

**UNIVERSIDAD MAYOR REAL Y PONTIFICIA DE SAN
FRANCISCO XAVIER DE CHUQUISACA**

VICERRECTORADO

**CENTRO DE ESTUDIOS DE POSGRADO E
INVESTIGACION**



**ELABORACION DEL PLAN ESTRATEGICO PARA LA
IMPLEMENTACION DE LA GESTION INTEGRAL DE RESIDUOS
ORGANICOS EN EL MUNICIPIO DE MAIRANA**

**TRABAJO EN OPCION AL GRADO DE MAGISTER EN GESTIÓN
INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS Y AGUAS RESIDUALES**

ROSA SILVIA GUIZADA VARGAS

SUCRE, MAYO DE 2024

**UNIVERSIDAD MAYOR REAL Y PONTIFICIA DE SAN
FRANCISCO XAVIER DE CHUQUISACA**

VICERRECTORADO

**CENTRO DE ESTUDIOS DE POSGRADO E
INVESTIGACION**



**ELABORACION DEL PLAN ESTRATEGICO PARA LA
IMPLEMENTACION DE LA GESTION INTEGRAL DE RESIDUOS
ORGANICOS EN EL MUNICIPIO DE MAIRANA**

**TRABAJO EN OPCION AL GRADO DE MAGISTER EN GESTIÓN
INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS Y AGUAS RESIDUALES**

ROSA SILVIA GUIZADA VARGAS

M.Sc. ALFREDO JOSÉ SALINAS ARCIENEGA

SUCRE, MAYO DE 2024

CESIÓN DE DERECHOS

Al presentar este trabajo como requisito previo para la obtención del título en Magister en Gestión Integral de Residuos Sólidos y Aguas Residuales de la Universidad Mayor Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, autorizo al centro de estudios de posgrado e investigación o a la Biblioteca de la Universidad, para que se haga de este trabajo un documento disponible para su lectura, según normas de la Universidad.

También cedo a la Universidad Mayor Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, los derechos de publicación de este trabajo o parte de él, manteniendo mis derechos de autor hasta un periodo de 30 meses posterior a su aprobación.

Rosa Guizada

Sucre, Mayo 2024

Dedicatoria

A mi querida familia

Hoy culmina un capítulo significativo en mi vida, marcado por esfuerzo, perseverancia y aprendizaje constante. Al llegar al final de esta maestría, quiero dedicar este logro a cada uno de ustedes, quienes han sido mi fuente inagotable de inspiración, energía y apoyo.

A mis adorados hijos, quienes han sido testigos de noches largas de estudio y momentos de ausencia, les dedico este logro con todo mi amor. Cada sacrificio ha sido con la visión de construir un futuro mejor para ustedes, y cada paso que he dado en este camino ha sido pensando en su bienestar y desarrollo. Espero que este ejemplo les inspire a perseguir sus propios sueños con valentía, disciplina y dedicación.

Alex, compañero de vida y confidente, tu paciencia y aliento ha sido mi roca en este viaje. Tu apoyo incondicional ha sido la luz que me guio en los momentos más oscuros. Este logro también es tuyo; gracias por ser mi motivación constante y mi mayor cómplice en cada etapa.

A mi mamá, Magaly y mi papá José, quienes me inculcaron la importancia de la educación y el valor del esfuerzo, les dedico este logro con profundo agradecimiento desde lo más sublime de mi corazón. Su sacrificio y dedicación a mi crecimiento han sido la base de mi fortaleza. Este título es también un reconocimiento a su legado y enseñanzas.

Esta maestría no solo representa un logro académico, sino también un triunfo a la fuerza del amor, la unidad y el apoyo mutuo.

Con gratitud y amor eterno

Rosy

Agradecimientos

Querida universidad

En este momento de gratitud y reflexión, quiero expresar mi profundo agradecimiento por haberme brindado la oportunidad de ser parte de esta maestría como becada. El compromiso, dedicación y visión de cada docente y colega han sido fundamentales en mi camino académico, y no puedo más que sentirme afortunada y agradecida por haber sido seleccionada para esta experiencia única.

A los estimados docentes, su conocimiento y pasión por la enseñanza han sido una fuente constante de inspiración y aprendizaje. Cada clase fue una oportunidad para aprender y crecer, su orientación ha sido clave en mi desarrollo académico y profesional. Gracias por su dedicación, por desafiarme a superar mis límites y por compartir su sabiduría de manera tan generosa.

A la ingeniera Rosario, su labor incansable y su paciencia durante el proceso de la maestría no tienen precio. Al Magister Alfredo, sus consejos y apoyo durante la elaboración de la tesis fueron de gran aporte. También agradecer a: Ramon Plana, Félix Schmidt, Gonzalo Mondaca, Denis García y Fredy Espejo quienes aportaron con su conocimiento y experiencias desinteresadamente en la elaboración de la tesis de estudios, agradezco sinceramente todo el apoyo brindado.

Con profundo aprecio y agradecimiento

Rosa Guizada

INDICE GENERAL

INTRODUCCION	10
Antecedentes	10
Situación Problemática	12
Formulación del Problema	14
Objeto de estudio	14
Campo de acción	14
Hipótesis	14
Objetivos	15
Objetivo General	15
Objetivos Específicos	15
Aporte teórico	15
Significación práctica	17
Actualidad	17
Pertinencia social	17
Diseño metodológico	18
Identificación de variables	18
CAPITULO I	21
1.1. Marco teórico y conceptual	21
1.1.1. Economía circular	21
1.1.2. Economía de los nutrientes	24
1.1.3. Suelos	24
1.1.4. Residuos orgánicos	25
1.1.5. Compostaje	25
1.1.6. Vermicompost	29
1.2. Marco contextual	31
1.2.1. Municipio de Mairana	32
1.2.2. Planta de compostaje	36
1.2.3. Legislación	37
CAPITULO II DIAGNOSTICO	39
2.1. Situación actual de la gestión de residuos en el Mairana	40
2.2. Método FODA	43
2.3. Método DELPHI	47

2.3.1. Bibliografía de los expertos	48
2.3.2. Análisis DELPHI.....	51
CAPITULO III PROPUESTA.....	70
3.1. Propuesta del plan de gestión integral de residuos orgánicos	70
3.1.1. Alcances	70
3.1.2. Objetivo General	71
3.1.3. Objetivos Específicos	71
3.1.4. Estrategia de implementación.....	73
3.1.5. Conclusiones y recomendaciones	78
Conclusiones	80
Recomendaciones	81
BIBLIOGRAFIA	83

Índice de tablas

Tabla 1: Desarrollo del plan de investigación del presente estudio	16
Tabla 2: Parámetros de control para el proceso de compostaje	26
Tabla 3: Presupuesto ejecutado de la gestión 2016 a la 2023 en GIRS	35
Tabla 4: Resumen revisión bibliográfica	40
Tabla 5: Fragmento de la entrevista a los funcionarios del GAMM	43
Tabla 6: Análisis FODA	45
Tabla 7: Presentación de las estrategias FODA	46
Tabla 8: Cuestionario DELPHI	51
Tabla 9: Tabla de Frecuencias	52
Tabla 10: Tabla de Frecuencias	53
Tabla 11: Tabla de Frecuencias	54
Tabla 12: Tabla de Frecuencias	55
Tabla 13: Tabla de Frecuencias	56
Tabla 14: Tabla de Frecuencias	57
Tabla 15: Tabla de Frecuencias	58
Tabla 16: Segundo cuestionario DELPHI	60
Tabla 17: Tabla de Frecuencias	60
Tabla 18: Tabla de Frecuencias	62
Tabla 19: Tabla de Frecuencias	63
Tabla 20: Tabla de Frecuencias	63
Tabla 21: Tabla de Frecuencias	64
Tabla 22: Tabla de Frecuencias	65
Tabla 23: Tabla de Frecuencias	67
Tabla 24: Tabla de Frecuencias	67
Tabla 25: Desarrollo de los objetivos específicos	71
Tabla 26: Estrategias para el área institucional	73
Tabla 27: Estrategias para el área Gestión operativa	75
Tabla 28: Estrategias para el área de participación ciudadana	75
Tabla 29: Análisis de costos por fase de implementación	77
Tabla 30: Resumen de Costos Operativos	77

Índice de figuras

Figura 1: Análisis FODA	19
Figura 2: Metodología DELPHI	20
Figura 3: Principios de la economía circular.	21
Figura 4: Ciclos biológicos y técnicos - Diagrama de la mariposa	22
Figura 5: Sucesión microbiana y ambiental durante el compostaje	27
Figura 6: Ciclo de vida de la Lombriz	29
Figura 7: Vermicompostera en agricultura periurbana	30
Figura 8: Ubicación geográfica	32
Figura 9: Área de Estudio	34
Figura 10: Composición de los residuos del área urbana de Mairana	34
Figura 11: Plano general de la planta de compostaje	36
Figura 12: Estrategias FODA	52
Figura 13: Frecuencia de recolección de residuos orgánicos	53
Figura 14: Incorporación de materiales para reducir la frecuencia de recolección	54
Figura 15: Tratamiento de residuos orgánicos	55
Figura 16: Material estructurante para el compostaje	56
Figura 17: Proporción de mezcla para el compostaje por pilas	57
Figura 18: Precompostado para el tratamiento con lombrices	58
Figura 19: Recolección y transporte de residuos orgánicos	61
Figura 20: Factores de efectividad y sostenibilidad	62
Figura 21: Cambio de hábito y participación ciudadana	63
Figura 22: Incentivos para la recolección diferenciada	64
Figura 23: Desafíos en la GIRS	65
Figura 24: Estrategia gradual	66
Figura 25: Ventajas para el municipio de Mairana	67
Figura 26: Riesgos en la transición a la gestión diferenciada	68
Figura 27: Estructura de planificación sectorial	70
Figura 28: Estrategia para la gestión integral de residuos orgánicos	78

Índice de anexos

Anexo 1: Cuestionario FODA	86
Anexo 2: Respuestas FODA	87
Anexo 3: Cuestionario DELPHI 1	88
Anexo 4: Respuestas DELPHI 1	90
Anexo 5: Segundo cuestionario DELPHI	95
Anexo 6: Respuestas segunda roda DELPHI	96

RESUMEN

América Latina y el Caribe generan 524,000 toneladas diarias de residuos sólidos urbanos, de las cuales el 90% no se aprovechan y más del 50% son orgánicos. El paradigma de una economía circular propone diseñar un sistema que vincule los ciclos urbanos y rurales mediante la recuperación o regeneración de los ecosistemas desde los cuales se extraen los recursos consumidos. El presente estudio plantea un cambio sistémico hacia la economía circular, en específico abordar la economía de los nutrientes, optimizando el uso de nutrientes y transformando estos residuos en recursos valiosos. Este enfoque transforma los residuos en materia prima, permitiendo que las plantas de tratamiento de residuos orgánicos se conviertan en productoras de nutrientes.

En Mairana, la gestión de residuos sigue un modelo lineal, lo que ha provocado la pérdida de nutrientes del suelo. Aunque más del 50% de los residuos generados son orgánicos, estos se depositan en un botadero a cielo abierto, sin un tratamiento adecuado. Actualmente se encuentra en construcción la planta de compostaje del municipio, diseñada para procesar 12 toneladas diarias de materia orgánica, es un avance hacia un sistema más sostenible y eficiente. Esta instalación busca devolver los nutrientes al suelo y mitigar los impactos ambientales negativos.

La transición a un sistema de gestión diferenciada en Mairana enfrenta desafíos, como la falta de personal técnico capacitado y la necesidad de incentivar la participación ciudadana. El uso de los métodos FODA con el personal del GAMM y DELPHI, con la colaboración de expertos nacionales e internacionales, permitirá desarrollar un plan de gestión integral de residuos orgánicos. Este plan, alineado con la economía circular, integrará la participación ciudadana, el fortalecimiento institucional y una gestión operativa eficiente, promoviendo una transición a la gestión de residuos sólidos responsable y sostenible para el municipio de Mairana.

Palabras clave: economía circular, gestión de residuos orgánicos, valorización

ABSTRACT

Latin America and the Caribbean generate 524,000 tons of urban solid waste daily, 90% of this is not recycled, and more than 50% is organic waste. The circular economy proposes designing a system that links urban and rural cycles through the recovery or regeneration of the ecosystems from which consumed resources are extracted. This study suggests a systemic shift toward the circular economy, specifically addressing the economy of nutrients by optimizing nutrient use and transforming this waste into valuable resources. This approach turns waste into nutrients, enabling organic waste treatment plants to become nutrient producers.

In Mairana, waste management follows a linear model, which has led to the loss of soil nutrients. Although more than 50% of the waste generated is organic, it is deposited in an open-air landfill without proper treatment. Currently, the municipality's composting plant is under construction, designed to process 12 tons of organic waste daily, marking a step toward a more sustainable and efficient system. This plant aims to return nutrients to the soil and mitigate negative environmental impacts.

The transition to a differentiated waste management system in Mairana faces different challenges, such as the lack of technical skilled personnel and the need to encourage citizen participation. The use of SWOT analysis with GAMM staff and the DELPHI method, with the collaboration of national and international experts, will help develop a comprehensive organic waste management plan. This plan, aligned with the circular economy, will integrate citizen participation, institutional strengthening, and efficient operational management, promoting a responsible and sustainable transition to solid waste management for the municipality of Mairana.

Keywords: circular economy, organic waste management, recovery

INTRODUCCION

Antecedentes

El crecimiento de la población, junto con la urbanización acelerada, ha dado lugar a un aumento significativo en la generación de residuos sólidos en todo el mundo. Este fenómeno se ve impulsado por la migración hacia áreas urbanas en busca de oportunidades económicas, lo que conlleva un incremento en la demanda de bienes y servicios. A su vez, los cambios en los patrones de consumo, impulsados por la globalización y el desarrollo económico, han exacerbado esta situación al aumentar la demanda de productos de consumo y envases, lo que ha contribuido a una producción masiva de residuos (Banco Interamericano de Desarrollo BID, 2023).

América Latina abarca una amplia gama de contextos geográficos, socioeconómicos y culturales, desde grandes metrópolis hasta áreas rurales remotas. Esta diversidad de contextos influye en la forma en que se gestionan los residuos. Esta realidad ha trazado grandes desafíos en la gestión de residuos, la infraestructura y la logística necesarias para la gestión, el aprovechamiento y la disposición final de los residuos. Por el contexto que se desarrolla en los diferentes países de Latinoamérica la gestión de residuos no crece a la misma velocidad que su generación. Según los datos del Banco Mundial, Latinoamérica es la región que menos recicla del mundo, en total, solo un 4,5% de su basura (Banco Mundial, 2018). La acumulación de residuos en vertederos a cielo abierto, ríos y océanos está generando problemas ambientales y de salud pública, subrayando la necesidad urgente de mejorar los sistemas de gestión de residuos. (BID, 2023).

