no será establecido arbitrariamente, debido a que dependerá de las condiciones reales de operación.

Se deberán determinar previamente:

- Cantidad generada.
- Frecuencia de retiro.
- Ubicación de los recipientes.
- Distancia hasta la instalación autorizada.
- Vehículo utilizado.
- Capacidad del vehículo.
- Consumo de combustible.
- Tiempo de operación.
- Mantenimiento.
- Mano de obra.

Por tanto, en el presupuesto se establecerá:

Tabla 33.

Costos estimados para el traslado de residuos no aprovechables

Rubro		Cantidad	Costo unitario	Costo total
Traslado de residuos no aprovechables	de determinar	Por	Por determinar	Por determinar

hacia instalación
autorizada

Nota: Estimación de los costos asociados al traslado de residuos no aprovechables hacia una instalación autorizada

Elaborado por: El Autor, 2025

El costo correspondiente al traslado de los residuos no aprovechables será determinado durante la implementación, una vez definida la cantidad generada, frecuencia de retiro, ubicación de los recipientes comunitarios, distancia hacia la instalación autorizada, medio de transporte y costos asociados a combustible, mantenimiento y operación. La gestión será coordinada entre la directiva comunal y el GAD Municipal de Guayaquil o un gestor autorizado.

4.4.21 Preparación paso a paso del lombricompostaje

A continuación, se detalla el proceso utilizado para la preparación del lombricompostaje a escala demostrativa o doméstica, empleando un recipiente disponible y residuos orgánicos generados en el hogar:

Con el fin de que el proceso no se limite a una explicación empírica y cuente con un respaldo técnico verificable, se recomienda el uso del medidor de suelo portátil digital 6 en 1, descrito en el apartado 4.4.9.4, el cual permite controlar de manera simultánea, mediante la inserción de una sola sonda, la temperatura, la humedad y el pH del sustrato. Los rangos de referencia adecuados para el proceso son: temperatura entre 27 °C y 31 °C, humedad entre 40 % y 45 %, y pH entre 6 y 8, valores comprendidos sin dificultad dentro del rango de medición del equipo (temperatura -9 a 50 °C, humedad 10 % a 100 %, pH 4,0 a 9,0). Estos mismos equipos e indicadores son empleados en la operación del sistema comunitario descrito en el apartado 4.4.6.4, por lo que su uso a escala demostrativa permite además familiarizarse con el manejo técnico del proceso.

Antes de cada medición se recomienda verificar la calibración de los equipos conforme a las indicaciones del fabricante, con el fin de garantizar la fiabilidad de las lecturas obtenidas, y registrar los valores medidos junto con la fecha correspondiente, de manera que sea posible dar seguimiento a la evolución del compost.

Paso 1. Selección del recipiente para compost

Se deberá disponer de un recipiente con una capacidad aproximada de 11 litros, preferentemente con dimensiones cercanas a 18 cm de ancho, 20 cm de largo y 33 cm de alto. No obstante, podrá utilizarse cualquier recipiente disponible en el hogar, siempre que tenga una capacidad suficiente para contener los materiales y permita realizar adecuadamente el proceso de lombricompostaje.

Paso 2. Limpieza y preparación del recipiente

Antes de iniciar el proceso, el recipiente destinado al compost deberá encontrarse limpio y libre de residuos que puedan afectar el desarrollo de las lombrices. Se deberá verificar además que el recipiente sea resistente y que no contenga sustancias químicas o contaminantes.

Paso 3. Elaboración de los orificios de drenaje

En la parte inferior del recipiente (compost) se deberán realizar aproximadamente 8 a 9 agujeros de tamaño pequeño y distribuido de manera uniforme. Estos permitirán la salida del exceso de agua y favorecerán el drenaje del sistema, evitando la acumulación de humedad en la parte inferior del recipiente.

Paso 4. Recolección de los residuos orgánicos

Los residuos orgánicos generados en cada hogar deberán depositarse directamente en el recipiente previamente entregado en el Plan para recolección. Se deberán priorizar residuos orgánicos compostables, evitando incorporar materiales que puedan afectar el proceso.

Paso 5. Precompostaje de los residuos

Los residuos orgánicos recolectados deberán permanecer en el recipiente (entregado en el Plan) durante un período aproximado de 1 a 2 días, con el propósito de permitir un precompostaje inicial. Esta etapa favorece el ablandamiento y descomposición inicial de los residuos antes de ser incorporados al sistema con lombrices.

Paso 6. Reducción del tamaño de los residuos

Una vez transcurrido el período de precompostaje, los residuos orgánicos deberán cortarse en trozos pequeños. La reducción del tamaño facilita la descomposición, aumenta la superficie de contacto y permite que las lombrices y microorganismos puedan aprovechar el material con mayor facilidad.

Paso 7. Preparación de la primera capa

En el fondo del recipiente (compost) se deberá colocar una capa de hojas secas. Este material ayudará a absorber parte del exceso de humedad y favorecerá la aireación del sistema.

Paso 8. Incorporación de la tierra de sembrado

Sobre la capa de hojas secas se deberá colocar una capa de tierra de sembrado, la cual servirá como parte del sustrato inicial para el establecimiento de las lombrices.

Paso 9. Incorporación de las lombrices

Una vez preparada la base del sistema, se deberán colocar las lombrices rojas californianas sobre la capa de tierra de sembrado. Las lombrices serán las encargadas de consumir y transformar progresivamente los residuos orgánicos.

Paso 10. Incorporación de los residuos orgánicos

Sobre la capa donde se encuentran las lombrices se deberán colocar los residuos orgánicos previamente precompostados y cortados en trozos pequeños. Los residuos deberán distribuirse de manera uniforme, evitando formar acumulaciones excesivas en un solo punto.

Paso 11. Colocación de una nueva capa de material seco

Después de incorporar los residuos orgánicos, se deberá colocar una nueva capa de hojas secas sobre ellos. Esta capa contribuirá a equilibrar la humedad y favorecerá las condiciones adecuadas dentro del recipiente para compost.

Paso 12. Colocación de la cobertura de cartón

Como cobertura final se deberá utilizar cartón de color café, previamente cortado en trozos pequeños o colocado de manera que cubra la superficie del material. Esta cobertura ayudará a disminuir la incidencia directa de la luz solar sobre el sistema y contribuirá al control de olores y de la presencia de posibles vectores, como moscas u otros organismos.

Paso 13. Ubicación del recipiente para compost

El recipiente deberá colocarse en un sitio protegido de la radiación solar directa, lluvias intensas y temperaturas excesivamente elevadas. La ubicación deberá permitir además una adecuada ventilación y facilitar las actividades de revisión y mantenimiento.

Paso 14. Control semanal de la temperatura

La temperatura deberá revisarse una vez por semana utilizando el medidor de suelo portátil digital 6 en 1. La sonda deberá introducirse en la parte central del material, procurando que se encuentre en contacto con el sustrato entre 8 y 10 cm.

Para facilitar la lectura, se podrá girar el cabezal de la pantalla aproximadamente 90°. Una vez introducida la sonda, se deberá esperar aproximadamente 5 minutos para permitir que la lectura se estabilice antes de registrar el valor obtenido.

Paso 15. Evaluación de la temperatura

El valor registrado deberá compararse con el rango de referencia establecido para el proceso, comprendido entre 27 °C y 31 °C.

- Si la temperatura supera este rango, se deberá verificar si existe una incorporación excesiva de residuos frescos o una aireación insuficiente.
- Si la temperatura se encuentra por debajo del rango, se deberá verificar la actividad de las lombrices, la cantidad de alimento disponible y las condiciones del recipiente.

Cuando sea necesario, se deberá reducir temporalmente la incorporación de residuos, mejorar la aireación mediante el volteo o revisar la ubicación del recipiente.

Paso 16. Control semanal de la humedad

La humedad deberá revisarse semanalmente utilizando el mismo medidor de suelo portátil digital 6 en 1, se introduce la sonda verticalmente, girando el cabezal de la pantalla a 90° para facilitar la lectura, a una profundidad de entre 8 y 10 cm. La lectura deberá mantenerse aproximadamente entre 40 % y 45 %.

La medición deberá realizarse introduciendo la sonda en la parte central del sustrato y registrando el valor una vez que la lectura se haya estabilizado.

Paso 17. Corrección de exceso de humedad

Cuando la humedad supere el rango establecido y se presente adicionalmente mal olor o acumulación de agua, se deberá incorporar material seco, como hojas secas, aserrín o cartón picado.

Durante este período se deberá suspender temporalmente el riego hasta que la humedad disminuya a un nivel adecuado.

Paso 18. Corrección de baja humedad

Cuando la humedad se encuentre por debajo del rango establecido y el sustrato presente una apariencia seca, se podrá realizar un riego ligero con agua o con lixiviado previamente diluido.

El riego deberá realizarse de manera gradual, evitando saturar el material o generar acumulaciones de agua en la parte inferior del recipiente.

Paso 19. Reposición de residuos orgánicos

Cada semana se deberá revisar el volumen de residuos presentes en el recipiente (compost). Cuando se observe una disminución significativa del volumen debido al proceso de descomposición, se podrán incorporar nuevos residuos orgánicos previamente precompostados y cortados en trozos pequeños.

La incorporación deberá realizarse de manera gradual, evitando sobrecargar el sistema con una cantidad excesiva de residuos.

Paso 20. Aireación mediante volteo

Se deberá realizar un volteo semanal del material, procurando hacerlo de manera cuidadosa para evitar causar daños a las lombrices.