A pesar de los desafíos, América Latina también ha visto un crecimiento en la actividad de reciclaje y recuperación de residuos. Donde recolectores y recicladores informales trabajan en la recuperación de materiales reciclables. Esta economía informal del reciclaje desempeña un papel importante en la gestión de residuos en muchos países de la región. Sin embargo, los residuos orgánicos no han tenido la misma evolución, mismos que por sus características generan mayores retos. El tratamiento inadecuado de los residuos orgánicos es un problema social y de salud pública, la contaminación del ambiente por estos desechos afecta el aire, el suelo y el agua, ya que produce: malos olores, proliferación de vectores portadores de enfermedades y lixiviados que contaminan las fuentes hídricas. Se alerta que, si no se toman medidas urgentes, para el año 2050, los desechos en el planeta aumentarán en un 70% (Banco Mundial, 2018). La causa es el crecimiento poblacional y la rápida urbanización, como consecuencia la generación de desechos a nivel mundial aumentará hasta alcanzar la cifra de 3400 millones de toneladas/día. La generación promedio de residuos varía sustancialmente de un país a otro, de 0,11 kilogramos per cápita por día a 4,54 kilogramos per cápita por día, siendo los países más desarrollados los mayores productores de residuos (Comisión Económica para América Latina y el Caribe CEPAL, 2021). Al respecto, Kaza reportan que, en promedio, más del 50% del total de los residuos per cápita generados en América Latina son de origen orgánico y provienen de los alimentos, la poda

y jardín. No obstante, el porcentaje por país es muy variable y en algunos países llega hasta un 70% (Kasa et al, 2018).

En nuestro país la situación en la gestión de residuos sólidos sigue los mismos patrones, sin embargo, se ha desarrollado una evolución positiva en la gestión de residuos sólidos en Bolivia en las últimas décadas. No obstante, aún queda un largo camino por recorrer para cerrar la brecha de cobertura del servicio de recolección de residuos sólidos, incrementar la circularidad y la valorización de los residuos, y asegurar la disposición adecuada de los residuos que no puedan ser valorizados. Esta situación tiene un avance aún más pausado en el área rural, la falta de tratamiento adecuado de los residuos orgánicos y la presencia de vertederos mal gestionados son especialmente preocupantes en términos de impactos ambientales (Ministerio de Medio Ambiente y Agua MMAyA, 2012)

De acuerdo con lo establecido en la Ley 755 de Gestión Integral de Residuos, promulgada en octubre de 2015 y su reglamentación promulgada por Decreto Supremo N°2954 en octubre de 2016 responsabiliza a las empresas, instituciones públicas y privadas a hacerse cargo de los residuos que generan para reducir los posibles riesgos a la salud, mitigar el impacto ambiental, así como asumir los costos por su correcto tratamiento y disposición. Actualmente son muy pocos los municipios que le dan el tratamiento adecuado a estos residuos, por el incremento de los costos de operación y mantenimiento y por factores de educación tanto en la población como del personal encargado de la gestión de residuos sólidos.

En el municipio de Mairana la situación en cuanto a la gestión de residuos sólidos atraviesa por grandes desafíos, no se tiene el personal capacitado, ni la logística para realizar la recuperación y aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos. Sin embargo, el municipio de Mairana tiene grandes ventajas, ya que más del 50% corresponden a residuos orgánicos y actualmente se cuenta con una infraestructura en proceso de construcción. La inadecuada gestión de estos residuos genera grandes problemas por la generación de lixiviados, la permanencia de animales en los botaderos, generación de gases de efecto invernadero, entre otros (Desarrollo Integral para la Familia Rural DIFAR, 2022). Por el contrario, la gestión adecuada de los residuos orgánicos conlleva una serie de beneficios tanto para el medio ambiente como para la sociedad en general. El compostaje, que es una técnica fácil y económica, comúnmente utilizada en la gestión de residuos orgánicos, ofrece numerosas bondades. El compostaje reduce la cantidad de residuos enviados a los vertederos, lo que a su vez disminuye la emisión de gases de efecto invernadero como el metano, contribuyendo así a la mitigación del cambio climático. Además, el compostaje produce un valioso fertilizante orgánico que puede ser utilizado para mejorar la calidad del suelo y aumentar la productividad agrícola. Este compost, rico en nutrientes, mejora la estructura del suelo, aumenta su capacidad de retención de agua y promueve el crecimiento de plantas sanas y resistentes a enfermedades (MMAyA, 2013). Además, el compostaje ayuda a cerrar el ciclo de nutrientes, permitiendo que los nutrientes presentes en los residuos orgánicos vuelvan al suelo en forma de abono, en lugar de ser desperdiciados en vertederos. Esto promueve la sostenibilidad de los sistemas agrícolas y reduce la dependencia de fertilizantes químicos (Gonzalez, 2021). En el municipio de Mairana la matriz económica es la producción

agrícola, por lo que la buena gestión de residuos sólidos orgánicos estaría promoviendo la sostenibilidad ambiental, desarrollo económico y la seguridad alimentaria, por lo cual el presente estudio se enfoca en la gestión integral de los residuos orgánicos.

Por estas razones es importante realizar acciones que permitan superar el desafío de recolección, transporte y tratamiento de los residuos de manera sistematizada. En primer lugar, es conveniente un estudio que permita conocer el contexto, identificar el perfil socio cultural de la población y la caracterización de los residuos, en cuanto al tipo y cantidad generada en los hogares y en las actividades económicas. Esta información es importante para conocer las necesidades que debe atender la planta de tratamiento de residuos. La composición de los residuos sólidos urbanos varía según la hora de recolección del día, la región, los niveles de ingresos, el número de habitantes, las actividades económicas y el patrón de consumo (Babu et al, 2021). Por lo tanto, esta investigación se centra en desarrollar el plan estratégico que ponga en marcha la planta de compostaje que proponga la logística necesaria para la gestión integral de los residuos orgánicos y permita la reducción y reutilización de estos residuos para la zona urbana del municipio de Mairana, en la provincia Florida, en Santa Cruz - Bolivia.

Situación Problemática

La situación de los residuos sólidos en América Latina se debe a una combinación de factores que incluyen el rápido crecimiento de la población y la urbanización, los cambios en los patrones de consumo, la falta de infraestructura adecuada y los desafíos económicos y sociales entre otros. Esta situación ha dado lugar a una serie de consecuencias negativas para la región, como la contaminación del aire, el suelo y el agua, la proliferación de enfermedades relacionadas con los residuos y la degradación del medio ambiente. Además, la acumulación de residuos en vertederos a cielo abierto, laderas de la carretera y/o ríos y la falta de tratamiento adecuado han contribuido a la pérdida de biodiversidad, la destrucción de ecosistemas naturales y la pérdida de medios de vida para las comunidades locales. La gestión actual de los residuos sólidos representa un gran desafío para América Latina, ya que está ocasionando impactos negativos en la salud pública, el medio ambiente y frenando el desarrollo de la región (BID, 2023).

El tema de la generación y transformación de desechos es de interés mundial, por lo cual la Organización de las Naciones Unidas, con relación a los Objetivos de Desarrollo Sostenible, en el número 12 plantea la necesidad de garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles. Refiere que el desarrollo y el crecimiento económico de las regiones, a largo plazo, dependen de cómo modifiquen la manera en la que se producen y consumen los productos. Para ello, es necesaria una gestión de los materiales que sea más eficiente y respetuosa con el medio ambiente durante todo el ciclo de vida, desde la producción y el consumo hasta la eliminación. La segunda meta de este objetivo considera la disminución de la pérdida de alimentos en todas las etapas de la cadena de suministro de alimentos (Organización de las Naciones Unidas ONU, 2015). Al respecto, el especialista del Banco Mundial recomienda gestionar de manera eficiente los residuos alimenticios, para esto es necesario un compromiso real, tanto de la población como de los Estados a través de políticas proactivas para gestionar adecuadamente estos residuos. Algunas de sus recomendaciones para detener esta imparable tendencia es fomentar el reciclaje

y reducir el desperdicio y los residuos alimenticios gracias a la educación de la población (Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos OCDE, 2021).

La economía circular surge como respuesta a los desafíos ambientales y económicos asociados con el modelo económico predominante de producción y consumo lineal, conocido como "tomar, usar, desechar". Este enfoque lineal ha llevado a la sobreexplotación de recursos naturales, la generación excesiva de residuos y la degradación del medio ambiente. En contraste, la economía circular propone un modelo regenerativo y sostenible que busca maximizar la eficiencia en el uso de los recursos, reducir la generación de residuos y promover la reutilización y el reciclaje de materiales. (Ellen MacArthur Foundation EMF, 2019)

El modelo de producción y consumo de la economía actual ha quebrado el vínculo entre los ciclos de la materia orgánica y de nutrientes, al considerar las áreas de cultivos y las áreas urbanas como dos sistemas separados, unidos por un flujo unidireccional de materia. Esto implica a futuro un menor crecimiento de la sociedad y de su capacidad de adaptarse. En el modelo circular de la naturaleza, el objetivo del traslado de materia es crear más y mejor organización del sistema, no simplemente moverla de un punto a otro. (Gonzalez, 2021)

En el 2012, un tercio de la producción mundial de alimentos fue pérdida o desperdiciada, representando aproximadamente 1.300 millones de toneladas al año lo que equivale a 750.000 millones de dólares (Banco Mundial, 2018). Los alimentos y recursos que provienen del sector agrícola para ser consumidos en las áreas urbanas no regresan al punto de partida para cerrar los ciclos. La materia orgánica y los nutrientes que no fueron utilizados para alimentación se dispone en botaderos generando lixiviados que afectan cursos de agua superficial y subterránea, así como emisiones de metano, relevante gas de efecto invernadero. Esto no permite cerrar los ciclos de nitrógeno, carbono, fósforo y potasio.

De acuerdo con Masullo, 2017 esta forma desconectada de disponer los residuos de alimentos genera las siguientes consecuencias:

1. Aumento en el uso de fertilizantes químicos, para compensar las pérdidas en los suelos, generando emisiones de dióxido de carbono vinculadas a su producción.
2. Falta de materia orgánica en el suelo que conlleva a una baja retención del agua y mayores necesidades de riego y consumo energético asociado. El constante riego puede llevar a la remoción del fertilizante aplicado por arrastre y su traslado a cursos de agua.
3. Disminución de materia orgánica de los suelos, aumentando su vulnerabilidad, creando condiciones favorables para su erosión y en casos extremos desertificación.
4. En el caso de la incineración de materia orgánica, se emite a la atmósfera el carbono fijado por las plantas, aumentando los gases de efecto invernadero en la atmósfera, si hubiera sido aplicado al suelo renovarían el sumidero de carbono.
5. Cuando los residuos orgánicos son dispuestos a terreno sin adecuados controles, se emite metano (potente gas de efecto invernadero) y en caso de ser recuperado sin aprovechamiento energético, nuevamente se libera a la atmósfera el carbono fijado por las plantas. Se genera además lixiviación de elementos en altas concentraciones a cursos de agua y se facilita la dispersión de patógenos.

En este enfoque el presente estudio de tesis pretende analizar la gestión de residuos orgánicos en el contexto del municipio de estudio, que involucra proponer un plan para el tratamiento de materia orgánica en la planta de compostaje. Así como también las frecuencias de recolección y transporte, las estrategias más eficientes para iniciar el proceso de recolección diferenciada de los residuos orgánicos.

Formulación del Problema

La disposición actual de los residuos urbanos en el municipio de Mairana está generando complicaciones socio-ambientales, los efectos de la inadecuada gestión generan problemas de salud pública, contaminación ambiental, emisiones de gases de efecto invernadero, contaminación de las fuentes de agua, bloqueo y obstrucción de los drenajes e inundaciones lo que deriva en múltiples pérdidas económicas, las cuales afectan de manera desproporcional a las poblaciones más vulnerables.

Objeto de estudio

El área de estudio es el centro poblado del municipio de Mairana ubicado en los valles cruceños. Esta área alberga 3 mercados, 7 hoteles, 55 restaurantes, 11 unidades educativas, 2531 viviendas, entre otros. La temperatura media anual es de 20°C, con una máxima en verano de 31°C y una mínima en invierno de 12°C. La precipitación promedio es de 900mm, la época de lluvia es de octubre a marzo con un máximo de 1154mm, mínima de 493mm. Actualmente el municipio enfrenta un gran desafío ya que no cuenta con relleno sanitario, sin embargo, tiene una planta de tratamiento de residuos orgánicos que aún no ha sido puesta en marcha. Se realiza la recolección de residuos en 1 volqueta todos los días de lunes a sábado en la zona comercial y lunes, miércoles y viernes en la zona residencial. Se trabaja actualmente con 1 chofer, 3 recolectores y un jefe de GIRS, se recolectan 8,7 Ton/día de los cuales más del 50% son residuos orgánicos.

Campo de acción

Se propone diseñar un sistema integral que vinculen los ciclos urbanos y agrícolas, proponiendo un plan estratégico con sistemas de separación en origen, almacenamiento y recolección diferenciada, y tecnologías de tratamiento en base a organismos anaerobios para la gestión de los restos de alimentos y materia orgánica que se generan en el área urbana del municipio de Mairana.

Hipótesis

El análisis de alternativas para la propuesta de un plan de gestión integral de los residuos orgánicos, utilizando el método DELFI, identifica soluciones viables y sostenibles que puedan afrontar los retos de la situación actual con eficiencia y sostenibilidad la gestión de residuos en el municipio Mairana.

Objetivos

Objetivo General

Estudiar y analizar las alternativas técnico-ambiental para la propuesta del plan de gestión integral de residuos orgánicos enfocados en la sostenibilidad y eficiencia del servicio en el centro urbano del municipio de Mairana, a través del desarrollo del método DELPHI.

Objetivos Específicos

Examinar la situación actual de la gestión de residuos orgánicos en el área urbana del municipio de Mairana.

Analizar alternativas para la propuesta del plan de gestión integral de los residuos orgánicos, a través del método DELPHI.

Diseñar el Plan de Gestión de residuos sólidos orgánicos para el municipio de Mairana.

Aporte teórico

El presente estudio permitirá identificar los factores clave que influyen en la viabilidad de la ejecución de la recolección diferenciada de residuos orgánicos. Esto incluiría aspectos técnicos, logísticos, ambientales y sociales que deben tenerse en cuenta durante el proceso de implementación. También aportara con la identificación de los beneficios potenciales de la recolección diferenciada, tanto a nivel ambiental (reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, conservación de recursos naturales), como a nivel social (creación de empleo, mejora de la calidad de vida de los ciudadanos) y económico (generación de ingresos a través de la valorización de los residuos). En resumen, el estudio proporcionara una comprensión integral del contexto, permitiendo tomar decisiones informadas y diseñar estrategias efectivas para promover la gestión sostenible de los residuos orgánicos para el municipio de Mairana.

A continuación, se desarrolla el plan de investigación por objetivos, que engloba la relación de las variables técnicas, actividades, métodos, indicadores y resultados para cada objetivo del presente estudio.

Tabla 1: Desarrollo del plan de investigación del presente estudio

Objetivo	Variables	Técnicas	Actividades	Metodología	Indicadores	Resultados
Examinar la situación actual de la gestión de residuos orgánicos en el área urbana del municipio de Mairana.	Políticas y prácticas de gestión de residuos.	Revisión de documentos PTDI, Informes municipales	1. Revisión de documentos municipales relacionados con el servicio de aseo urbano.	Análisis bibliográfico	Numero de documentos	Análisis de fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas del servicio actual.
	Preguntas abiertas	Entrevista	2. Realización de entrevistas al personal municipal de aseo urbano y a la MAE.	Investigación cualitativa para del análisis FODA	Número de funcionarios entrevistados	
Analizar alternativas para la propuesta del plan de gestión integral de los residuos orgánicos, a través del método DELPHI.	Expertos en el área de gestión integral de residuos sólidos	Identificación de expertos	1. Identificación de 5 expertos en el campo de la gestión de residuos orgánicos nacionales y/o internacionales.	Análisis observativo	Numero de expertos	Lista de expertos identificados y contactados para el proceso DELFI.
	Alternativas de gestión de residuos orgánicos	Entrevista	2. Desarrollo de un cuestionario estructurado para el método DELPHI.	Investigación cualitativa sobre alternativas de gestión de residuos orgánicos.	Número de alternativas evaluadas utilizando el método DELPHI	Cuestionario DELPHI completo, diseñado y listo para su implementación.
	Prioridad de las alternativas	Sesiones de grupo	3. Aplicación del método DELPHI, recopilación y análisis de respuestas de expertos.	Grupos Focales con expertos, recopilación y análisis de respuestas.	Análisis de las alternativas según criterios técnicos y ambientales	Informe de resultados DELPHI que identifica y evalúa alternativas para la gestión de residuos orgánicos.
Diseñar el Plan de Gestión de residuos sólidos orgánicos para el municipio de Mairana.	Viabilidad técnica.	Evaluación detallada	1. Evaluación de alternativas destacadas en el objetivo 2 : Análisis viabilidad técnica.	Análisis de métodos de factibilidad técnica y ambiental.	Factibilidad técnica de la puesta	Desarrollo de un plan de implementación para la gestión integral de residuos orgánicos.

Fuente: Elaboración propia, 2024

Significación práctica

El presente estudio beneficia directamente a las autoridades municipales, ya que en municipios intermedios y menores no se cuentan con recursos para contratar expertos o especialistas en la materia que puedan elaborar planes y programas para la gestión de residuos sólidos, lo que provoca que las iniciativas no se lleguen a concretar. Con la presente propuesta se contará con la guía de expertos que a través del método Delphi apoyaran en la elaboración de herramientas para la implementación de la gestión de residuos. La implementación de estas herramientas beneficiara a diferentes sectores, la recolección diferenciada puede reducir los costos asociados con la disposición de residuos en vertederos, al tiempo que aumenta la recuperación de materiales orgánicos valiosos para compostaje que pueda generar ingresos, venderse a agricultores locales o a consumidores finales, este producto puede mejorar la fertilidad del suelo y promover la agricultura sostenible. También se reduce la generación de lixiviados, emisión de gases, presencia de animales en el vertedero. De esta forma beneficia a diversos actores sociales al abordar problemas relacionados con la contaminación ambiental, la salud pública, la gestión de residuos y la creación de oportunidades económicas.

Actualidad

La metodología propuesta permite acceder a varios expertos en la temática de residuos y afrontar los desafíos desde diferentes perspectivas, una necesidad impetuosa actualmente. La gestión sostenible de los residuos es un desafío importante, la implementación de la recolección diferenciada de residuos orgánicos aborda este desafío al reducir la cantidad de residuos que van a los vertederos, promoviendo la reutilización, el reciclaje y la valorización de los residuos. También está vinculada al cambio climático, ya que los vertederos son una fuente significativa de emisiones de gases de efecto invernadero.

En el contexto de una economía circular, donde se busca reducir el desperdicio y maximizar la eficiencia de los recursos, la recolección diferenciada de residuos orgánicos se alinea con estos principios al promover la recuperación y valorización de materiales orgánicos para su uso en la producción de compost y reincorporación de nutrientes esenciales para suelo. En conclusión, el presente estudio aborda varios desafíos y retos del contexto actual relacionados con la sostenibilidad, el cambio climático, la economía circular y la salud pública, y contribuye a abordar estos problemas de manera efectiva y promover un desarrollo más sostenible.

Pertinencia social

A nivel local existe una gran necesidad de mitigar los problemas relacionados con la gestión de residuos sólidos, por los efectos que este desarrolla en la salud pública y los perjuicios socioeconómicos que genera no contar con planes de implementación de la gestión de residuos sólidos. A nivel regional en los municipios aledaños a Mairana se han iniciado procesos de recuperación de residuos en diferentes municipios sin éxito. A nivel nacional actualmente de los 352 municipios de Bolivia menos del 10% cuenta o implementa la gestión integral de los residuos en su territorio, en la mayoría de los casos este desarrollo se da de manera lenta por el factor

económico y las capacidades técnicas ya que no se cuenta con personal capacitado en el área, especialmente en los municipios pequeños y no se tienen recursos suficientes para contratar un especialista o asesor.

Diseño metodológico

Identificación de variables

Estas variables son fundamentales para comprender la situación actual, analizar alternativas y determinar la mejor solución para la implementación de la gestión diferenciada de residuos orgánicos en el municipio de Mairana.

- **Situación actual de gestión de residuos:** Analizar las políticas y prácticas relacionadas con la gestión de residuos en el municipio, incluyendo normativa, infraestructura y gestión.
- **Alternativas de gestión de residuos orgánicos:** Representar y analizar las diferentes opciones consideradas para la gestión integral de los residuos orgánicos, a través de la metodología DELPHI.
- **Criterios técnicos y socio-ambientales:** Engloba los aspectos técnicos, sociales y ambientales relevantes para evaluar las alternativas de gestión de residuos orgánicos, como la eficacia, aplicabilidad en las diferentes etapas de gestión y la minimización del impacto ambiental.

Para alcanzar los objetivos establecidos en la presente investigación se desarrollarán 2 metodologías (FODA y DELPHI)

Metodología FODA

A principios de 1960, cuando un equipo de investigadores del Instituto de Investigación de Stanford desarrolló el concepto, el análisis FODA era conocido como análisis SOFT: Satisfactorio (bueno en el presente), Oportunidad (bueno en el futuro), Fallo (malo en el presente), *Threat* (amenaza en el futuro). Hoy en día esta metodología se utiliza en empresas, universidades y otros. Está compuesto por una evaluación de las competencias internas como fortalezas (F), debilidades (D), y las competencias externas como las oportunidades (O) y amenazas (A), el resultado de este análisis nos proporciona un esquema para la toma de decisiones estratégicas. (Magenta, 2021)

Este análisis pretende concretar en una tabla resumen tanto los puntos fuertes y débiles de la organización, como las amenazas y oportunidades externas, y fortalezas y debilidades internas. Con el fin de diseñar estrategias ajustadas a la capacidad interna y llegado el caso a su posición competitiva externa. Es así como se proponen estrategias que utilizan las fortalezas para maximizar las oportunidades, en la estrategia FO. Con la estrategia DO se propone minimizar las debilidades aprovechando las oportunidades. La estrategia FA propone utilizar las fortalezas para minimizar las amenazas. Finalmente, con la estrategia DA se presenta para minimizar las debilidades evitando las amenazas. (Magenta, 2021) Esta metodología propone generar como

resultado del análisis 4 estrategias claves las cuales se muestran en la figura a continuación, para una mejor comprensión.

Figura 1: Análisis FODA

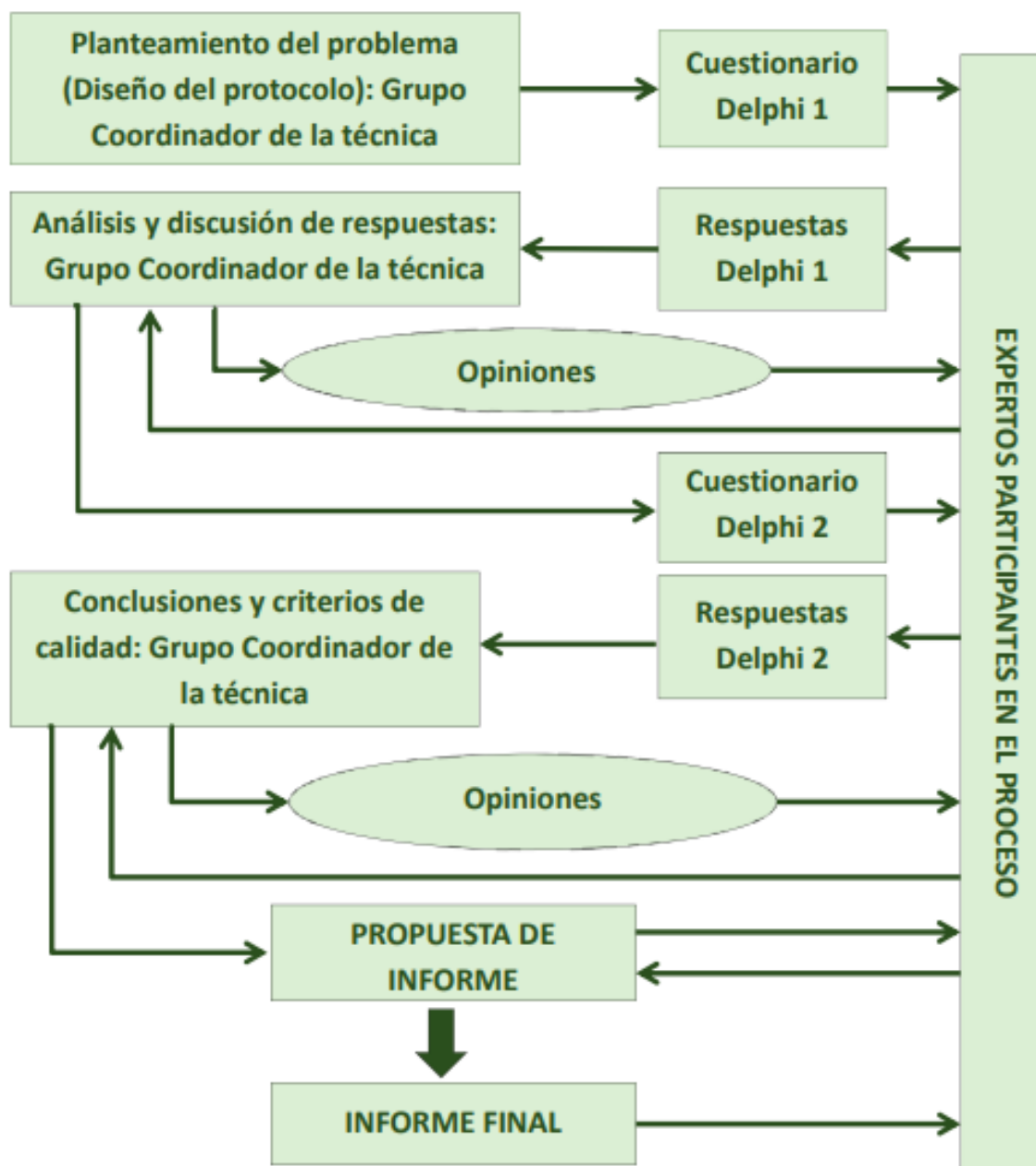
	FORTALEZAS Enlista las FORTALEZAS identificadas	DEBILIDADES Enlista las DEBILIDADES identificadas
OPORTUNIDADES Enlista las OPORTUNIDADES identificadas	1 F – O <i>Estrategia MAX – MAX</i> Estrategias que utilizan las FORTALEZAS para MAXIMIZAR las OPORTUNIDADES	D – O 2 <i>Estrategia MIN – MAX</i> Estrategias para MINIMIZAR las DEBILIDADES aprovechando las OPORTUNIDADES
AMENAZAS Enlista las AMENAZAS identificadas	3 F – A <i>Estrategia MAX – MIN</i> Estrategias que utilizan las FORTALEZAS para MINIMIZAR las AMENAZAS	D – A 4 <i>Estrategia MIN – MIN</i> Estrategias para MINIMIZAR las DEBILIDADES evitando las AMENAZAS

Fuente: Magenta, 2021

Metodología DELPHI

El método Delphi es utilizado para indagar con personas expertas que permite realizar pronósticos de futuro sobre un problema complejo, facilitando alcanzar el consenso entre los expertos consultados. Esta técnica permite el anonimato de los consultados y se realiza en rondas sucesivas, en las que se les facilita las principales conclusiones de la ronda anterior. Puesto que se desarrolla de forma anónima y los expertos responden de manera independiente, este método permite evitar el efecto que podría tener el liderazgo de alguno de los expertos sobre los demás. La retroalimentación que reciben los expertos acerca de sus respuestas y las de los demás participantes permite que estos reflexionen y obtengan una mayor comprensión del caso estudiado, a partir de las diferentes perspectivas presentadas. De esta forma, se consigue una mayor eficiencia a la hora de llegar a acuerdos. (Corcoles-Gil, 2018)

Figura 2: Metodología DELPHI



Fuente: Corcoles-Gil, 2018

CAPITULO I

1.1. Marco teórico y conceptual

1.1.1. Economía circular

Desde hace varias décadas las problemáticas ambientales son abordadas impulsando distintas estrategias como penalizaciones, limitaciones, subsidios e impuestos entre otros, logrando de forma marginal un cierto nivel de conciencia, pero sin una solución de fondo. La Economía Circular propone un cambio sistémico con un modelo económico regenerativo y restaurador que busca pasar de un modelo lineal, con enfoque “de la cuna a la tumba” (comprar, usar, desechar) a un modelo circular con enfoque “de la cuna a la cuna” (reutilizar, reparar, renovar y reciclar) prolongando así la vida útil de los materiales y minimizando la generación de residuos. En los diseños basados en el concepto de la cuna a la tumba dominan los procesos actuales de manufactura. Este esquema donde se producen altos niveles de contaminación en la biósfera y donde los materiales tecnológicos, por ejemplo, los metales se agotan, es claramente limitado, transformando a la Tierra en una “tumba”. (Gonzalez, 2021) La mayor parte de los problemas ambientales actuales, se vinculan a esta forma lineal de producir-desechar, donde se han desconectado los ciclos naturales.