Esta actividad permitirá mejorar la circulación de aire dentro del sustrato y disminuir el riesgo de generar condiciones anaeróbicas que puedan producir malos olores.

Paso 21. Aplicación del acelerador

Se deberá realizar semanalmente la aplicación del acelerador utilizado para el proceso de lombricompostaje, respetando la dosis previamente establecida, dosis de 90 mL una vez por semana hasta finalizar el proceso.

El acelerador tendrá como finalidad favorecer las condiciones del proceso y contribuir a una descomposición más eficiente de los residuos orgánicos.

Paso 22. Control semanal del pH

El pH deberá controlarse una vez por semana utilizando el medidor de suelo portátil digital 6 en 1, el mismo equipo empleado para la temperatura y la humedad (Paso 14 y Paso16). Para realizar la medición, primero se debe verificar que el sustrato se encuentre ligeramente húmedo, de manera que la sonda haga buen contacto con el material; a continuación, se introduce la sonda verticalmente a una profundidad de entre 5 y 10 cm, evitando golpear piedras, raíces u otros elementos duros que puedan dañar el equipo, y se espera a que la pantalla LCD retroiluminada muestre un valor estable, dentro de su rango de medición (4,0 a 9,0, con resolución de 0,1).

La lectura deberá registrarse una vez que el valor se haya estabilizado.

Paso 23. Evaluación del pH

El valor obtenido deberá compararse con el rango de referencia establecido, comprendido entre pH 6 y 8.

- Cuando el pH sea superior a 8, se considerará que el material presenta una condición alcalina y se deberá revisar la composición de los residuos incorporados y las condiciones del proceso.
- Cuando el pH sea inferior a 6, se considerará que el material presenta una condición ácida y se deberá revisar principalmente la cantidad de residuos cítricos incorporados.

Las medidas correctivas deberán realizarse de manera gradual, evitando modificaciones bruscas en las condiciones del sistema.

Paso 24. Seguimiento y registro de los parámetros

Los valores obtenidos de temperatura, humedad y pH deberán registrarse semanalmente en una hoja de control. El registro permitirá identificar cambios durante el proceso y determinar si es necesario realizar alguna acción correctiva.

Paso 25. Evaluación del estado del lombricompost

Después de aproximadamente 4 semanas de proceso, se deberá realizar una evaluación visual y olfativa del material para determinar su grado de transformación junto a medición de sus parámetros.

Se considerará que el material presenta características de madurez cuando tenga un color café oscuro, una apariencia relativamente homogénea y un olor similar al de tierra húmeda, sin presencia de olores desagradables o putrefactos y parámetros adecuados.

Paso 26. Determinación de finalización del proceso

Si después de la evaluación el material presenta las características señaladas y los parámetros registrados se encuentran dentro de condiciones adecuadas, se podrá considerar que el lombricompost ha alcanzado un estado apropiado para continuar con su utilización o con la etapa de evaluación correspondiente.

En caso de que todavía se observen residuos orgánicos fácilmente reconocibles, olores desagradables o condiciones inadecuadas de humedad, el proceso deberá continuar hasta alcanzar las características esperadas.

5. DISCUSIÓN

Con relación a la investigación realizada por Cotrina (2020), su estudio en 260 viviendas estableció una generación per cápita de 0,664 kg/hab/día, compuesta principalmente por materia orgánica (53,20%) y una disminución de la contaminación del 34,93%. En comparación, el presente trabajo tuvo valores inferiores, entre 0,065 y 0,067 kg/hab/día, con 299,2 kg recolectados en 39 domicilios, siendo una diferencia que se debe a que solamente se pesó la fracción orgánica entregada por las familias, debido a que parte de estos residuos se destinaba a la alimentación animal o se empleaba como abono directo; por ende, el resultado no representa la totalidad de los desechos generados por cada habitante.

Una investigación elaborada por Vera (2018) acerca del manejo de residuos sólidos no peligrosos en una institución de educación superior dio a conocer que en dicha institución se generó una gran variedad de residuos sólidos principalmente por los estudiantes, lo que ocasionó la acumulación en los sistemas de disposición ya implementados, generando posibles problemas de salud para las personas. Por ello, realizaron un estudio para conocer el manejo de los residuos desde la generación hasta la aplicación de instrumentos para evaluar la educación ambiental. Los resultados reflejaron que se generaron 677,6 kg/día de residuos sólidos, con una generación per cápita de 0,143 kg/persona-día, con un costo de \$7,00/kg. En comparación, el presente trabajo obtuvo una generación per cápita de 0,065 a 0,067 kg/persona-día, con un peso total de 299,2 kg en las 4 semanas.

Un trabajo realizado por Gómez (2024) sobre el análisis de la composición fisicoquímica del abono orgánico bocashi, en el que se trabajó con un peso total de 397,3 kg del compuesto, puso en evidencia que el 80 % presentó un rendimiento satisfactorio. Posterior al análisis de laboratorio, obtuvieron como resultado que la composición del compost se encontró dentro de los límites aceptables; sin embargo, la NTE INEN 220:2013 indicó que no se cumplieron todos los parámetros establecidos. Por lo que concluyeron que la elaboración del compostaje bocashi constituyó una opción viable para mejorar la calidad del suelo, destacándose además que en el estudio actual los parámetros del lombricompostaje fueron aceptables según la NTE INEN 211:98, debido al mayor porcentaje de consumo de residuos orgánicos, la humedad relativa y la temperatura estable.

Otro artículo elaborado por Samaniego (2025), indicó que los residuos recolectados en varios mercados de una mancomunidad fueron sometidos a cuatro tratamientos biológicos, como compostaje, vermicompostaje y co-compostaje. Posteriormente, determinaron el pH, la conductividad eléctrica, el porcentaje de materia orgánica, así como el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio, entre otras variables. Mediante la utilización de la herramienta estadística ANOVA y el test de Tukey, determinaron que el mejor tratamiento para su utilización fue el vermicompostaje. En comparación con los resultados del presente trabajo, se evidenció que los parámetros de nitrógeno, fósforo y potasio tanto en el lombricompostaje como en el bocashi se encontraron dentro de los rangos establecidos por la NTE INEN 211:98.

Con respecto a la investigación abordada por Rodríguez (2019), en la empresa CYRGO S.A.S evidenciaron que no existía un plan de gestión integral de residuos sólidos debidamente establecido, lo que generó deficiencias técnicas, operativas y culturales en el manejo de los residuos sólidos. La empresa contó con un 87 % de capacitación a su personal, la cual resultó insuficiente para la adecuada disposición final de residuos peligrosos, rutas de recolección interna, contenedores en malas condiciones y una recolección de residuos sólidos deficiente. Esta situación fue similar a la observada en la comuna Campo Alegre, donde no se contaba con dichas condiciones, por lo que se consideró importante la implementación del Plan Integral.

Estudio realizado por López (2023), indicó que, debido a la producción de flores en el oriente antioqueño, se generó una gran cantidad de residuos, por lo que plantearon la implementación de un Plan de Manejo Integral de Residuos Sólidos en la empresa Flores El Trigal Sede Caribe. La implementación de este plan les permitió mejorar la gestión de los residuos en la zona, fortaleciendo el componente ambiental de la empresa y facilitando el avance hacia certificaciones como Carbono Neutro y Basura Cero, promoviendo la sostenibilidad y el bienestar de la comunidad. Esto resultó importante para la comuna Campo Alegre, ya que contribuyó a la protección de especies, animales, personas y del río de la zona, mejorando las condiciones del entorno y evitando la aparición de enfermedades.

Plan de manejo integral de residuos sólidos urbanos por Segura (2019), indicó que la Municipalidad de Esparza utilizó un vertedero que no cumplía con los estándares adecuados para el manejo de los materiales, lo que generó un problema

para la región. Por ello, su investigación propuso como meta la realización de un estudio físico para conocer los desechos generados en tres sectores del cantón. Determinando que el 74,5 % de los desechos pudieron ser aprovechados en prácticas como el compostaje, mientras que el 25,5 % no pudo ser aprovechado, por lo que fue dispuesto en el relleno sanitario correspondiente. Se esperaba que estos resultados sirvieran como guía para la implementación de un plan de manejo de residuos sólidos. Finalmente, el plan propuesto para la comuna Campo Alegre resultó de gran importancia para la protección de la zona y de sus habitantes, generando beneficios ambientales, sociales y socioeconómicos.

En función a la hipótesis definida, los hallazgos obtenidos no permitieron confirmar la disminución prevista del 50% de los residuos orgánicos. Para los tratamientos se utilizó la fracción de residuos compostables, previamente separada para el lombricompostaje y Bocashi. La generación de 0,066 kg/hab/día corresponde al promedio diario generado por cada habitante en las 4 semanas, de esta fracción y no incluye residuos destinados a alimentación animal o utilizados como abono. Con base en esta cantidad, se estimó un área aproximada de 100 m² para la implementación del compostaje. En los tratamientos, el lombricompostaje alcanzó un consumo del 27,77% y el Bocashi un 23,80%, valores inferiores al porcentaje planteado. Esto pudo relacionarse con el periodo de monitoreo, el tamaño de las muestras y las condiciones de temperatura y humedad.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

En la comuna Campo Alegre se evidenció deficiencias en la gestión de los desechos sólidos orgánicos no peligrosos, siendo las prácticas más realizadas por los pobladores la disposición a cielo abierto y la quema de residuos. Se constató la ausencia de recolección por parte de las autoridades responsables, mientras que la población mayoritariamente aceptó la implementación de un plan de compostaje y un plan integral de desechos sólidos. Con respecto a la generación per cápita, el promedio fue de 0,066 kg/hab/día.

Con respecto al análisis comparativo entre el lombricompostaje y el bocashi, se evidenció que ambas técnicas fueron viables para su aplicación en la comuna Campo Alegre, donde en ambos casos se mantuvieron parámetros como temperatura, pH, N, P y K, establecidos por la NTE INEN 211:98 y el Acuerdo Ministerial 097-A. Se determinó que el lombricompostaje fue la técnica más adecuada, ya que presentó un porcentaje de consumo de residuos orgánicos (27,77%), humedad media (43%) y temperatura estable, aunque estos resultados no permitieron confirmar la hipótesis planteada, debido a que ninguno de los tratamientos alcanzó la disminución prevista del 50% de los residuos orgánicos. Por su parte, el bocashi también constituyó una opción viable, aunque presentó parámetros más elevados y un menor consumo de residuos orgánicos (23,80 %).

Se propuso un Plan Integral de Gestión de desechos sólidos no peligrosos en la comuna Campo Alegre, con base en la información obtenida en los objetivos específicos. El plan estuvo alineado con la normativa ambiental vigente y con los lineamientos del Ministerio del Ambiente, y se estructuró en fases claras para la gestión, como la separación en la fuente y la disposición final. Se priorizó el lombricompostaje frente al Bocashi.

6.2 Recomendaciones

Implementar un sistema formal de gestión integral de desechos sólidos dentro de la comuna, dando énfasis a la separación correcta que debe haber en la fuente hasta el aprovechamiento de los residuos orgánicos siendo importantes ambos factores. También es importante la educación ambiental dentro del lugar, siendo esto posible mediante capacitaciones que se deben dar de manera continua a cada uno de los habitantes, todo esto con el fin de reducir prácticas que se realizaban anteriormente las cuales afectan al entorno. Se sugiere el

aprovechamiento de la generación per cápita de los residuos para que tenga un transporte y tratamiento para luego incorporar técnicas como compostaje, permitiendo la reducción de volúmenes de residuos finales, mejorando las condiciones ambientales como la gestión sostenible.

Con los resultados presentados de ambos compostajes, se recomienda la continuidad y fortalecimiento de ambos métodos favorables para su implementación dentro de la comuna, especialmente el lombricompostaje debido a presentar un mayor porcentaje de consumo con lo que respecta a los residuos orgánicos. Siendo importante mantener un control por período de la temperatura, como también de la humedad como mayor prioridad, debido a que esta última debe recibir mejor cuidado para tener condiciones óptimas en el proceso. El pH necesita revisión constante por lo que si presenta una alta alcalinidad se la puede tratar con materiales adecuados y dosificación de este, garantizando así un uso seguro para la disposición en el suelo a enriquecer.

Es importante mantener la continuidad del Plan y la participación de la comunidad en todas las etapas del plan, donde la educación es un papel importante a ser fortalecido debido a que esto garantizará que exista una correcta disposición en la fuente y aprovechamiento de todos los residuos orgánicos, mediante técnicas ya explicadas, lo que evitaría problemas en un largo plazo.

Se sugiere dar continuidad a las actividades que fueron planteadas, para así poder crear hábitos sostenibles en beneficio de la comuna. Sugiriéndose el fortalecimiento de la organización comunitaria con la creación de un comité de gestión ambiental el que permitirá que exista un control, seguimiento y mejora continua del sistema.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, S. (2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. *Salud en Tabasco*, 7.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48711206>
- Asamblea nacional. (14 de Marzo de 2016). Ley Orgánica de Tierras Rurales y Territorios Ancestrales. pág. 68. <https://www.rmpplayas.gob.ec/wp-content/uploads/2019/06/Ley-Organica-de-Tierras-Rurales-y-Territorios-Ancestrales.pdf>
- Cabrera, A. (2023). Elaboración de lombricomposta con residuos orgánicos de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos utilizando lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*). *Lombricompostaje*, 72.
<http://riaa.uaem.mx/handle/20.500.12055/3461>
- Calderón, J. (2023). Evaluación de la lombriz roja californiana (*eisenia foetida*) en la producción de vermicompost a partir de estiércol de cuy (*cavia porcellus*) en el distrito de Pillco Marca, provincia de Huánuco 2023. *UDH*, 80.
<https://repositorio.udh.edu.pe/20.500.14257/5390>
- Carcipulla, M., & Quevedo, S. (2014). Evaluacion del uso turístico de la playa cauchiche-isla. *Recursos Naturales*, 173.
<http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/30094>
- Carvajal, H., Álvarez, M., & García, M. (2022). Analysis of the management of urban solid waste in Europe. *Análisis de la gestión de los residuos sólidos*, 3. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2218-36202022000100402&script=sci_arttext
- CEPAL. (2021). Encuesta a municipios sobre gestión de residuos sólidos domiciliarios 2019. Colombia. *gestión de residuos sólidos*, 32.
<https://hdl.handle.net/11362/46988>
- Clavijo, M., Cajas, I., Toral, M., & Moreno, G. (2024). Sistema de gestión de residuos orgánicos en los mercados del cantón saquisilí, ecuador. *Enfoque hacia la sostenibilidad ambiental*, 19.
<https://doi.org/https://doi.org/10.55908/sdgs.v13i1.4177>
- Código Orgánico del Ambiente. (12 de Abril de 2017). Registro Oficial Suplemento 983. pág. 92. <https://www.ambiente.gob.ec/wp->

content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf

- Consejo Nacional de Competencias. (13 de enero de 2015). Registro Oficial N° 415. <https://www.competencias.gob.ec/wp-content/uploads/2015/10/resoluciones-005-006-2014.pdf>
- Constitucion de la Republica del Ecuador. (20 de octubre de 2008). Registro Oficial 449. *Decreto Legislativo 0*, pág. 136. https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf
- Cotrina, G., Taype, O., & Ore, F. (2020). Manejo integral de residuos sólidos para minimizar la contaminación del ambiente en el distrito de Panao, Huánuco, Perú. *Gerenciamento abrangente de resíduos sólidos*, 10. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.ayd24-46.mirs>
- Gomez, D. (2024). Análisis físicoquímico e implementación de un abono orgánico bocashi para la elaboración de una guía técnica y metodológica en la Estación Experimental Tunshi. *Análisis físicoquímico*, 94. <https://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/23248>
- Hidalgo, M. d. (2019). Gestión tributaria y sustentabilidad financiera en el manejo y tratamiento de residuos sólidos de los Gobiernos Municipales de Loja. *Gestión tributaria y sustentabilidad financiera*, 139. <http://hdl.handle.net/10644/6858>
- Jantz, M., & Ruggerio, C. (2021). Tratamiento de los residuos sólidos orgánicos domésticos como estrategia para la mitigación del impacto ambiental negativo de la gestión de residuos en áreas urbanas. *Treatment of household organic solid*, 26. https://www.researchgate.net/profile/Carlos-Ruggerio/publication/353558726_Tratamiento_de_los_residuos_solidos_orgánicos_domesticos_como_estrategia_para_la_mitigacion_del_impacto_ambiental_negativo_de_la_gestion_de_residuos_en_areas_urbanas/links/6102ef1a
- Jimenez, R. (2024). Impacto de la fermentación aeróbica y anaeróbica en las propiedades sensoriales del café (*Coffea arabica*) de las variedades Geisha, Bourbon. *Concytec*, 75. <https://hdl.handle.net/20.500.12802/13729>
- Ley Orgánica de Economía Circular Inclusiva. (6 de Julio de 2021). Registro Oficial Suplemento 488. pág. 23.

- <https://procuraduria.utpl.edu.ec/NormativaExterna/LEY%20ORG%C3%81NICA%20DE%20ECONOM%C3%8DA%20CIRCULAR%20INCLUSIVA.pdf>
- Lopez, T. (2023). Implementación del plan de manejo integral de residuos sólidos (PMIRS) en flores el trigal S.A.S sede caribe. *Implementación del plan de manejo*, 107. <https://hdl.handle.net/10495/37797>
- Ministerio del Ambiente. (4 de Mayo de 2024). Acuerdo Nro. MAATE-MAATE-2024-0084-A. pág. 60. <https://www.ambienteyenergia.gob.ec/ambiente/wp-content/uploads/sites/2/downloads/2025/01/ACUERDO-Nro.-MAATE-MAATE-2024-0084-A.pdf>
- Moneva, J. (2020). *Análisis y evaluación actual del abono tipo bocashi como alternativa ecológica ante los agroquímicos*. Universidad Miguel Hernández. <https://dspace.umh.es/handle/11000/5930>
- Norma Técnica Ecuatoriana. (28 de Marzo de 2014). NTE INEN 2841. pág. 11. <https://www.scribd.com/document/357275986/NORMA-INEN-2841-pdf>
- Ordenanza que Regula la Gestión de los Residuos Sólidos del Cantón Pedro Vicente Maldonado, así como la Aplicación de la Tasa Retributiva por este Servicio. (1 de Abril de 2022). NRO. 09. pág. 19. <https://www.pedrovicentemaldonado.gob.ec/phocadownload/Ordenanzas2022/ordenanza092022.pdf>
- Osorio, G. (2020). Aplicación del compostaje. *Método de transformación de residuos orgánicos en un centro urbano como Bogotá*, 68. <https://hdl.handle.net/20.500.11839/8058>
- Pineda, O., González, J., & Torres, M. (2020). El compostaje, una alternativa para el aprovechamiento de residuos orgánicos en las centrales de abastecimiento. *Composting, an alternative for the use of organic residues in the supply centers*, 10. <https://doi.org/https://doi.org/10.22579/20112629.575>
- Quispe, E., & Marquinez, L. (2023). Sistema de gestión integral de los residuos orgánicos. *Plazas del cantón Salcedo, provincia de Cotopaxi, periodo 2023*, 107. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/11778>
- Registro Oficial. (11 de Mayo de 2021). Ordenanza que Regula la Gestión Integral de Residuos Sólidos no Peligrosos de Material Recuperable en el Cantón Guayaquil. pág. 55.