En la economía de la naturaleza, la energía solar y los materiales circulan permaneciendo la mayor parte del tiempo en condiciones útiles y disponibles para nuevos usos. Aprender de estos ciclos naturales e imitarlos es lo que se plantea en el marco de una economía circular. Un futuro prometedor para los seres humanos deberá imitar los procesos que se dan en la naturaleza, con sistemas de la “cuna a la cuna” muy eficientes en cuanto al flujo de nutrientes y metabolismos sin la generación de residuos. Eliminar el concepto de residuos, significa que el diseño de productos, embalajes y servicios desde el inicio no concibe la generación de un desecho. Es decir que los nutrientes o elementos presentes en los materiales, condicionan y determinan su diseño. (Braungart, et al 2009).

Figura 3: Principios de la economía circular.

3 principios clave de economía circular :

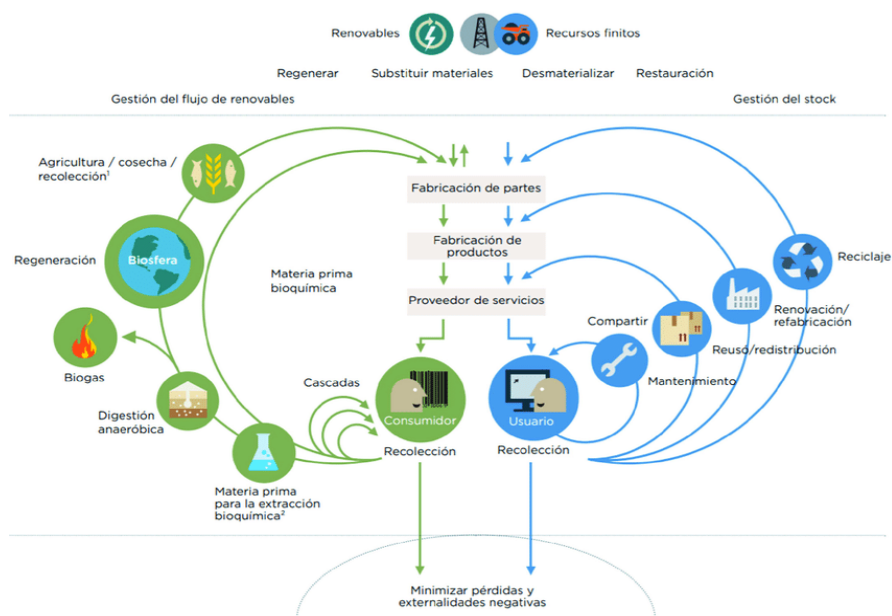


Fuente: Ellen MacArthur Foundation, 2019

Según Ellen MacArthur, 2019 la transición hacia una economía circular busca desacoplar el crecimiento del consumo ilimitado de recursos, para realizar esta transición se fundamenta en tres principios claves:

- **DISEÑO REGENERATIVO:** Diseñar apuntando a eliminar ineficiencias en el uso de los recursos y minimizar la generación de residuos. Es decir, diseños que consideren las externalidades negativas y positivas de la actividad económica a lo largo de toda la vida útil de un producto o servicio. Los diseños de productos, proyectos y servicios deben considerar desde un inicio la eliminación de sustancias peligrosas, reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, disminución de las cargas a las distintas fuentes de agua, protección de los suelos, entre otros;
- **CICLOS DE MATERIALES Y ENERGIA:** Mantener los productos, componentes y materiales en su mayor valor y en uso, esto significa diseñar para su reutilización, remanufactura y reciclaje manteniendo los componentes y materiales circulando y contribuyendo a la economía. Los sistemas circulares favorecen los bucles internos para preservar más valor. Los sistemas circulares maximizan el uso de materiales de base biológica, extrayendo materias primas bioquímicas y colocándolas en cascada en diferentes aplicaciones;
- **REGENERAR LOS SISTEMAS NATURALES:** Una economía circular mejora el capital natural fomentando los flujos de nutrientes dentro del sistema y creando las condiciones para la regeneración de, por ejemplo, el suelo.

Figura 4: Ciclos biológicos y técnicos - Diagrama de la mariposa



Fuente: Ellen Macarthur Foundation, 2019

Como estrategia para lograr esto, se analiza el funcionamiento del mundo actual como “dos metabolismos discretos que operan en el planeta. El primero es el metabolismo biológico o la biósfera (los ciclos de la naturaleza). El segundo es el metabolismo técnico o tecnósfera (los ciclos de la industria, incluida la extracción de materiales de la naturaleza). Con un diseño

adecuado, todos los productos y materiales producidos por la industria alimentarán estos dos metabolismos, nutriendo nuevos productos.” (Braungart et al, 2009) En el ciclo biológico, los materiales o productos están diseñados para mantenerse en el ciclo biológico a través de las redes tróficas. En el ciclo técnico, los materiales o productos están diseñados para regresar al ciclo técnico, al metabolismo industrial de donde vino.

Para poder interpretar adecuadamente la figura 4 presentada en la publicación “Towards the circular economy” se describen algunos conceptos a continuación:

- En el eje se distinguen los productos consumibles (consumidor) y los productos pensados para ser de un uso duradero (usuario). Los consumibles responden al ciclo biológico y pueden ser aprovechados en cascadas o directamente para retornar nutrientes. Los bienes de consumo duradero (plásticos, metales) que no pueden ser reintroducidos a la biosfera deben diseñarse para reúso y refabricación.
- Las fuentes de energía deben ser renovables.
- En los círculos más pequeños (mantenimiento, compartir, reuso/redistribución y refabricación) mayor es el ahorro potencial de material, trabajo, energía y capital ya que aún son inherentes al producto y menores las externalidades asociadas (como gases de efecto invernadero o contaminación de agua y suelos).
- Lograr que los materiales se mantengan en circulación por más tiempo se refiere a maximizar el número consecutivos de ciclos (ya sea reparación, reutilización o refabricación). Cada vez que un ciclo se prolonga se evita el consumo de material, la energía y el trabajo para la fabricación de un nuevo producto o componente.
- El esquema de cascada se refiere a diversificar la reutilización en la cadena de valor. Un ejemplo sencillo es el caso de la ropa de algodón que se reutiliza primero como ropa de segunda mano, luego es usado en la industria del mueble como relleno de tapicería y el relleno de fibra luego se reutiliza en lana de roca como aislamiento para la construcción. En cada caso, se sustituyen materiales vírgenes antes de que las fibras de algodón regresen con seguridad a la biosfera.
- Sustituir el uso de materias primas con presencia de materiales peligrosos, por materiales que no afecten la eficiencia y calidad de sus posibles procesos de recuperación posterior

Es relevante resaltar que los distintos eslabones de la economía circular ya existen y con mayor presencia en países de ingresos bajos a medios. El reúso, donde un residuo es un recurso para otro ya funciona en diversos países, sin embargo, la formalización y escalamiento se ha visto limitado por diversos factores como bajos precios asignados a las externalidades ambientales, la dificultad de acceso al financiamiento, la falta de información, así como problemas de coordinación entre otros. Las tecnologías de la información y la robótica han posibilitado oportunidades que eran inviables previo a la accesibilidad a estas herramientas. Es por ello que muchos conceptos resurgen (por ejemplo, el reúso y remanufactura) bajo un nuevo abordaje, habilitando modelos de negocio innovadores como pasar de ser consumidores de productos a usuarios de servicios. Asimismo, por temas de escala de los sistemas productivos y por las necesidades de los distintos sectores industriales, existe un potencial vinculado a la creación de empresas prestadoras de servicios, así como emprendimientos que utilicen los residuos como

un recurso para productos de mayor valor agregado, generándose un potencial de nuevas fuentes de empleo. (EMF, 2019)

1.1.2 Economía de los nutrientes

La economía de los nutrientes es un concepto que se basa en la gestión sostenible de los nutrientes, especialmente en el sector agrícola. Este concepto, considera que los suelos son un “banco” de nutrientes que favorecen la producción de recursos renovables. Este enfoque se centra en optimizar el ciclo de vida de los nutrientes esenciales para las plantas, como el nitrógeno, fósforo y potasio, para garantizar su disponibilidad a largo plazo, es así que los nutrientes son el “capital” de una economía de nutrientes. Por ejemplo, en los sectores alimentario y forestal, este capital de nutrientes en el suelo se utiliza para generar valor económico. Este capital puede ser prestado para el crecimiento de masa vegetal, para luego ser procesado en la generación de bienes (alimentos, químicos, textiles, etc) (Aho et al., 2015). Sin embargo, este capital disminuye cada vez que se cosecha o erosionan los suelos. Mejorar el ciclo y prevenir la escorrentía de nutrientes podría llevar a la creación de nuevas operaciones comerciales, lograr ahorros y mejorar significativamente el estado de los cuerpos de agua.

En lugar de extraer nutrientes del suelo mediante la aplicación de fertilizantes y luego desecharlos como residuos, la economía de los nutrientes busca maximizar la eficiencia en el uso de los nutrientes a lo largo de toda la cadena de suministro agrícola. Iniciando por la optimización de prácticas agrícolas como la aplicación precisa de fertilizantes, el reciclaje de nutrientes a través de la gestión de residuos orgánicos y la promoción de sistemas agrícolas que favorezcan la retención y la recirculación de nutrientes en el suelo. (Gonzalez, 2021) En resumen, la economía de los nutrientes tiene como objetivo crear sistemas agrícolas más resilientes y sostenibles al optimizar el uso de los nutrientes para las plantas y reducir la dependencia de los recursos no renovables. En este enfoque, los residuos son materia prima y las plantas de tratamiento de residuos son plantas productoras de nutrientes (Aho et al., 2015).

1.1.3. Suelos

Actualmente, la agricultura utiliza el 11% de la superficie terrestre para la producción de cultivos y la producción agrícola ha crecido entre 2,5 y 3 veces durante los últimos 50 años. Este crecimiento se debe a un aumento significativo en el rendimiento de los cultivos principales. Sin embargo, los logros mundiales de producción en algunas regiones han causado una degradación de la tierra y los recursos hídricos, y el deterioro de los servicios ecosistémicos. En todo el mundo existen sistemas de producción agrícola muy vulnerables debido a la combinación de una excesiva presión demográfica y prácticas productivas insostenibles. Las cifras mundiales sobre la tasa de utilización y degradación de los recursos de tierras y aguas ocultan grandes diferencias regionales en su disponibilidad. La escasez de tierras y aguas comprometerá la capacidad de los principales sistemas de producción agrícola para satisfacer la demanda de alimentos y la seguridad alimentaria. Estas limitaciones físicas pueden seguir agravándose en distintos lugares debido a factores externos, entre ellos, el cambio climático, la competencia con otros sectores y cambios socioeconómicos (SOLAW, 2011).

Los servicios ecosistémicos del suelo incluyen el almacenamiento de carbono y el abastecimiento de agua, la biodiversidad y los servicios sociales y culturales. Mejorar el contenido de carbono del suelo es un proceso importante, que también disminuye la tasa de erosión, e incrementa el secuestro de carbono en el suelo para mitigar el cambio climático. Los suelos son un ecosistema extremadamente diverso y complejo, ya que se combinan fases sólidas, líquidas y gaseosas. Por su estructura física y química, así como por la fuente de componentes orgánicos, son hábitat de diversidad de flora y fauna. Estos organismos interactúan de diversas formas y son parte fundamental del reciclaje de los nutrientes. Según la FAO, en el suelo habitan $\frac{1}{4}$ de los organismos vivos que habitan en el planeta, esto incluye una amplia gama de organismos, como bacterias, hongos, protozoos, nematodos, insectos, lombrices y otros invertebrados, así como plantas y raíces. La biodiversidad del suelo desempeña un papel crucial en el mantenimiento de la salud y la fertilidad del suelo, así como en la provisión de servicios ecosistémicos vitales. Los diferentes organismos del suelo contribuyen a procesos como la descomposición de materia orgánica, el ciclaje de nutrientes, la fijación de nitrógeno, carbón y otros, también la mejora de la estructura del suelo y la regulación del agua y los gases. (FAO, 2013)

1.1.4. Residuos orgánicos

Los residuos orgánicos son aquellos materiales de origen biológico que provienen de plantas, animales u otros organismos vivos, que han sido participes en alguna actividad humana, cuyo uso haya sido desestimado. Estos residuos incluyen una variedad de materiales biodegradables, como restos de alimentos, recortes de césped, hojas, ramas, residuos de jardinería, estiércol animal, residuos de cocina, alimentos en descomposición. Este tipo de residuo representa un porcentaje elevado en el total de residuos generados por la población de países en desarrollo, y es por esto que se hace necesaria una labor de gestión de los mismos que permita su revalorización y transformación en un nuevo producto. (MMAyA,2013)

Su característica principal es que pueden ser descompuestos por la acción natural de organismos como lombrices, bacterias y hongos principalmente. Los residuos orgánicos son una importante fuente de nutrientes para el suelo y pueden ser tratados en diversos métodos para producir abono orgánico, un fertilizante natural que puede mejorar la salud del suelo y promover el crecimiento saludable de plantas (Gonzalez, 2021). Es importante la gestión adecuada de los residuos orgánicos para reducir la cantidad de desechos que van a los vertederos y para promover prácticas sostenibles de manejo de residuos. El compostaje, la digestión anaeróbica y otros métodos de gestión de residuos orgánicos pueden ayudar a reducir la contaminación ambiental, conservar los recursos naturales y mitigar el cambio climático al evitar la emisión de gases de efecto invernadero asociados con la descomposición de residuos en vertederos. (MMAyA,2013)

1.1.5. Compostaje

La estabilización aeróbica o compostaje, se trata de un proceso de degradación biológica mediante la acción de diversos microorganismos aerobios que actúan de manera sucesiva, sobre la materia orgánica produciendo calor, agua, CO₂ y materia orgánica humificada. Esto permite

una reducción de peso y volumen de los residuos orgánicos procesados. Los microorganismos utilizan la materia orgánica como nutriente para su desarrollo, generando procesos de: i) degradación hasta moléculas orgánicas e inorgánicas más sencillas y ii) humificación creando macromoléculas (compuestos húmicos) que tienen la característica de ser más resistentes a procesos posteriores de descomposición (Moreno y Moral, 2008)