<https://www.scribd.com/document/870529578/ORDENANZA-GESTION-INTEGRAL-GUAYAQUIL>

Reglamento al Código Orgánico del Ambiente. (12 de Junio de 2019). Registro Oficial N° 507. pág. 144.

https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2019-09/Documento_RCOA%20RO%20507.pdf

República del Ecuador, Asamblea Nacional. (17 de Febrero de 2021). Código Orgánico Integral Penal. pág. 297. https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/03/COIP_act_feb-2021.pdf

Reyes, L. (2021). Estrategias para el desarrollo turístico de la zona centro de la Isla Puná, cantón Guayaquil, provincia Guayas, a partir del enfoque sistémico. *Trabajo de Titulación para la obtención del Título de Licenciatura en Administración Turística*, 86.

<http://repositorio.unibe.edu.ec/xmlui/handle/123456789/391>

Rodriguez, N., & Revelo, W. (2019). Gestion integral de residuos solidos en la empresa CYRGO SAS. *Gestion integral de residuos solidos*, 19.

<https://doi.org/https://doi.org/10.22267/rtend.171802.79>

Samaniego, J., Hidalgo, E., & Romero, S. (2025). Estudio comparativo de cuatro tratamientos biológicos para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos. *Estudio comparativo*, 8. <https://doi.org/10.47187/perf.v1i33.318>

Santana, C., & Ávala, V. (2018). Estrategias para el desarrollo turístico de la Isla Puná. *Estrategias para el desarrollo turístico*, 36.

<https://libros.ecotec.edu.ec/index.php/editorial/catalog/download/47/42/604-1?inline=1>

Segura, O., & Córdoba, S. (2019). Plan de manejo integral de residuos sólidos urbanos en Esparza de Puntarenas, Costa Rica. *Plan de manejo integral de residuos sólidos*, 10.

<https://www.redalyc.org/pdf/6998/699878336006.pdf>

United Nations. (1994). *Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación*. [https://www-uncdd-](https://www-uncdd-int.translate.goog/convention/overview?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc)

[int.translate.goog/convention/overview?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc](https://www-uncdd-int.translate.goog/convention/overview?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc)

Varela, A., Núñez, M., Hermiaga, Y., González, N., & Méndez, O. (2023). De residuos: propuesta en la producción de abonos orgánicos - alimento

animal en la mini-industria la guajira. *Use of waste: proposal in the production of organic fertilizers*, 11.

[https://www.researchgate.net/profile/Proyectos-](https://www.researchgate.net/profile/Proyectos-Cienpinos/publication/384501594_Aprovechamiento_de_residuos_propuesta_en_la_produccion_de_abonos_organicos-alimento_animal_en_la_mini-industria_La_Guajira/links/66fc0a56553d245f9e46f04d/Aprovechamiento-de-res)

[Cienpinos/publication/384501594_Aprovechamiento_de_residuos_propuesta_en_la_produccion_de_abonos_organicos-alimento_animal_en_la_mini-industria_La_Guajira/links/66fc0a56553d245f9e46f04d/Aprovechamiento-de-res](https://www.researchgate.net/profile/Proyectos-Cienpinos/publication/384501594_Aprovechamiento_de_residuos_propuesta_en_la_produccion_de_abonos_organicos-alimento_animal_en_la_mini-industria_La_Guajira/links/66fc0a56553d245f9e46f04d/Aprovechamiento-de-res)

Vargas, G. (2020). La formacion y constitucion del ser. *humus*, 158.

https://die.udistrital.edu.co/sites/default/files/doctorado_ud/publicaciones/la_formacion_y_la_constitucion_del_ser.pdf#page=70

Vélez, A., Peñafiel, P., Heredia, M., Barreno, S., & Chávez, J. (2020). Propuesta de sistema de gestión de residuos sólidos domésticos en la comunidad Waorani. *Proposal for the management system for domestic solid waste in the Waorani Gareno community*, 13.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7563002>

Vélez, D. (2022). Diseño del sistema de recuperación de basura flotante para ríos que contaminan la Isla Puná. *Isla Puná*, 103.

<http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/19918/1/T-UCSG-PRE-ING-IC-450.pdf>

Vera, P., Nájera, H., García, C., & López, M. (2018). Manejo de residuos sólidos no peligrosos en una institución de educación superior. *Manejo de residuos*, 14. <https://doi.org/https://doi.org/10.31644/IMASD.12.2016.a06>

Vera, T., Palacios, M., Palacios, O., Flores, I., Valencia, & Cristopher. (2022). Contributions to the validation of the joint methodology for the evaluation of solid waste on tourist beaches (RSPT) in the provinces of Guayas and Santa Elena, Ecuador. *Aportes a la validación de la metodología conjunta para evaluación de residuos sólidos en playas turísticas (RSPT) en las provincias de Guayas y Santa Elena, Ecuador*, 19.

[https://www.researchgate.net/profile/Teresa-Vera-San-](https://www.researchgate.net/profile/Teresa-Vera-San-Martin/publication/365281051_Contributions_to_the_validation_of_the_joint_methodology_for_the_evaluation_of_solid_waste_on_tourist_beaches_RSPT_in_the_provinces_of_Guayas_and_Santa_Elena/links/636d11db2)

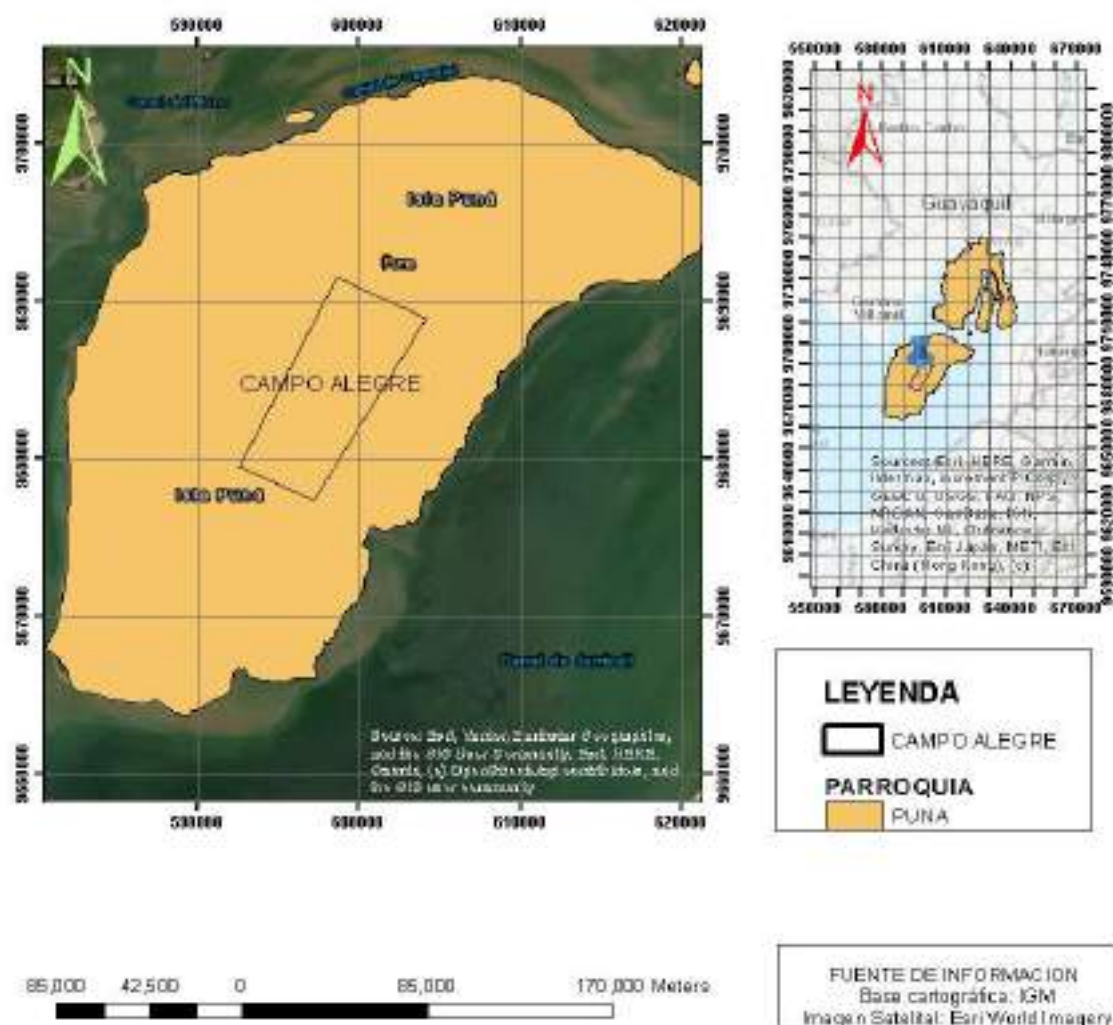
[Martin/publication/365281051_Contributions_to_the_validation_of_the_joint_methodology_for_the_evaluation_of_solid_waste_on_tourist_beaches_RSPT_in_the_provinces_of_Guayas_and_Santa_Elena/links/636d11db2](https://www.researchgate.net/profile/Teresa-Vera-San-Martin/publication/365281051_Contributions_to_the_validation_of_the_joint_methodology_for_the_evaluation_of_solid_waste_on_tourist_beaches_RSPT_in_the_provinces_of_Guayas_and_Santa_Elena/links/636d11db2)

ANEXOS

Anexo N° 1.

Delimitación de la Comuna Campo Alegre-Puná

MAPA DE DELIMITACION DE LA ISLA PUNA COMUNA CAMPO ALEGRE



 UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR INGENIERIA AMBIENTAL	
Proyección: UTM	WGS 84
Provincia: Guayas	Área de estudio: Isla Puná
2°50'00" S 80°08'00" O	Elaborado por: El Autor, 2026

Elaborado por: El Autor, 2025

Anexo N° 2.***Encuesta sobre disposición y aprovechamiento de desechos orgánicos en Campo Alegre-Puná***

PREGUNTAS	Totalmente de acuerdo (X)	De acuerdo (X)	Indeciso (X)	En desacuerdo (X)	Totalmente en desacuerdo (X)
1. ¿Cree usted que un plan de compostaje beneficiaría ambiental, social y económicamente a la comuna?					
3. Está Usted de acuerdo con que un equipo de personas se encargue de la gestión de los residuos orgánicos en la comuna?					
4. ¿Piensa usted que es necesario mejorar la forma en que actualmente se gestionan los residuos en Campo Alegre?					
5. ¿Cree usted que en la comuna se pueden garantizar las condiciones necesarias —tiempo, humedad y aireación— para un buen proceso de compostaje?					
6. ¿Cree usted que el proceso de compostaje puede producir un abono de buena calidad en un tiempo adecuado, reduciendo rápidamente el volumen de residuos?					
7. ¿Cree usted que en su hogar es posible identificar y separar fácilmente los residuos orgánicos que se generan, como cáscaras, restos de comida y podas?					
8. ¿Está usted de acuerdo en que, si se aprovechan los residuos orgánicos, disminuiría la cantidad de basura que actualmente se desecha en la comunidad?					
9. ¿Considera usted que el compost producido en la comunidad tendría buena calidad —olor, color y textura— y ayudaría a reducir el volumen de los residuos orgánicos?					
10. ¿Está usted de acuerdo en que se realice compostaje					

como Bocashi y lombricompostaje para el aprovechamiento de los residuos orgánicos en la comuna?

11. ¿Considera usted que en su hogar se podrían separar adecuadamente los residuos orgánicos e inorgánicos para mejorar su disposición?

12. ¿Está usted de acuerdo en que la comuna Campo Alegre debería implementar un plan integral de gestión de desechos sólidos que incluya compostaje como alternativa principal?

PREGUNTA	Quema (X)	Se entierra en el suelo (X)	Disposición en un lugar abierto o esquina (X)	Se reutiliza o transforma (X)	Otro (describir)
2. ¿Qué práctica se utiliza principalmente en la comuna para la disposición de los desechos sólidos no peligrosos?					

Nota: Encuesta destinada a los pobladores de la Comuna Campo Alegre

Elaborado por: El Autor, 2025

Anexo N° 3.**Representación de variables dependientes**

VARIABLE DEPENDIENTE				
Variables	Tipo	Nivel de medida	Indicador o métrica	Descripción
Calidad del compost obtenido (pH, humedad%, consumo% N, P, K, textura, olor, color);	Cuantitativo	Escala de Razón	Unidades de pH, % de humedad y consumo, N, P y K	Evalúa el resultado del compostaje en parámetros fisicoquímicos y características sensoriales del abono producido.
Reducción del volumen de los residuos.	Cuantitativo	Razón	% de reducción del peso inicial en torno al peso final	Disminución de la cantidad de residuos respecto al volumen inicial.
Velocidad de reducción del volumen de los residuos.	Cuantitativo	Razón	% de pérdida de masa seca	Ritmo o rapidez con que disminuye el volumen de los residuos en un tiempo dado.
Tipo de compost apropiado para la zona, como resultado de muestra de laboratorio;	Cualitativo	Nominal	Bocashi o lombricompostaje	Evalúa el resultado del proceso de compostaje mediante parámetros fisicoquímicos obtenidos.
Composición y caracterización de los residuos orgánicos (tipo, porcentaje, volumen).	Mixta	Nominal y razón	Tipo de residuo, peso en kg y %	Identifica los diferentes tipos de residuos y su proporción dentro del total generado.

Nota: Variables dependientes con las que se trabajará en el área de estudio

Elaborado por: El Autor, 2025

Anexo N° 4.**Representación de variables independientes**

VARIABLE INDEPENDIENTE				
Variables	Tipo	Nivel de medida	Indicador o métrica	Descripción
Método de tratamiento aplicado (Bocashi y lombricompostaje).	Cualitativa	Nominal	Bocashi o lombricompostaje	Técnica utilizada para el compostaje, que permite comparar la eficiencia entre Bocashi y lombricompostaje en la descomposición de residuos orgánicos.
Condiciones de compostaje (tiempo de descomposición, temperatura, humedad, aireación)	Cuantitativa	Razón	Temperatura en °C, humedad en %, tiempo en semanas y frecuencia de aireación	Factores ambientales y de manejo que afectan la transformación de los residuos en compost, medidos con instrumentos específicos
Prácticas de disposición y separación en la fuente realizadas.	Cualitativa	Nominal	Clase de práctica reconocida por medio de la encuesta	Identifica si los residuos se separan adecuadamente en su origen o si se mezclan, afectando la composición final de los residuos.
Frecuencia de recolección y prácticas de manejo de los residuos.	Cuantitativa	Razón	Cantidad de recolecciones por semana	Número de veces por semana o mes que se recolectan los residuos, lo que influye en la cantidad y estado de los desechos procesados.

Nota: Variables independientes con las que se trabajará en el estudio

Elaborado por: El Autor, 2025

Anexo N° 5.***Rango ideal para parámetros y nutriente de compostaje***

Parámetro	Rango ideal al comienzo (2-5 días)	Rango ideal para compost en fase termofílica II (2-5 semanas)	Rango ideal de compost maduro (3-6 meses)
C:N	25:1 – 35:1	15/20	10:1 – 15:1
Humedad	50% - 60%	45%-55%	30% - 40%
Concentración de oxígeno	~10%	~10%	~10%
Tamaño de partícula	<25 cm	~15 cm	<1,6 cm
pH	6,5 – 8,0	6,0-8,5	6,5 – 8,5
Temperatura	45 – 60°C	45°C-Temperatura ambiente	Temperatura ambiente
Densidad	250-400 kg/m ³	<700 kg/m ³	<700 kg/m ³
Materia orgánica (Base seca)	50%-70%	>20%	>20%
Nitrógeno Total (Base seca)	2,5-3%	1-2%	~1%
Nutriente	% en compost		
Nitrógeno	0,3% – 1,5% (3g a 15g por Kg de compost)		
Fósforo	0,1% – 1,0% (1g a 10g por Kg de compost)		
Potasio	0,3% – 1,0% (3g a 10g por Kg de compost)		

Fuente: Román, Martínez, y Pantoja, 2013

Anexo N° 6.

Resultados obtenidos de N, P, K y pH del lombricompostaje facilitados por la Empresa Agrorum



Informe Analítico: IA-26-LB-000239-01

Lab-ID: ANA-26/0290

JAMERSON MURILLO Y WILMER STALIN
QUASMO SUI, COOPERATIVA CAUSA PROLETARIA ME
3489, SOLAR 7
Guayaquil - Ecuador

Lugar de Ejecución del Ensayo
AGRORUM S.A. (Asociación Agroindustrial Ambiental)
Carrera 12, km 14,5, Guayaquil
Carrera 12, km 14,5, Guayaquil
Guayaquil - Ecuador

Datos proporcionados por el Cliente			
Nombre de la muestra:	COMPOST	Lugar de muestreo:	---
Descripción de la muestra:	Compost 1 lombricompostaje	Requisito interno:	REC-26/0075
Producción:	---	Pedido de Venta:	INV26-0125
Cultivo/Varietal:	---		
Fecha/Mes de muestreo:	2025-01-15 10:29		
Muestra tomada por:	Clara	Muestreador:	---
Datos de recepción de la muestra en laboratorio			
Fecha de Recepción:	2025-01-15	Cantidad de Muestra:	~1.000 Kg
Tipo de Envase:	Bolsa Plástica	Temperatura de la recepción:	---
Fecha Inicio Análisis:	2025-01-16	Fecha de Elaboración de Informe:	---
Fecha Fin Análisis:		Fecha de Emisión del Informe:	2025-01-30