Para que el proceso de compostaje ocurra adecuadamente, es necesario monitorear algunos parámetros durante todo el proceso y en particular asegurar una buena mezcla del material al inicio de este. Los principales parámetros de control de la materia orgánica al inicio del compostaje son los siguientes:

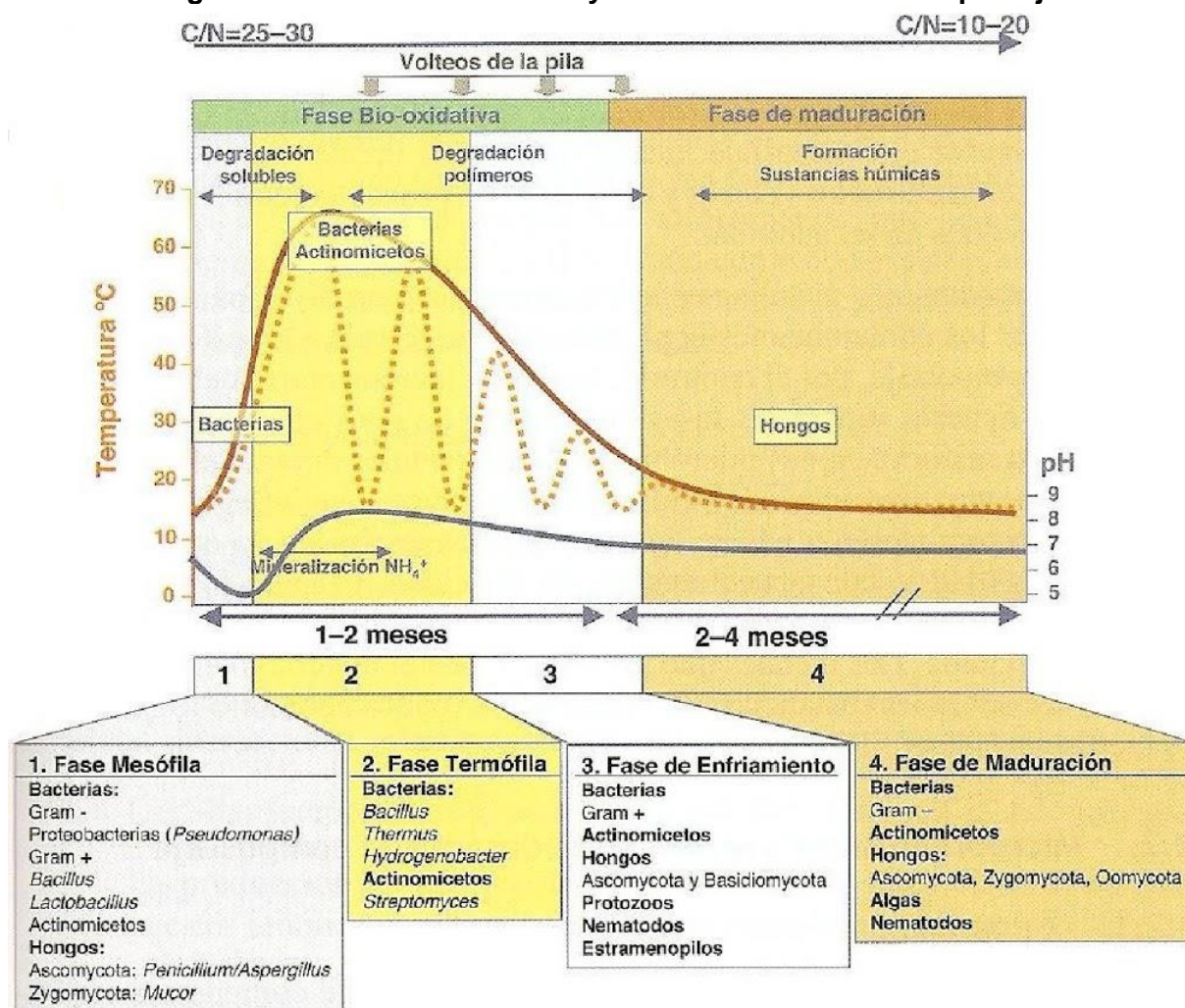
Tabla 2: Parámetros de control para el proceso de compostaje

Parámetro	Referencia al inicio del proceso	Observaciones
Humedad	50 -60%	Si la humedad es baja, desciende la actividad microbiana y si es aún más baja se detiene del todo el proceso. Si la humedad es mayor se saturan los poros afectando la disponibilidad de oxígeno, dejando de ser un proceso aerobio y favoreciendo la lixiviación de nutrientes. La falta de agua es simple de compensar agregando agua, pero el exceso suele controlarse agregando agentes estructurantes secos que además facilitan la aireación. (Moreno y Moral, 2008)
C/N	23/1 35/1	Se considera que los microorganismos consumen unas 30 partes de carbono por cada parte de nitrógeno. Si es mayor se enlentece el proceso por déficit de nitrógeno que obliga a reciclar este nutriente entre sucesivas generaciones de microorganismos y si es menor se pierde nitrógeno como amoníaco sin ser usado por los microorganismos. El exceso de nitrógeno no afecta el compostaje en sí mismo, pero si afecta en materia de emisiones de gases de efecto invernadero y malos olores. Por lo tanto, la combinación de producto a compostar y material estructurante debe estar en estos rangos. (Moreno y Moral, 2008)
Tamaño de partícula	3.2 – 50.4 mm	Es recomendable triturar los materiales para alcanzar un tamaño susceptible al ataque microbiano ya que reduce los tiempos de compostaje. Menor tamaño de partículas, mayor superficie para contacto con microorganismos, pero un tamaño excesivamente pequeño puede favorecer la compactación y perder la condición aerobia. (Raichura y McCartney, 2006)
pH	6 – 7.5	Si el pH es menor que 6, los procesos vinculados a las acciones de las bacterias prácticamente se detienen y valores superiores o cercanos a 9 favorecen la conversión de nitrógeno a amonio afectando la actividad microbiana.

Fuente: Compostaje (Moreno y Moral, 2008)

En el proceso de compostaje se reconocen 4 fases según la temperatura, estas fases se representan en la siguiente figura: i) fase Mesófila entre 25 – 35°C, ii) fase Termófila entre 40-70°C, iii) fase de Enfriamiento y iv) fase de Maduración. Las primeras dos fases tienen una duración de aproximadamente 1 a 2 meses y la fase de maduración entre 2 a 4 meses.

Figura 5: Sucesión microbiana y ambiental durante el compostaje



Fuente: Compostaje (Moreno y Moral, 2008)

Fase mesófila: En esta etapa, la flora microbiana se activa y se inicia la degradación de la materia orgánica. También se producen metabolitos que pueden ser utilizados por hongos celulolíticos. Hay una disminución del pH propiciando el desarrollo de bacterias aeróbica. Es ideal tener una humedad del 70 a 72%, y temperatura entre 25 y 35°C; que dura 7 a 14 días. Los hongos presentes en esta etapa son: *Penicillium spp.* y *Aspergillus spp.* La descomposición libera la energía contenida en los compuestos orgánicos. Una parte de esta energía es usada por los microorganismos para su metabolismo, otra parte se transforma en calor (Benzing, 2011).

Fase termófila: Hay una actividad biológica intensa en el interior de la compostera, se produce un aumento constante de la temperatura (40°C hasta 70 a 80°C), puede durar algunas semanas, hasta 2 a 3 meses. En esta etapa, la mayor parte de la celulosa y lignina se degrada; las altas temperaturas ayudan a eliminar la mayoría de patógenos, pero las bacterias y hongos benéficos pueden soportar. Existe un incremento de pH de 7.5 por la liberación de gases de los materiales orgánicos y a la producción de amoníaco. Asimismo, las bacterias termófilas dominantes

pertenecen al género *Bacillus* sp, que son las que consumen los azúcares disponibles y todos los materiales fácilmente biodegradables. Los hongos constituyen menos del 1% del total de microorganismos. Se producen grandes volúmenes de CO₂, que se dispersan desde el núcleo a la corteza, produciendo la muerte de las larvas de insectos. Posteriormente, el ambiente se hace anaerobio y los grupos termófilos entran en fase de muerte, razón por la cual la temperatura se estabiliza y empieza a disminuir (Benzing, 2011).

Etapas de enfriamiento: En esta etapa la actividad microbiana disminuye, al igual que la liberación de calor. La población de mesófilos, en especial esporas provenientes de bacterias Gram positivas, que sobrevivieron a la pasteurización, recuperan predominancia. La temperatura permanece entre 35 y 45°C por varias semanas. Los hongos dominantes durante esta fase son: *Ascomycota* spp y *Basidiomycota* spp (Moreno y Moral, 2008).

Etapas de maduración: Durante esta fase se concentran las sustancias húmicas. El pH está ligeramente ácido entre 5 y 5.7, debido a la liberación de ácidos orgánicos en la fermentación y por la presencia de bacterias acidogénicas. Posteriormente el pH se eleva a 7 y 7.5, debido al poder amortiguador de las sustancias húmicas. Este material maduro es poblado por actinomicetos y por la macrofauna, como ser anélidos, artrópodos y lombrices (Benzing, 2011).

En el caso del compostaje de residuos de origen domiciliario, uno de los aspectos relevantes es su capacidad de eliminar patógenos presentes en la materia orgánica como virus, bacterias y hongos. Este proceso de eliminación se debe a distintas interacciones microbianas como las altas temperaturas, la producción de compuestos antimicrobianos, la colonización con microorganismos que compiten con los patógenos por los nutrientes y la pérdida natural de la viabilidad del patógeno con el transcurso del tiempo. La causa principal es el aumento de temperaturas ya que los patógenos humanos presentan baja viabilidad frente a altas temperaturas. Es importante monitorear durante todo el proceso la temperatura, debiendo asegurar alcanzar valores entre 45°C y 59°C durante 10 a 15 días para alcanzar la sanitización del material. Temperaturas menores a 20 °C enlentecen el proceso de crecimiento microbiano y por lo tanto el proceso de descomposición. Los microorganismos suelen ser más eficientes en temperaturas entre 40 a 60°C, sin embargo, en temperaturas mayores a 70°C pueden detenerse los procesos biológicos. (Moreno y Moral, 2008)

Un elevado volumen de estructurante o un mayor tiempo puede resultar un desafío por los altos costos asociados a la necesidad de mayor área e infraestructuras. Asimismo, un volumen inadecuado de estructurante o tiempos más cortos pueden afectar la calidad final de la enmienda orgánica obtenida limitando sus posibilidades de comercialización. Por lo tanto, la calidad de la mezcla que ingresa al proceso de compostaje es relevante para asegurar la calidad final del compost obtenido, la remoción de patógenos y la reducción de tiempos de todo el proceso.

Las plantas de compostaje requieren de los siguientes espacios en su diseño: 1. Área de recepción de residuos 2. Área de compostaje 3. Área de maduración 4. Área de separación o afino 5. Área de almacenamiento o post procesado (mezclas, pellets, envasado) Pueden encontrarse diversas tecnologías diferenciándose principalmente por las formas de volteo y aireación, implicando mayores o menores áreas de procesamiento.

1.1.6. Vermicompost

El vermicompost es un proceso de mineralización y estabilización de la materia orgánica, este proceso es desarrollado por las lombrices y otros microorganismos. El producto final es el compost, sustrato rico en micro y macronutrientes y con gran porosidad. Durante este proceso, minerales insolubles son solubilizados, quedando disponibles para las plantas cuando el vermicompost es aplicado al suelo. Igualmente, otros compuestos orgánicos complejos, como la celulosa, son parcialmente degradados a compuestos más simples por las bacterias presentes en el tracto digestivo de la lombriz, aumentando la disponibilidad de N. (FAO, 2013)

Para la obtención de vermicompost, la especie de lombriz que es empleada comercialmente es la *Eisenia foetida* conocida comúnmente como la lombriz roja californiana, a pesar de ser originaria de Europa. Recibe el nombre de foetida por el olor de los exudados que produce, los cuales presumiblemente son una adaptación anti predadores. Esta especie de lombriz es muy hábil en su alimentación, de forma que cada 24 horas consume alimento correspondiente a su propio peso. La lombriz obtiene su alimento a partir de materiales orgánicos vegetales, animales o mixtos, frescos o en diferente estado de descomposición, produce biomasa de lombriz (crecimiento y nuevas lombrices) y estiércol. Esta especie requiere de altas concentraciones de materia orgánica para su alimentación, y de igual forma requiere de ciertas condiciones ambientales como una temperatura óptima de 19-25°C, con humedad del 80%, pH de 6,5- 7,5 y baja luminosidad. (FAO, 2013)

Figura 6: Ciclo de vida de la Lombriz



Fuente: FAO, 2013

La lombriz es hermafrodita, pero para la reproducción se requiere de dos individuos. La fertilización cruzada, se realiza por la unión de los clitelos de dos individuos, donde se realiza la cópula, cada 7-10 días. Los dos individuos producen huevos, llamados Cocun o Capullos. Los huevos tienen forma de limón y apariencia amarilla transparente al inicio, siendo más café según el desarrollo de la lombriz. Cada capullo contiene de 2 a 12 lombrices que emergen a los 21 días de ser depositadas, esta lombriz recién eclosionada mide 1mm de longitud. Los individuos juveniles inician el periodo reproductivo a los 3-4 meses, cuando pasan a ser adultos, para este

momento alcanzan más o menos 3 cm. Finalmente a los 7 meses, alcanzan su peso y tamaño final de 1 g y 7-8 cm de largo. Viven en promedio 10 años. (FAO, 2013)

Lecho o cama: existen diferentes opciones, tamaños y calidad de contenedores para cultivar lombrices, lo importante es que sean recipientes abiertos para que se facilite la alimentación y la visualización. Las lombrices normalmente profundizan en el sustrato buscando alimento, pero no lo hacen más allá de 40 cm por lo que la cama debe tener una profundidad de 50-60 cm y 1 m de ancho, el largo en función del área disponible. La cama debe estar protegida de la lluvia, la luz del sol y temperaturas extremas en tiempos de heladas o invierno. (Schuldt et al., 2007)

Figura 7: Vermicompostera en agricultura periurbana



Fuente: FAO, 2013

Para el proceso de elaboración del vermicompost es necesario seguir los siguientes pasos:

Construcción del lecho: Colocar en un terreno plano o ligeramente inclinado, con un buen drenaje, lejos de árboles, y con disponibilidad de agua limpia para regar los lechos.

Alimentación del lecho: Si los materiales no son adecuados o no se acondicionan bien, el proceso se puede ralentizar o interrumpir. Existen tres ingredientes básicos, fundamentales para la velocidad del proceso, estos son C, N y Ca.

Carbono, se emplea para acondicionar el material haciéndolo más esponjoso y aireado, una vez finalizado el proceso, dejan finas partículas de fibra que mejora las cualidades del humus.

Nitrógeno, existe mayor contenido de N en los residuos domésticos y vegetación verde.

Calcio, restos de cáscaras de huevos triturados aportan Ca necesario para el proceso de digestión de las lombrices.

Normalmente se emplea una mezcla de suelo con material orgánico fresco (restos de vegetales, estiércol, etc) en una proporción de 3:1, o material orgánico compostado con material fresco en proporción 2:1 respectivamente. Primeramente, se coloca en la cama la mezcla, para el caso de las camas de concreto, se recomienda que sean llenadas de compost con una altura de 15 cm y se coloquen las lombrices distribuidas a lo largo de la cama o criadero, luego cubriremos con una capa de material como paja o pasto seco, se debe hacer muestreos de la temperatura la cual se recomienda que sea de 20°C.

Manejo de lecho y lombrices: Las lombrices permanecen en el sustrato que se ha colocado en el lecho inicialmente por un mes, controlando que siempre tenga una humedad de 80% en forma constante mediante riego con manguera o regadera. Transcurrido ese tiempo, se coloca una capa de 5 a 8 cm de espesor cada dos semanas hasta la maduración del humus, que ocurre entre 7 a 12 meses. Las lombrices absorben y digieren alimento gradualmente, de abajo hacia arriba y van dejando como producto de este proceso digestivo el humus.

Producción de humus: De la alimentación que reciben las lombrices, el 60% emplean en su mantenimiento y reproducción y el 40% restante transforman en humus. Mediante el proceso de digestión transforman la materia orgánica en humus, este se queda en el fondo del lecho, la lombriz pequeña cuando recién nace mide 1 mm y es algo más gruesa que un cabello. Como no puede digerir el alimento tosco y de grandes partículas, tiende a ir al fondo del lecho y comienza a absorber y reciclar todo aquello que la adulta ha digerido con anterioridad, a medida que crece para unirse a los adultos pasan de 30 - 40 días.

Se pueden añadir al vermicompost los siguientes materiales: Estiércol, papel, cartón sin pintura, frutas, vegetales, cáscara de huevo, poda o corte de pasto, paja, residuo de cosecha, pulpa de café, granos de cereales. También se puede aplicar los biosólidos procedentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas (Lotzof, 2012).

Cosecha de vermicompost: El producto final, se cosecha dependiendo el sistema de producción y el tamaño. Se utiliza el sistema de trampeo de lombrices que consiste en dejar de alimentar a las lombrices por 8-10 días. Posteriormente se coloca "alimento fresco" en un extremo de la cama o sobre el material en el mismo contenedor para atraer las lombrices. De esta forma la lombriz se mueve al material fresco en busca de alimento rápidamente, el 50% de las lombrices llegará en solo unas horas y pueden ser colectadas de allí. Las lombrices recién nacidas y los huevos se quedan; o sea que no son recuperados. Finalmente, el material obtenido puede ser tamizado para homogenizar el tamaño, o secado para ser almacenado y posteriormente aplicado a suelo. (FAO, 2013)

El vermicompost es un material más estable que el compost y contiene mayor proporción de ácidos húmicos y fúlvicos. Al igual que el compost, el vermicompost mejora la estructura de suelo, aumenta la retención de agua, aporta microorganismos benéficos, además de enzimas y otros metabolitos que participan en la transformación de la materia orgánica.

1.2. Marco contextual

La transición hacia una economía circular parece seguir patrones muy diferentes en los diferentes países, en los últimos años. La economía circular en China es un resultado directo de la estrategia política nacional (enfoque de arriba hacia abajo). La política gubernamental china se enfoca en la industria y en la organización socioeconómica del país. Los instrumentos utilizados, son principalmente de "comando y control" más que de mercado. Por el contrario, la transición hacia la economía circular en Europa parece estar ocurriendo principalmente como un enfoque ascendente, por iniciativas de organizaciones ambientales, sociedad civil, etc. Todos estos

actores económicos piden productos más ecológicos y una legislación adecuada para involucrar tanto a las empresas privadas como a las autoridades en un ciclo virtuoso. En Japón, la colaboración global y estrecha entre la sociedad civil, el sector público y los fabricantes caracterizan esta transición. (Gonzalez, 2021)

Según el reciente informe “Perspectiva de la Gestión de Residuos de América Latina y el Caribe” de la ONU, indica que la generación de residuos sólidos urbanos de América Latina y el Caribe es de 524.000 ton/d, el 90% de estos no son aprovechados y para el 2050 la generación aumentará en un 25%. De los cuales más del 50% son residuos orgánicos, por lo tanto, se debe promover la separación en origen y la recolección diferenciada de los residuos reciclables y orgánicos para un eficaz tratamiento. Al mismo tiempo, se debe considerar la prohibición gradual de la disposición de los residuos biodegradables en los rellenos sanitarios e incentivar su aprovechamiento, por ejemplo, a través del compostaje. (ONU Medio Ambiente, 2018)

En Bolivia se vive condiciones similares, el constante incremento en la generación de residuos sólidos, su amplia composición y la falta de mecanismos adecuados para la gestión controlada, está afectando los recursos agua, suelo y aire y en consecuencia un daño al medio ambiente y a la salud de la población. De acuerdo a los datos del Diagnóstico de Gestión de Residuos en Bolivia (MMAyA, 2012), se calcula que diariamente se generan 4780 Ton de residuos de los cuales aproximadamente el 55% corresponde a la fracción orgánica. Una gestión inadecuada de este tipo de residuos ocupa mayor espacio en los sitios de disposición final de residuos, genera una mayor cantidad de lixiviados y al estar mezclados con otro tipo de residuos, como por ejemplo peligrosos, aumenta la carga contaminante. La fracción orgánica por sus características de biodegradabilidad, pueden ser reinsertados a ciclo productivo natural a través de plantas de aprovechamiento. El compostaje es una opción que permite a los municipios lograr este propósito, para ello se requiere una participación permanente y corresponsable por parte de las autoridades locales, la población y las instituciones. (MMAyA, 2013)

1.2.1. Municipio de Mairana

El municipio de Mairana, se encuentra ubicado al sudoeste del departamento de Santa Cruz, en la subregión de los valles, provincia Florida, ubicada sobre la carretera antigua Santa Cruz-Cochabamba, presenta las siguientes coordenadas geográficas entre los paralelos 18°07'10" de latitud sur y 63° 57'23" de longitud oeste. Su capital se encuentra a los 18°47'00" de latitud sur y los 63°18' 57" de longitud oeste, en esta área urbana se concentran 15 barrios y 11 Urbanizaciones, también se desarrollan 46 comunidades en el área rural. A continuación, se muestra el mapa territorial y de ubicación del municipio de Mairana.

Figura 8: Ubicación geográfica



Fuente: GAMM, 2023

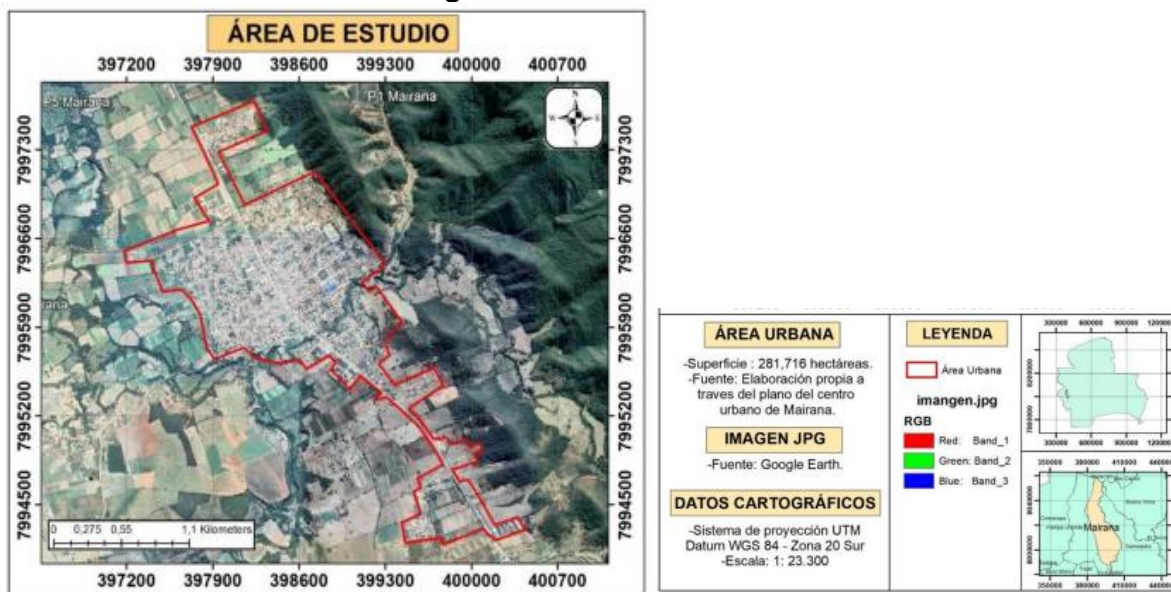
En el municipio de Mairana se registra una población de 12.732 habitantes según datos del Censo 2024 (INE, 2024). La población ocupada en el municipio es de 5.003 habitantes, de las cuales el 48% son agricultores. Las actividades como la agricultura y ganadería concentran la mayor ocupación de la población de Mairana, aproximadamente 2.419 habitantes (GAMM, 2023). Por lo que cabe resaltar la importancia de conservar un suelo vigoroso y con abundante disposición de nutrientes.

La superficie del municipio de Mairana tiene un total de 75.725 hectáreas de las cuales 13.916 hectáreas (18,38%) son de uso ganadero es decir pasturas, campo natural de pastoreo y ramoneo, que son tierras indivisas (de uso comunitario), a excepción de algunas familias que tienen deslindes o potreros con límites de alambrada, 115 hectáreas (0,15%) que conforman el área urbana del municipio, 52.007 hectáreas (68,67%) son de uso forestal y de conservación y/o protección, 9.694 hectáreas (12,80%) son cultivables que ocupan los valles, terrazas, serranías

bajas-medias y laderas suaves del sector intermedio, alto-subtropical y húmedo de las cuales se siembran 4.633 hectáreas (47,79% del total de la superficie del municipio de Mairana).

El municipio de Mairana tiene un área urbana y otra rural, en el área urbana se encuentran 15 barrios y 11 Urbanizaciones y en el área rural se identifican 46 comunidades con diferentes tipos de organización resaltando los Sindicatos, Organización Territoriales de Base (OTB) junto a sus representantes (OTBs y presidentes). El área de estudio está delimitada por el centro urbano del Municipio de Mairana identificado en su plano de “centro urbano de Mairana”, esta superficie tiene un área aproximada de 281,716 hectáreas donde se encuentran ubicadas 9 Barrios y 2 urbanizaciones, con 2.531 viviendas y 1.230 terrenos identificados en el padrón de impuestos del Municipio de Mairana realizado en el año 2022, este es el principal centro poblado, como se puede visualizar en la siguiente figura 9.

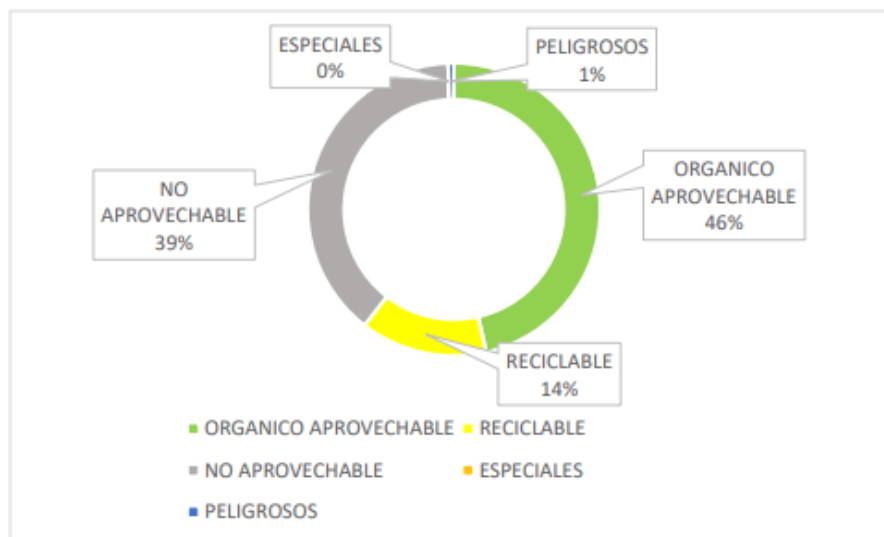
Figura 9: Área de Estudio



Fuente: DIFAR, 2022

La gestión y manejo de residuos sólidos municipales es competencia exclusiva de los Gobiernos Autónomos Municipales (GAM), así lo señala la Constitución Política del Estado, en el artículo 32: “Son competencias exclusivas de los gobiernos autónomos municipales, el aseo urbano, manejo y tratamiento de residuos sólidos en el marco de la política del Estado”. En el municipio de Mairana hay un servicio de recojo de basura para el área urbana de la ciudad de Mairana y según el GAMM y el diagnóstico de residuos sólidos realizado hay una generación domiciliar de 0,43 Kg/habitante/día y una generación no domiciliar de 0,56 Kg/habitante/día lo que genera un total de 8,71 Tn/día, 3107,26 Tn/año con una cobertura del radio urbano del 81% y un sistema de disposición final representado por un Botadero a cielo abierto sin ningún aprovechamiento.

Figura 10: Composición de los residuos del área urbana de Mairana



Fuente: DIFAR, 2022

El porcentaje total de los residuos aprovechable orgánicos es de 46%, el 14% son reciclables, dando un potencial aprovechable de 60 %, los residuos no aprovechables son el 39% (DIFAR, 2022). Como muestra la imagen superior la mayor facción de residuos son orgánicos por lo que se considera necesario el aprovechamiento de los mismos para evitar contaminación ambiental por gases, lixiviados, presencia de animales y problemas en la salud de la población aledaña a los basurales.

Durante la gestión 2023, fueron destinados Bs 951.087,28 (equivalente al 1,70% del presupuesto municipal total) a todas las actividades relacionadas con el Aseo Urbano, Manejo y Tratamiento de Residuos Sólidos. (DIFAR, 2022) Este incremento ha impulsado drásticamente la inversión de años anteriores en la gestión de residuos, como se puede ver en la tabla a continuación, el presupuesto asignado desde la gestión 2016 al 2023 ha incrementado en un 81%. Con el incremento de estos recursos se han gestionado diferentes avances, actualmente se cuenta con personal técnico y operativo, como también equipamiento exclusivamente para la gestión de residuos urbanos. Se tiene en proceso de construcción una planta para el tratamiento de residuos orgánicos con un capital de inversión de 3 millones de bolivianos aproximadamente. Existen grandes desafíos en este contexto, sin embargo y a pesar de estas limitaciones, se plantea promover un programa municipal para mejorar la gestión de los residuos sólidos y lograr la reducción, reutilización y el reciclaje según la jerarquización de la normativa boliviana.