RESULTADOS DE ANÁLISIS			
Parámetro	Resultado	Unidad	Método de ensayo
Potencial de Hidrógeno (pH en agua) (*)	7.08	---	ME-LB-015 Electrodo
Conductividad Eléctrica (*)	131.00/50	µS/cm	ME-LB-014 Electrodo
Nitrógeno Total (N-T) (*)	1.06	mg/kg	ME-LB-075, EAA - Urea
Fósforo (P) - Olsen (*)	1.04	mg/kg	ME-LB-098, EAA - Urea
Potasio (K) (*)	80.24	mg/kg	ME-LB-075, EAA - Urea
Magnesio (Mg) (*)	1.46/3	mg/kg	ME-LB-103, EAA - Urea
Calcio (Ca) (*)	3.73	mg/kg	ME-LB-103, EAA - Urea
Sodio (Na) (*)	3.07	mg/kg	ME-LB-103, EAA - Urea
Hierro (Fe) (*)	33.76	mg/kg	ME-LB-143, EAA - Urea
Cobre (Cu) (*)	0.19	mg/kg	ME-LB-143, EAA - Urea
Materia orgánica (N60) (*)	0.99	%	ME-LB-325, UNE-ISO-175
Carbono Orgánico	0.23	---	ME-LB-325, UNE-ISO-175
Manganeso (Mn) (*)	22.06	mg/kg	ME-LB-143, EAA - Urea
Zinc (Zn) (*)	48.10	mg/kg	ME-LB-159, EAA - Urea
Azufre (S) (*)	1.46/3	mg/kg	ME-LB-129, EAA - Urea
Cloruro (Cl) (*)	15.37/34	mg/kg	ME-LB-143, EAA - Urea
Relación C/N (*)	1.55	---	ME-LB-038, Cálculo Interno
Relación N/P (*)	0.006	---	ME-LB-038, Cálculo Interno
Relación C/P (*)	1.78	---	ME-LB-042, Cálculo Interno
Valor de Rumor (*)	1.95/25	mm/100g	ME-LB-044, Cálculo Interno
Relación Absorción de Sodio (*)	24.50	---	ME-LB-028, Cálculo Interno
Nitrógeno Total (N-T) (Método 1)	1.06	%	ME-LB-075, EAA - Urea

Nota: Resultados del análisis de laboratorio por parte de la Empresa de los parámetros del compost a evaluar junto a información complementaria para determinación de su buen estado de calidad

Elaborado por: El Autor, 2025

Anexo N° 7.

Resultados obtenidos de N, P, K y pH de compost bocashi facilitados por la Empresa Agrorum



Informe Analítico: IA-26-LB-000239-01

Lab-ID: ANA-26/0291

ZAMBRANO MURU ZUMBAY WILMER STALIN
CALLEJAS SUE, COOPERATIVA CAJALÁ PROLETARIA N°2
CALLE SOLAR T.
Guayaquil - Ecuador

Lugar de Ejecución del Ensayo:
AGROBUM S.A. (Asesoría Agroindustrial Ambiental)
Remberto (paralelogramo.com)
Barrameda Nueva Av. San Jorge Solar 205 entre Calle Pírramo
Guayaquil - Ecuador

Datos proporcionados por el Cliente			
Muestra de la muestra:	COMPOST (B)	Lugar de muestreo:	---
Descripción de la muestra:	compost 2 bocashi	Requisito de:	REQ 26/0075
Proceder:	---	Pedido de venta:	PA26-0125
Cultivo/Varietal:	---		
Fecha/Hora de muestreo:	2025-02-15 10:29		
Muestra tomada por:	Cliente	Muestreador:	---

Datos de recepción de la muestra en laboratorio			
Fecha de Recepción:	2025-02-15	Cantidad de Muestra:	-1,770 Kg
Tipo de Envase:	Bolsa Plástica	Temperatura de la recepción:	---
Fecha Inicio Análisis:	2025-02-16	Fecha de Elaboración de Informe:	---
Fecha Fin Análisis:		Fecha de finalización de informe:	2025-02-20

RESULTADOS DE ANÁLISIS			
Parámetro	Resultado	Unidad	Método de ensayo
Potencial de hidrógeno (pH en suelo °C)	9.30	---	ME-LB-008 Electrométrico
Conductividad Eléctrica (°C)	748.100	µS/cm	ME-LB-009 Electrométrico
Nitrógeno Disponible (N-NO3) (°C)	0.001	mg/kg	ME-LB-075, BUV-VIS
Fósforo (P) - Olsen (°C)	1.0615	mg/kg	ME-LB-088, AGAC, 95.50
Potasio (K) (°C)	28.800	mg/kg	ME-LB-076, EAA - Umana
Magnesio (Mg) (°C)	1.5008	mg/kg	ME-LB-105, EAA - Umana
Calcio (Ca) (°C)	6.190	mg/kg	ME-LB-101, EAA - Umana
Sodio (Na) (°C)	2.080	mg/kg	ME-LB-102, EAA - Umana
Hierro (Fe) (°C)	42.70	mg/kg	ME-LB-145, EAA - Umana
Cobre (Cu) (°C)	7.10	mg/kg	ME-LB-140, EAA - Umana
Materia orgánica (MSB) (°C)	7.91	%	ME-LB-311, UNE-ISO/TS
Carbono Orgánico*	6.58	---	ME-LB-311, UNE-ISO/TS
Manganeso (Mn) (°C)	38.10	mg/kg	ME-LB-162, EAA - Umana
Zinc (Zn) (°C)	48.00	mg/kg	ME-LB-159, EAA - Umana
Aluminio (Al) (°C)	22.028	mg/kg	ME-LB-129, BUV-VIS
Cloruro (Cl) (°C)	6.1116	mg/kg	ME-LB-141, Volumétrico
Selenio (Se) (°C)	360.00	mg/kg	ME-LB-130, BUV-VIS
Relación Ca/Mg (°C)	26.66	---	ME-LB-020, Cálculo interno
Relación Mg/P (°C)	0.094	---	ME-LB-020, Cálculo interno
Relación C/N (°C)	1.07	---	ME-LB-163, Cálculo interno
Suma de Bases (°C)	1.5673	mmol/100g	ME-LB-144, Cálculo interno
Relación Absorción de Sodio (°C)	51.84	---	ME-LB-120, Cálculo interno
Nitrógeno Total (NT), (Ntotal) (°C)	4.27	%	ME-LB-075, BUV-VIS

Nota: Resultados del análisis de laboratorio por parte de la Empresa para evaluación de datos a evaluar junto a parámetros adicional para conocimiento de estado de salud del compost

Elaborado por: El Autor, 2025

Anexo N° 8.

Encuesta realizada a pobladores de la Comuna Campo Alegre



Nota: Se realizó las encuestas con el objetivo de conocer las prácticas de disposición que se practica dentro de la comuna y si existe un área de acopio
Elaborado por: El Autor, 2025

Anexo N° 9.

Preparación de área destinada a los compostajes





Nota: Excavación y preparación de área prevista para depositar el compostaje (proceso paso a paso)

Elaborado por: El Autor, 2025

Anexo N° 10.

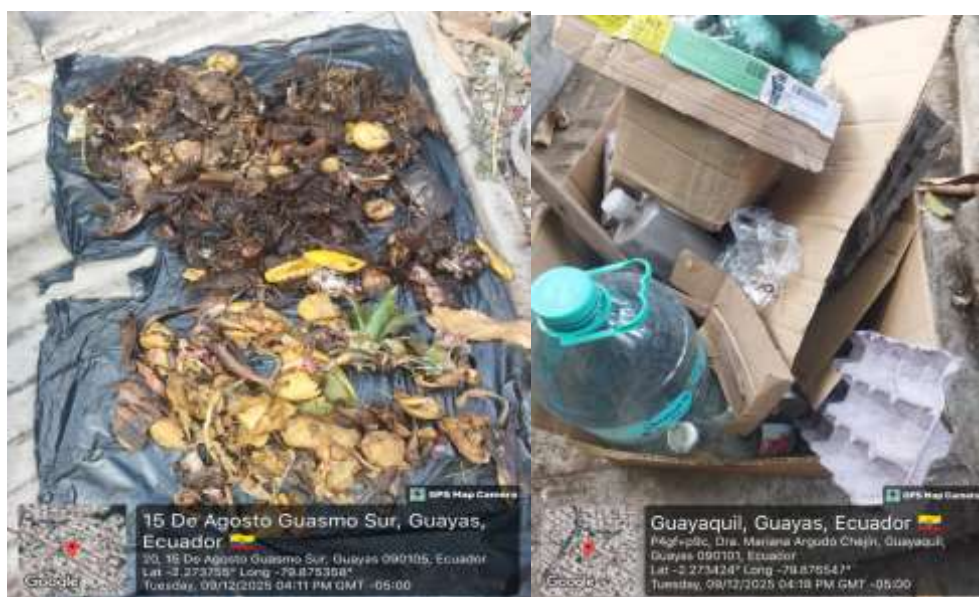
Recolección de residuos sólidos no peligrosos en la Comuna



Nota: Residuos sólidos orgánicos recolectados en la comuna Campo Alegre, listos para su traslado a Guayaquil para la clasificación y pesaje
Elaborado por: El Autor, 2025

Anexo N° 11.

Clasificación de residuos recolectados



Nota: Diagnóstico y observación de los diferentes tipos de residuos recolectados
Elaborado por: El Autor, 2025

Anexo N° 12.

Pesaje de residuos sólidos orgánicos



Nota: Pesaje de residuos orgánicos previo a realización de compostajes, siendo semanalmente su pesaje

Elaborado por: El Autor, 2025

Anexo N° 13.

Preparación de lombricompostaje en su recipiente correspondiente



Nota: Preparación paso a paso del recipiente para poder llevar a cabo el lombricompostaje

Elaborado por: El Autor, 2025

Anexo N° 14.

Preparación de compostaje bocashi en su recipiente correspondiente



Nota: Preparación de recipiente paso a paso para realización de compostaje bocashi

Elaborado por: El Autor, 2025

Anexo N° 15.