Tabla 3: Presupuesto ejecutado de la gestión 2016 a la 2023 en GIRS

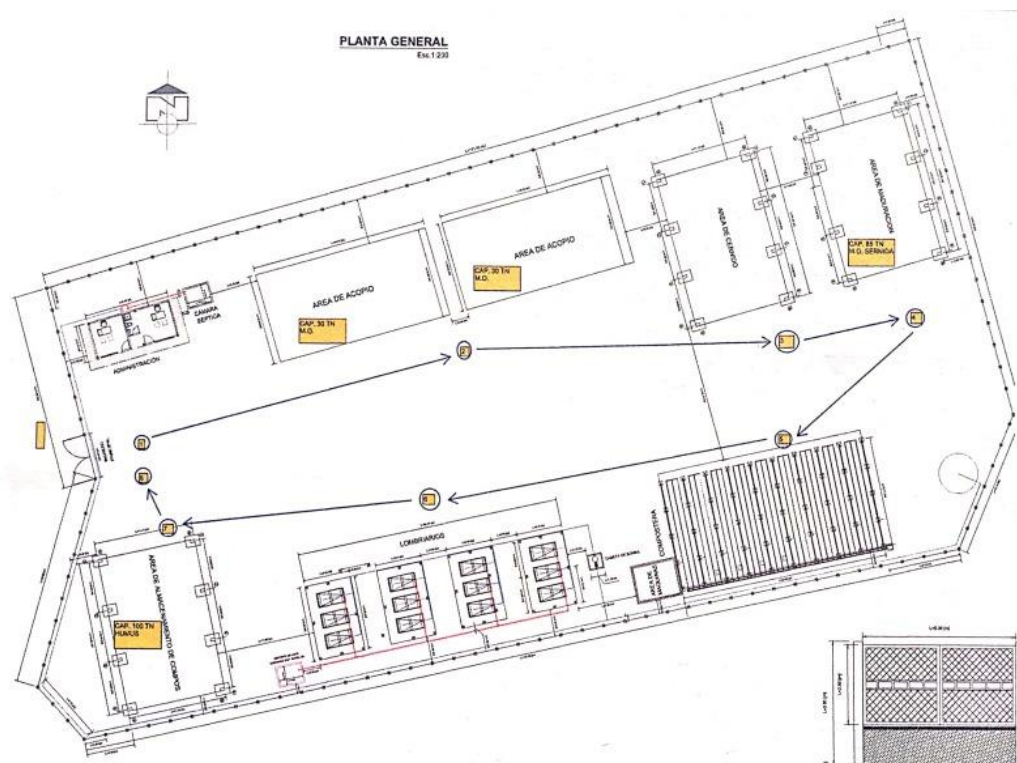
P.P	Programa	2016	2017	2018	2019	2020	2023
14	Aseo Urbano, Manejo y Tratamiento de Residuos Sólidos	180.623,36	211.432,24	171.782,83	197.537,60	189.711,25	951.087,28

Fuente: GAMM,2023

1.2.2. Planta de compostaje

El Gobierno autónomo municipal de Mairana cuenta con un terreno propio en el que se tiene en proceso de construcción la planta de compostaje con un avance de la obra civil del 90% hasta abril del 2024. Esta planta se encuentra a 1,5 km del centro del centro urbano, la ruta es asfaltada sobre la carretera principal y 500 m ingresando por un camino de tierra. La planta está compuesta por las siguientes áreas: maduración 181,83 m², cernido 181,83 m², almacenamiento de compost 181,83 m², acopio de materia orgánica 400 m², compostaje 317.43 m², lombrinario 171,84 m² y área administrativa 40 m². Está diseñada para procesar 12 toneladas día de materia orgánica a través del método de compostaje por trincheras semicerradas con aireación forzada y 12 piscinas para el vermicompostaje. Con un capital de inversión en obra civil y equipamiento de 3 millones de bolivianos, recursos gestionados a través de fondos gubernamentales. A continuación, se muestra el diseño de la planta de compostaje.

Figura 11: Plano general de la planta de compostaje



Fuente: GAMM, 2022

Esta planta está diseñada para recibir en promedio 12 toneladas de materia orgánica diariamente, lo cual se transformará en 4 toneladas de compost y humus. El tratamiento de los residuos orgánicos inicia en el área de acopio donde se almacenan los residuos recolectados diariamente. El primer proceso es la separación de impurezas que puedan contener los residuos, como se plásticos, metales, pilas, focos u otros. Posteriormente se procede con la mezcla con el material estructurante o secante, después de una homogeneización se procede a trasladar la mezcla al área de compostaje para formar las pilas en las trincheras de aireación forzada. Aquí se desarrolla la fase mesofila y termófila durante 1 a 2 meses, en este tiempo se realizarán los controles de temperatura, humedad y aireación constantemente, en caso de ser necesarios se

realizarán el volteo de la materia orgánica. Cuando la temperatura empieza a descender, inicia la fase de enfriamiento y se traslada la materia orgánica al área de maduración donde pasara 2 a 4 meses bajo control de pH, temperatura y humedad. Terminado el proceso de maduración pasa al área de cernido, todo el material que pase el tamiz está listo para la comercialización de compost y se dispondrá en el almacén. El material que no pase el tamiz se reinserta al proceso como material estructurante e inculo de microorganismos que favorecerán el proceso de compostaje. Para la producción de humus se tiene 12 lechos, en los cuales se incorpora la materia orgánica pre-compostada, es decir posterior al proceso de aireación forzada se introduce medio metro cubico de materia orgánica pre-compostada a cada lecho. En estos espacios pasara 2 a 6 meses la materia orgánica hasta convertirse en humus, durante este tiempo se debe controlar la temperatura del sustrato e introducir una capa de 5 a 8 cm de espesor cada dos semanas hasta la maduración del humus. Anualmente la planta produce 1500 toneladas de compost y humus.

Con la implementación de la planta de compostaje se genera valor agregado a los residuos procesados lo cual genera nuevas oportunidades económicas y nuevas fuentes de empleo a través de la comercialización del compost y humus a las diferentes plantineras del municipio. Para la transformación de estos residuos, la planta deberá contar con 1 maquinistas y 3 operadores adicionalmente al personal con el que el gobierno municipal cuenta actualmente para el servicio de recolección de residuos.

La producción de biofertilizantes, como el humus y el compost, reducen la extracción de tierra negra requerida por las plantineras para los almácigos de hortalizas, lo cual genera impactos en la competitividad del sector agrícola, reduciendo los costos de insumos como también los costos y tiempos de transporte de la tierra.

Los beneficios a largo plazo de la implementación de la gestión diferencia de residuos son diversos, por mencionar algunos la reducción en gastos de disposición final de residuos en el botadero, el tiempo de vida del botadero se amplía, ya que se reduce la cantidad de residuos que se entierran, mejora la calidad del suelo en los bosques primarios ya que reduce la extracción de sustrato, se tiene mayor resiliencia ante la crisis climática y económica aprovechando los insumos locales en lugar de depender de insumos externos.

1.2.3. Legislación

El en aspecto legal presente estudio se relaciona directamente con la constitución, diferentes leyes y reglamentos nacionales. Entre los más importantes se puede mencionarse los siguientes:

- LA CONSTITUCION POLITICA DEL ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA
- LEY MARCO DE AUTONOMÍAS Y DESCENTRALIZACIÓN “ANDRÉS IBÁÑEZ” N° 031
- LEY 1333 DE MEDIO AMBIENTE Y EL REGLAMENTO EN GESTION DE RESIDUOS SOLIDOS

- LEY 755 GESTION INTEGRAL DE RESIDUOS Y SU REGLAMENTO
- DECRETO DEPARTAMENTAL N°271

Se detalla a fondo cada ley en particular, en cuanto refiere a la gestión de residuos sólidos orgánicos.

CONSTITUCIÓN POLÍTICA DEL ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA

Referente al sector del Residuos Sólidos, la Constitución establece competencias privativas y exclusivas para el nivel central del Estado, que consisten en la Formulación de Políticas de Estado y el Régimen General. Por otro lado, establece competencias concurrentes entre el nivel central del Estado y las entidades territoriales autónomas, en lo referente a los residuos sólidos industriales y peligrosos y proyectos de tratamiento de residuos sólidos.

Para los gobiernos municipales autónomos establece competencias exclusivas que consisten en la ejecución de los servicios de aseo urbano, manejo y tratamiento de residuos sólidos en el marco de la política de Estado.

“Artículo 302:

- I. Son competencias exclusivas de los gobiernos municipales autónomos, en su jurisdicción:
5. Preservar, conservar y contribuir a la protección del medio ambiente y recursos naturales, fauna silvestre y animales domésticos.
 6. Elaboración de Planes de Ordenamiento Territorial y de uso de suelos, en coordinación con los planes del nivel central del Estado, departamental e indígena.
 26. Empresas públicas municipales.
 27. Aseo urbano, manejo y tratamiento de residuos sólidos en el marco de la política del Estado.
 40. Servicios básicos, así como aprobación de las tasas que correspondan en su jurisdicción.
 42. Planificación del desarrollo municipal en concordancia con la planificación departamental y nacional.”

LEY MARCO DE AUTONOMÍAS Y DESCENTRALIZACIÓN “ANDRÉS IBÁÑEZ” N° 031

Con respecto al sector residuos, en el Artículo 88. (Biodiversidad y Medio Ambiente), Parágrafo IV, indica que de acuerdo a las competencias concurrentes 8 y 9 del Artículo 299 Parágrafo II de la Constitución Política del Estado se distribuyen las competencias concurrentes de la siguiente manera:

1. Nivel Central del Estado:

- a) Fomentar el régimen y las políticas para el tratamiento de residuos sólidos, industriales y tóxicos.

2. Gobiernos departamentales autónomos:

- a) Reglamentar y ejecutar, en su jurisdicción, el régimen y las políticas de residuos sólidos, industriales y tóxicos aprobadas por el nivel central del Estado.

3. Gobiernos municipales autónomos:

a) Reglamentar y ejecutar el régimen y las políticas de residuos sólidos, industriales y tóxicos, en su jurisdicción.

LEY 1333 DE MEDIO AMBIENTE

Tiene el objetivo fundamental de la protección y conservación del Medio Ambiente. Consta de diversos instrumentos regulatorios formalizados mediante Decreto Supremo (D.S.) N° 24176 en diciembre de 1995, entre los cuales, se encuentran el Reglamento de Gestión de Residuos Sólidos (RGRS) y el Reglamento para Actividades con Sustancias Peligrosas (RASP).

Reglamento de Gestión de Residuos Sólidos –RGRS (1996)

El Reglamento de Gestión de Residuos Sólidos tiene por objeto “establecer el régimen jurídico para la ordenación y vigilancia de la gestión de los residuos sólidos, fomentando el aprovechamiento de los mismos mediante la adecuada recuperación de los recursos en ellos contenidos”. Su aplicación es a nivel nacional mediante la asignación de atribuciones a cada uno de los niveles de Gobierno

LEY 755 GESTION INTEGRAL DE RESIDUOS

La ley 755, promulgada en octubre del 2015 tiene por objetivo “establecer la política general y el régimen jurídico de la gestión integral de residuos sólidos en el Estado plurinacional de Bolivia, priorizando la prevención para la reducción de la generación de residuos, su aprovechamiento y disposición final sanitaria y ambientalmente segura, en el marco de los derechos de la Madre Tierra, así como el derecho a la salud ya vivir en un ambiente sano y equilibrado”.

REGLAMENTO DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL DEPARTAMENTO DE SANTA CRUZ N°271

El presente reglamento, promulgado en agosto del 2018 tiene por objeto, “regular las actividades inherentes a la gestión integral de residuos sólidos, en el marco de las competencias, atribuciones y funciones del Gobierno Autónomo Departamental de Santa Cruz, establecidas en la Constitución Política del Estado, la Ley N° 755 del 28 de octubre de 2015 de Gestión Integral de Residuos, la Ley N° 1333 del 27 de abril de 1992”.

El tema de gestión de residuos sólidos es amplio, también se enmarca en las políticas sectoriales y la normativa legal de planificación e inversión vigente como Planes y Programas a nivel Nacional y Departamental. Entre los más importantes se puede mencionar:

- PLAN SECTORIAL DE DESARROLLO DE SANEAMIENTO BÁSICO. (2011-2015)
- PROGRAMA PLURINACIONAL DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS
- AGENDA PATRIÓTICA 20-25 - “PARTICIPACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA BOLIVIA DIGNA Y SOBERANA CON AUTONOMÍAS.”
- PLAN DEPARTAMENTAL DE DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL DE SANTA CRUZ.