Toma de muestra de temperatura semanal de ambos compostajes



Nota: Toma de temperatura semanalmente para ambos compostajes para analizar su estado con respecto al calor

Elaborado por: El Autor, 2025

Anexo N° 16.***Proceso realizado en horno para hallar % humedad de residuo***

Nota: Deshidratación de tierra mediante calor para conocer su correcto % de humedad

Elaborado por: El Autor, 2025

Anexo N° 17.***Proceso en horno para obtención de % de consumo***

Nota: Secado mediante introducción en horno para conocer su % de consumo correcto

Elaborado por: El Autor, 2025

Anexo N° 18.***Matriz de identificación y gestión de riesgos***

Factor	Riesgo identificado	Probabilidad	Consecuencia	Nivel de riesgo	Medida preventiva
Social/ Ambiental	Mezcla de residuos no aptos con la fracción orgánica	Alta	Media	Alto	Capacitar a la comunidad y reforzar la separación adecuada de los residuos en la fuente.
Ambiental / Operacional	Exceso de humedad en los lechos	Media	Alta	Alto	Monitorear periódicamente la humedad y garantizar un sistema adecuado de drenaje.
Ambiental / Operacional	Déficit de humedad	Media	Media	Medio	Monitorear periódicamente la humedad y realizar la humectación cuando sea necesario.
Ambiental / Operacional	Generación de malos olores	Media	Alta	Alto	Controlar la humedad, mantener una adecuada aireación y verificar la composición de los residuos.
Ambiental / Operacional	Presencia de vectores	Media	Alta	Alto	Mantener los lechos cubiertos y asegurar el manejo adecuado de los residuos orgánicos.

Ambiental / Operacional	Incremento o disminución inadecuada de temperatura	Media	Media	Medio	Monitorear periódicamente la temperatura y aplicar medidas de control cuando se presenten valores inadecuados.
Operacional / Ambiental	Daño de los lechos	Baja	Alta	Medio	Realizar inspecciones periódicas y efectuar el mantenimiento o reparación de los lechos cuando sea necesario.
Operacional / Ambiental	Daño de la cubierta	Baja	Alta	Medio	Inspeccionar periódicamente la cubierta y realizar el mantenimiento o reemplazo de los elementos deteriorados.
Ambiental / Operacional	Derrame o dispersión de residuos	Media	Media	Medio	Utilizar recipientes adecuados y realizar el transporte y manipulación de los residuos de manera segura.
Ambiental / Operacional	Manejo inadecuado de lixiviados	Media	Alta	Alto	Implementar un sistema de drenaje, recolección y manejo adecuado de los lixiviados.

Operacional / Social	Interrupción de la recolección	Media	Media	Medio	Establecer un cronograma de recolección y comunicar previamente las rutas y horarios a la comunidad.
Operacional / Social	Accidentes durante la manipulación	Baja	Alta	Medio	Utilizar equipos de protección personal y capacitar al personal sobre procedimientos seguros de manipulación.
Ambiental / Operacional	Inundación	Baja	Alta	Medio	Garantizar una ubicación adecuada del área, implementar sistemas de drenaje y mantener protegidos los lechos.
Ambiental / Operacional	Incendio	Baja	Alta	Medio	Prohibir la quema de residuos, controlar las fuentes de ignición y mantener medidas básicas de prevención de incendios.
Social	Baja participación comunitaria	Media	Alta	Alto	Fortalecer la capacitación, sensibilización y seguimiento de la participación de la comunidad.

Nota: Identificación oportuna de riesgos para una respuesta rápida y efectiva
Elaborado por: El Autor, 2025

Anexo N° 19.**Plan integral de desechos orgánicos**

Fase	Etapas	Actividad	Cantidad	Costo unitario	Costo total	Tiempo	Requerimiento	Responsable
1. Preparación y sensibilización	1. Planificación	Escoger y autorizar el terreno comunitario destinado al lombricompostaje	1	\$0,00	\$0,00	Mes 1	Terreno aproximado de 100 m ² , alejado de hogares, fuentes de agua y áreas inundables	Directiva comunal y comité de gestión ambiental
2. Educación ambiental	2. Capacitación y sensibilización	Realizar talleres de concientización ambiental	12	\$40,00	\$480,00	Meses 1–12	Recursos informativos, registro de asistentes y espacio comunitario	Directiva comunal y comité de gestión ambiental
3. Acondicionamiento	3. Adecuación del área	Adquirir malla galvanizada para delimitar el lugar de lombricompostaje	2 rollos	\$131,74	\$263,48	Mes 2	Malla galvanizada de 2 × 20 m	Directiva comunal
		Adquirir puerta peatonal metálica más mano de obra	10	\$139,99	\$1.399,90	Mes 2	Puerta metálica de 1 × 2 m, marco, postes y sistema de cierre	Directiva comunal y operadores

		Instalar cubierta de policarbonato	5 planchas	\$61,58	\$307,90	Mes 2	Planchas de 2,10 × 2,95 m y estructura de soporte	Directiva comunal
		Adquirir tubos galvanizados cuadrados de 50 × 50 × 2 mm	5	\$27,13	\$135,65	Mes 2	Tubos de 6 m para estructuras, cubierta y soportes	Directiva comunal
		Construir los cuatro lechos de lombricompostaje con materiales de la comuna	4	\$0,00	\$0,00	Mes 2	Madera o tablas facilitadas por la comuna; lechos de 2,5 × 2,5 m	Operadores de aprovechamiento
4. Organización operativa	4. Separación en la fuente	Entregar tachos para residuos orgánicos a las 432 familias	432	\$5,90	\$2.548,80	Mes 2	Tachos plásticos reutilizables, color verde, capacidad aproximada de 25 L	Directiva comunal
	5. Preparación operativa	Adquirir recipientes comunitarios para almacenamiento temporal de residuos reciclables y no aprovechables	6	\$120,00	\$720,00	Mes 2	Recipientes cerrados y lavables de 121 L	Directiva comunal
		Adquirir carretillas galvanizadas de 80 L	2	\$102,20	\$204,40	Mes 2	Carretillas resistentes para	Operadores de limpieza

							transporte interno de materiales	
		Adquirir recursos para clasificación, carga y limpieza	2 juegos	\$50,43	\$100,86	Mes 2	Palas, rastrillos, regaderas, trinchas y escobas	Operadores
		Adquirir una balanza de 500 kg	1	\$571,55	\$571,55	Mes 2	Balanza digital con certificado emitido por el SAE	Comité de Gestión Ambiental
		Personal operativo	3	\$144,60	\$4.338,00	Meses 3–12	Jornada referencial de 12 horas semanales por operador, distribuidas en tres jornadas de cuatro horas, durante 10 meses	Directiva comunal
		Brindar equipos de protección personal a los operadores	6 juegos	\$20,62	\$123,72	Mes 2	Guantes, mascarillas, botas y ropa de trabajo	Directiva comunal
5. Recolección y transporte	6. Recolección	Realizar la recolección de residuos orgánicos mediante una camioneta, los martes y jueves, con dos recorridos por día	173 recorridos	Por determinar	Por determinar	Meses 3–12	Transporte comunitario, registro de rutas y combustible	Operadores de limpieza

6. Procesamiento y tratamiento	7. Recepción y pesaje	Recibir, pesar y registrar los residuos orgánicos recolectados	—	—	—	Meses 3–12	Balanza, registros y área de recepción	Comité de Gestión Ambiental
	8. Tratamiento	Adquirir lombrices rojas californianas con sustrato activo	20 L	\$10,00	\$200,00	Mes 3	Lombrices vivas, recipientes para traslado y sustrato	Operadores de aprovechamiento
		Incorporar los residuos orgánicos en los lechos de lombricompostaje	—	—	\$0,00	Meses 3–12	Cuatro lechos acondicionados y lombrices rojas californianas	Operadores de aprovechamiento
7. Monitoreo	9. Control del proceso	Adquirir instrumentos y recursos para controlar el proceso	1 conjunto	\$140,00	\$140,00	Mes 2 y durante los ciclos	Medidor de Suelo Portátil Digital 6 en 1 y fichas de registro	Comité de Gestión Ambiental
		Lona para lixiviado	4	\$21,51	\$86,04	Mes 2	3 x 3 m	Comité de Gestión Ambiental
		Bandeja blanca con tapa para almacenamiento de lixiviado	4	\$10,00	\$40,00	Mes 2	Medidas 46x35x12cm	Comité de Gestión Ambiental

8. Control y aprovechamiento	10. Aprovechamiento	Almacenar y distribuir el compost producido	1 conjunto	\$70,00	\$70,00	Desde el mes 4	Sacos de polipropileno, recursos de limpieza y registros de entrega	Comité de Gestión Ambiental
	11. Reciclaje	Entregar los materiales recuperables a recicladores o gestores autorizados	10 entregas	\$0,00	\$0,00	Meses 3-12	Materiales clasificados, secos y limpios	Directiva comunal
	12. Disposición final	Trasladar los residuos no aprovechables hacia un lugar autorizado	10 traslados	Por determinar	Por determinar	Meses 3-12	Transporte y coordinación con el GAD Municipal de Guayaquil	Directiva comunal y GAD
9. Seguimiento y previsión	13. Evaluación y mantenimiento	Examinar los indicadores y realizar mantenimiento de equipos e instalaciones	12 meses	\$20,00	\$240,00	Meses 1-12	Actas, fichas, reparaciones menores y recursos de mantenimiento	Comité de Gestión Ambiental
		SUBTOTAL			\$11.970,30			
	14. Contingencia	Cubrir variaciones de precios y gastos no previstos	1	—	\$598,52	Meses 1-12	Fondo equivalente al 5 % del subtotal	Directiva comunal
		SUBTOTAL + 14			\$12.568,82			

Nota: Elaboración de plan integral de desechos sólidos no peligrosos para uso de la Comunidad
Elaborado por: El Autor, 2025

Anexo N° 20.***Frecuencia y días propuestos para el manejo de residuos orgánicos***

Actividad	Frecuencia	Día propuesto
Recolección de residuos orgánicos	2 veces/semana	Martes y jueves
Recepción y pesaje	2 veces/semana	Martes y jueves
Clasificación	2 veces/semana	Martes y jueves
Acondicionamiento de residuos	2 veces/semana	Martes y jueves
Alimentación de los lechos	Según generación y consumo observado	Martes, jueves o sábado
Control de temperatura	2 veces/semana	Martes y sábado
Control de humedad	2 veces/semana	Martes y sábado
Control de lixiviados	2 veces/semana	Martes y sábado
Revisión del estado de las lombrices	1 vez/semana	Sábado
Control de pH	1 vez/semana	Sábado
Mantenimiento de los lechos	1 vez/semana	Sábado
Limpieza del área	1 vez/semana	Sábado

Nota: Actividades que se realizarán semanalmente en los días establecidos

Elaborado por: El Autor, 2025

Anexo N° 21.***Metas e indicadores del Plan Integral***

Indicador	Unidad de medida	Frecuencia de seguimiento	Responsable	Meta
Hogares participantes en el sistema de separación	Número de hogares / %	Mensual	Comité de Gestión Ambiental	Incrementar progresivamente la participación de los hogares durante los 12 meses de implementación
Residuos orgánicos recolectados	kg	Semanal	Operadores de recolección	Registrar el 100 % de los residuos orgánicos recolectados en cada jornada
Residuos orgánicos destinados al lombricompostaje	kg	Semanal	Responsable del lombricompostaje	Destinar al tratamiento la fracción orgánica que cumpla con las condiciones establecidas
Residuos orgánicos aprovechados	%	Por ciclo de tratamiento	Responsable del lombricompostaje	Registrar el porcentaje de aprovechamiento obtenido en cada ciclo
Humus de lombriz producido	kg	Por ciclo de tratamiento	Responsable del lombricompostaje	Registrar el 100 % del humus producido en cada ciclo
Temperatura de los lechos	°C	Semanal	Responsable del lombricompostaje	Mantener condiciones adecuadas para el desarrollo de las lombrices y registrar las variaciones observadas
Humedad de los lechos	%	Semanal	Responsable del lombricompostaje	Mantener niveles adecuados de humedad y aplicar medidas correctivas cuando sea necesario
pH del material en tratamiento	Valor de pH	Por ciclo de tratamiento	Responsable del lombricompostaje	Medir y registrar el pH de cada ciclo antes de determinar su utilización

Presencia de vectores	Número de eventos registrados	Semanal	Operadores / Comité de Gestión Ambiental	Mantener control de vectores y registrar el 100 % de los eventos identificados
Estado de los lechos de lombricompostaje	Bueno / Regular / Malo	Mensual	Responsable del lombricompostaje	Mantener los cuatro lechos en condiciones operativas
Estado de la cubierta del área de tratamiento	Bueno / Regular / Malo	Mensual	Directiva comunal	Mantener la cubierta en condiciones adecuadas para proteger el proceso
Jornadas de recolección realizadas	Número de jornadas	Semanal	Operadores de recolección	Cumplir las jornadas de recolección establecidas en el Plan
Capacitaciones realizadas	Número de capacitaciones	Mensual	Promotores ambientales	Realizar un taller mensual durante los tres primeros meses y actividades de refuerzo según las necesidades identificadas
Participación comunitaria en las capacitaciones	Número / % de participantes	Mensual	Comité de Gestión Ambiental	Incrementar progresivamente la participación de la comunidad
Residuos reciclables recuperados	kg	Mensual	Comité de Gestión Ambiental	Registrar la cantidad total de materiales reciclables recuperados
Residuos reciclables entregados a gestores o recicladores	kg	Mensual	Directiva comunal	Registrar el 100 % de los materiales reciclables entregados
Residuos no aprovechables recolectados	kg	Mensual	Operadores / Directiva comunal	Registrar la cantidad total de residuos no aprovechables generados
Residuos no aprovechables trasladados a disposición autorizada	kg	Mensual	Directiva comunal	Gestionar y registrar el 100 % de los residuos no aprovechables recolectados

Incidentes durante la operación	Número de incidentes	Mensual	Comité de Gestión Ambiental	Registrar el 100 % de las incidencias y aplicar las medidas correctivas correspondientes
Cumplimiento de las actividades del Plan	% de actividades ejecutadas	Trimestral	Comité de Gestión Ambiental	Evaluar el cumplimiento de las actividades programadas y aplicar medidas correctivas cuando corresponda

Nota: Evaluación de metas e indicadores para conocer el nivel de cumplimiento del Plan Integral

Elaborado por: El Autor, 2025

Etapas	Actividad	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
10. Monitoreo y control del proceso	Adquirir instrumentos y recursos para controlar el proceso		X										
	Adquirir lonas para la recolección de lixiviados		X										
	Adquirir bandejas con tapa para almacenamiento de lixiviados		X										
	Monitorear temperatura, humedad y pH del lombricompostaje			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Controlar y manejar los lixiviados generados durante el proceso			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
11. Aprovechamiento	Almacenar y distribuir el compost producido				X	X	X	X	X	X	X	X	X
12. Reciclaje	Entregar los materiales recuperables a recicladores o gestores autorizados			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
13. Disposición final	Trasladar los residuos no aprovechables hacia un lugar autorizado			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
14. Evaluación y mantenimiento	Examinar los indicadores y realizar mantenimiento de equipos e instalaciones	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
15. Contingencia	Cubrir variaciones de precios y gastos no previstos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Nota: Actividades destinadas a realizarse en los 12 meses del plan

Elaborado por: El Autor, 2025

APÉNDICES

Apéndice 1
Datos adicionales de análisis de parámetros por Agrorum



U B-D	Investigación Especialista
U B-E	Centro Máximo Permitido
U C	Centro de Cuantificación
N D	No detectado
N A	No analizado
(*)	Parámetros NO INCLUIDOS en el planear de acreditación NTE NTE-ISO-IEC 17025 por el NAE
(*)	Parámetros ACREDITADOS suministrados por un laboratorio externo
(*)	Parámetros NO ACREDITADOS suministrados por un laboratorio externo de competencia evaluada por AGRORUM
(*)	Los parámetros Microbiológicos que contengan resultados reportados negativos al límite de cuantificación se considerarán como NEGATIVOS.

TERMINOS Y CONDICIONES:

La responsabilidad por el material que se recibe, o muestra que fue recibida por AGRORUM S.A.

Los resultados de este Informe Analítico se refieren únicamente a la muestra tal como fue recibida y sometida a ensayo, y aplican únicamente a la muestra evaluada por el momento del análisis, y no están contemplados a otros usos, condiciones o períodos de la muestra, válidos o no.

AGROFARM S.A. no se hace responsable por los datos presentados por el cliente.

La información completa relativa a los ensayos, así como a los resultados cuando el cliente lo solicita.

Propósito de la publicación o reproducción total o parcial sin autorización del laboratorio.

AGROFARM S.A. garantiza absoluta confidencialidad y transparencia, comprometiéndose a guardar reserva respecto a los datos e información que sobre los ensayos haya obtenido confidencialmente, así como los informes de resultados que haya en cualquier momento a la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales.

Alexandra Espinoza O.
REPRESENTANTE SAC
30/01/2025
FIN DEL INFORME ANALITICO



NOVENUMERACIÓN	
U B-D	Investigación Especialista
U B-E	Centro Máximo Permitido
U C	Centro de Cuantificación
N D	No detectado
N A	No analizado
(*)	Parámetros NO INCLUIDOS en el planear de acreditación NTE NTE-ISO-IEC 17025 por el NAE
(*)	Parámetros ACREDITADOS suministrados por un laboratorio externo
(*)	Parámetros NO ACREDITADOS suministrados por un laboratorio externo de competencia evaluada por AGRORUM
(*)	Los parámetros Microbiológicos que contengan resultados reportados negativos al límite de cuantificación se considerarán como NEGATIVOS.

TERMINOS Y CONDICIONES:

La responsabilidad por el material que se recibe, o muestra que fue recibida por AGRORUM S.A.

Los resultados de este Informe Analítico se refieren únicamente a la muestra tal como fue recibida y sometida a ensayo, y aplican únicamente a la muestra evaluada por el momento del análisis, y no están contemplados a otros usos, condiciones o períodos de la muestra, válidos o no.

AGROFARM S.A. no se hace responsable por los datos presentados por el cliente.

La información completa relativa a los ensayos, así como a los resultados cuando el cliente lo solicita.

Propósito de la publicación o reproducción total o parcial sin autorización del laboratorio.

AGROFARM S.A. garantiza absoluta confidencialidad y transparencia, comprometiéndose a guardar reserva respecto a los datos e información que sobre los ensayos haya obtenido confidencialmente, así como los informes de resultados que haya en cualquier momento a la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales.

Alexandra Espinoza O.
REPRESENTANTE SAC
30/01/2025
FIN DEL INFORME ANALITICO

Nota: Datos de significado de nombre de ensayo realizados para los compostajes y firma de responsable de Empresa
Elaborado por: El Autor, 2025