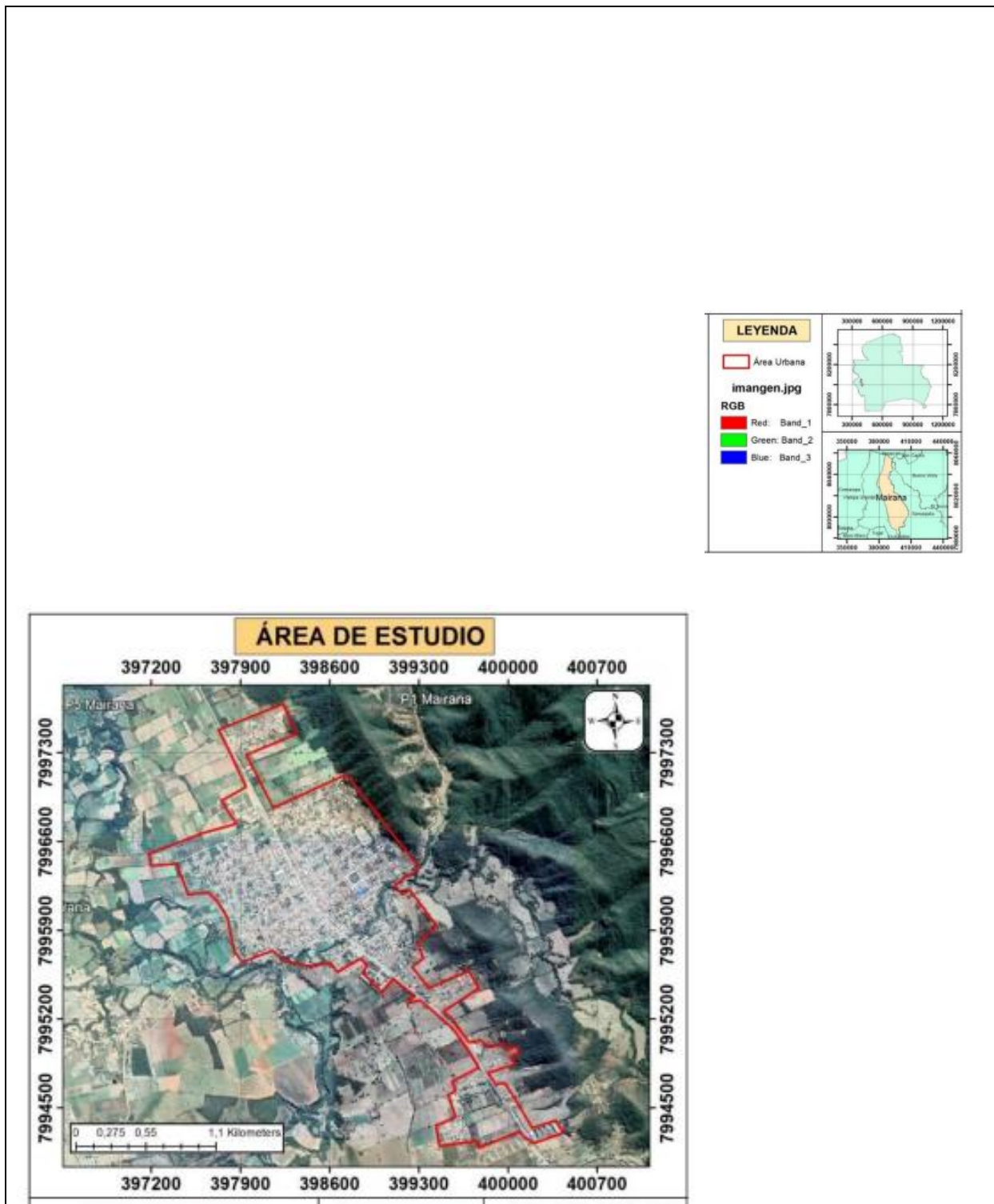
CAPITULO II DIAGNOSTICO

2.1. Situación actual de la gestión de residuos en Mairana

Se realizó la revisión de documentos del municipio, el PTDI, los informes anuales de gestión, el informe de caracterización de residuos y el documento del proyecto de planta de tratamiento de residuos orgánicos. Se revisó esta documentación con el objetivo de analizar el contexto de la situación actual del municipio en cuanto a la gestión integral de residuos sólidos orgánicos. Posteriormente se sintetizó la documentación obteniendo la siguiente tabla resumen.

Tabla 4: Resumen revisión bibliográfica

Gobierno Autónomo Municipal Mairana	
Resumen General	
<p>El área de estudio es el centro poblado del municipio de Mairana ubicado en los valles cruceños. Esta área alberga 3 mercados, 7 hoteles, 55 restaurantes, 11 unidades educativas y 2531 viviendas, aproximadamente 12.732 habitantes. La temperatura media anual es de 20°C, con una máxima en verano de 31°C y una mínima en invierno de 12°C. La precipitación promedio es de 900mm, la época de lluvia es de octubre a marzo con un máximo de 1154mm, mínima de 493mm.</p>	
Plano de ubicación	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;"> <p style="text-align: center;">ÁREA URBANA</p> <p>-Superficie : 281,716 hectáreas. -Fuente: Elaboración propia a través del plano del centro urbano de Mairana.</p> <p style="text-align: center;">IMAGEN JPG</p> <p>-Fuente: Google Earth.</p> <p style="text-align: center;">DATOS CARTOGRÁFICOS</p> <p>-Sistema de proyección UTM Datum WGS 84 - Zona 20 Sur -Escala: 1: 23.300</p> </div>	



Identificación de actores		
Actores directos	Actores públicos	Actores de apoyo

<p>OTBs y juntas vecinales que representan a 9 barrios y 2 urbanizaciones.</p> <p>Asociaciones y gremialistas de los diferentes mercados y ferias populares.</p> <p>Centro de salud, clínicas y hospitales.</p> <p>Asociación de agropecuarios.</p>	<p>Gobierno autónomo municipal, a través de la jefatura de residuos sólidos.</p> <p>Distrital de educación que representa a las 11 unidades educativas del municipio.</p>	<p>DIFAR, desarrollo integral para la familia rural.</p> <p>ICO, Instituto capacitación del oriente</p> <p>Fundación Natura</p>
---	---	---

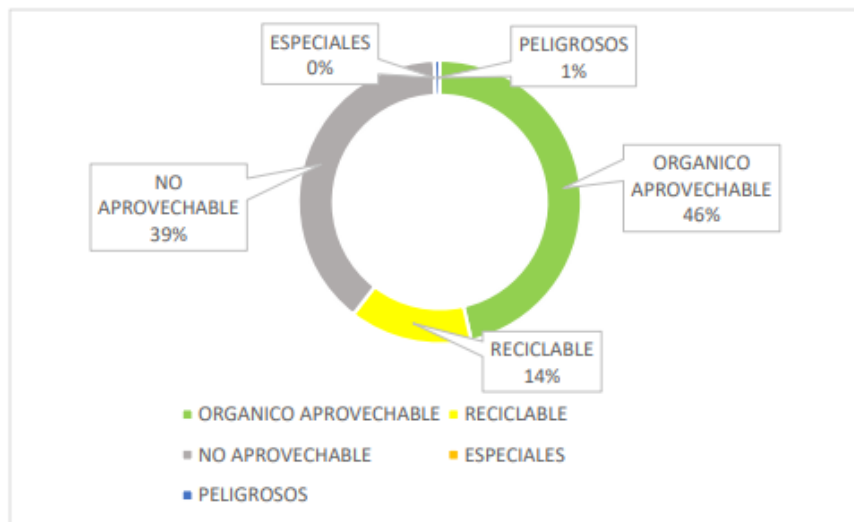
Generación de residuos

Actualmente el municipio a través de la jefatura de residuos sólidos realiza la gestión y el servicio de recolección de residuos en 1 volqueta todos los días de lunes a sábado. Se trabaja actualmente con 1 chofer, 3 recolectores y un jefe de GIRS, se recolectan 8,7 Tn/día en promedio de los cuales aproximadamente el 50% son residuos orgánicos. No se cuenta con servicio de barrido de calles ni disposición final, los residuos son transportados al botadero a cielo abierto, sin recubrimiento ya que no se cuenta con maquinaria pesada.

Procedencia de los Residuos ton/día

Procedencia	R. Orgánico	R. Inorgánico	R. No aprovechable
Domiciliario	2.5	0.35	0.77
Comercial	4.02	0.5	0.17
Institucional	0.01	0.03	0.06
Salud	0.003	0.008	0.02

Caracterización de residuos sólidos



Porcentaje de residuos dispuestos adecuadamente: 0%

Porcentaje de cobertura de recolección: 81%

Tasa de aseo urbano municipal: 3 bs

Capital de inversión proyecto de compostaje: 3 millones Bs

Fuente: Elaboración propia, 2024

Con la revisión bibliográfica se obtuvo gran cantidad de información cualitativa y cuantitativa de fuentes primarias, esta será de gran valor para el presente estudio. Sin embargo, se tienen vacíos

en cuanto al análisis histórico de la generación y recolección de residuos, los recursos invertidos en la gestión de residuos y los problemas que se afronta el GAM por la inapropiada gestión de los residuos generados en el área urbana de Mairana. Con el objetivo de conocer a profundidad la problemática que conlleva la gestión actual de residuos para el municipio y para completar estos vacíos con información cualitativa de primera línea se decidió realizar el análisis FODA con el personal municipal de la unidad de medio ambiente y residuos sólidos.

2.2. Método FODA

Para el presente estudio se utilizará el método FODA con los funcionarios de Gobierno Autónomo Municipal de Mairana, específicamente con el personal de residuos sólidos para poder tener una visión local amplia, con el objetivo de perfilar una línea base para la investigación ya que por los años de experiencia y conocimiento del municipio estas personas se las considera claves para rellenar los vacíos de la información recolectada en la revisión bibliográfica. También nos aportara datos importantes para la propuesta que se desarrollara en el siguiente capítulo.

Tabla 5: Fragmento de la entrevista a los funcionarios del GAMM

<p>(...)</p> <p>Análisis de las Fortalezas (F):</p> <p>¿Cuáles considera que son las principales fortalezas que tiene el municipio en cuanto a la gestión de residuos orgánicos actualmente?</p> <p>¿Qué recursos, capacidades o prácticas exitosas destacaría en el manejo de residuos sólidos, orgánicos actual?</p> <p>Análisis de las Debilidades (D):</p> <p>¿Cuáles son los principales desafíos o debilidades que enfrenta el municipio en la gestión de residuos orgánicos?</p> <p>¿Qué aspectos o áreas específicas requieren de mejoras urgentes en el manejo de residuos sólidos, según su experiencia en el municipio?</p> <p>Análisis de las Oportunidades (O):</p> <p>¿Qué oportunidades puede identificar para mejorar la gestión de residuos orgánicos en el municipio?</p> <p>¿Existen proyectos o iniciativas potenciales que podrían beneficiar la gestión de residuos orgánicos en el futuro cercano? ¿Quiénes serían los beneficiarios directos?</p> <p>Análisis de las Amenazas (A):</p> <p>¿Qué amenazas o retos externos percibe que podrían afectar negativamente la gestión de residuos orgánicos en el municipio? (factores socio-ambientales, técnicos)</p> <p>¿Existen factores externos, como regulaciones legales o cambios en la disponibilidad de recursos, podrían representar riesgos para la gestión de residuos?</p> <p>(...)</p>
--

Fuente: Elaboración propia, 2024

La gestión adecuada de los residuos orgánicos es un aspecto fundamental para promover la sostenibilidad ambiental y mejorar la calidad de vida en las comunidades. En este contexto, el municipio de Mairana se enfrenta a diversos desafíos y oportunidades en la gestión de residuos orgánicos. Para comprender mejor la situación actual desde el foco del funcionario municipal y con el objetivo de planificar acciones futuras, se llevó a cabo entrevistas con preguntas abiertas, un fragmento de estas se encuentra en la parte superior, tabla 5. Posteriormente se realizó el análisis de las respuestas proporcionadas por los funcionarios a través de la metodología FODA.

Es así que se examinó las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas que actualmente afronta el servicio de gestión de residuos. A través de entrevistas realizadas a funcionarios municipales, se recopilaron datos valiosos que permitieron identificar aspectos clave que influyen en la gestión de residuos orgánicos en el municipio, el cuestionario y las respuestas de los funcionarios se detallan en extenso en el Anexo 1 y 2 respectivamente.

Los resultados de este análisis proporcionan una visión integral de la situación actual y orientan hacia posibles estrategias y acciones para mejorar la gestión de residuos orgánicos en Mairana. A continuación, se presentan y analizan los principales hallazgos del cuestionario FODA, destacando tanto los aspectos positivos como los desafíos a enfrentar, con el objetivo de impulsar iniciativas que contribuyan a una gestión más eficiente y sostenible de los residuos orgánicos en el municipio.

Fortalezas:

- Apoyo del órgano ejecutivo y la sociedad civil para la gestión de residuos orgánicos.
- Práctica arraigada en la comunidad de clasificar los residuos orgánicos para alimentar a los animales y producir abonos caseros.
- Inicio de proyectos como la clasificación de residuos orgánicos en origen y la construcción de una planta de compostaje con lombrices.

Oportunidades:

- Educación puerta a puerta y concientización a través de los medios de comunicación para fomentar la clasificación y recolección diferenciada de residuos orgánicos.
- Proyecto de la planta de compostaje con lombrices, que promueve la transformación de la materia orgánica en humus de lombriz.
- La implementación de prácticas de gestión de residuos más sostenibles implica la categorización de la tasa de aseo urbano.

Debilidades:

- Falta de un lugar adecuado para la disposición final de los residuos.
- Recolección de residuos mezclados, lo que dificulta la implementación de un sistema de aprovechamiento de residuos orgánicos.
- Necesidad de personal y recursos para el funcionamiento de la planta de compostaje en construcción.

Amenazas:

- Falta de recursos para la contratación de personal capacitado, para la adquisición de insumos, infraestructura para la gestión diferenciada y para la logística del centro de compostaje, lo que podría afectar la sostenibilidad del proyecto.
- Riesgo de que parte de la población no entregue sus residuos orgánicos, lo que dificultaría el éxito del proyecto de gestión de residuos.

El análisis FODA muestra que el municipio de Mairana tiene una base sólida de apoyo y prácticas existentes en la población sobre la gestión de residuos orgánicos. Así como oportunidades para

implementar proyectos innovadores para mejorar las condiciones de vida de la población y del medio ambiente en la gestión de residuos sólidos. Sin embargo, enfrenta desafíos significativos en términos de infraestructura, recursos y participación ciudadana ya que si bien la población separa sus residuos orgánicos actualmente estos no son dispuestos de una forma apropiada, generando en algunas situaciones microbasurales incluso dentro de sus viviendas. La concientización, la educación y la movilización de recursos son clave para superar estas dificultades y avanzar hacia una gestión de residuos efectiva y sostenible, en la tabla 6 se presenta la síntesis del análisis.

Tabla 6: Análisis FODA

<p style="text-align: center;">Fortalezas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Parte de la población tiene la costumbre de separar sus residuos • Planta de compostaje en proceso de construcción. 	<p style="text-align: center;">Debilidades</p> <ul style="list-style-type: none"> • No se cuenta con relleno sanitario • Se realiza la recolección de residuos sólidos sin segregar o clasificar.
<p style="text-align: center;">Oportunidades</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se inicio las campañas de concientización a la población civil. • Se plantea trabajar con la categorización de la tasa de aseo urbano. 	<p style="text-align: center;">Amenazas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Falta de recursos económicos para implementar infraestructura en el ciclo de gestión de residuos. • Rechazo al proyecto de compostaje de un porcentaje de la población

Fuente: Elaboración propia, 2024

Identificados los cuatro cuadrantes del FODA, se desarrolla las estrategias de potencialidades, desafíos, riesgos y limitaciones con el objetivo de analizar las diferentes situaciones con los aspectos positivos y negativos, internos y externos identificados en la sección previa. A continuación, desarrollamos las estrategias correspondientes a las combinaciones de factores del análisis FODA previamente desarrollado:

1. Estrategia de potencialidades FO (Fortalezas - Oportunidades):

- Fortalecer la colaboración con el órgano ejecutivo y la sociedad civil para promover prácticas de gestión de residuos orgánicos más sostenibles a través del pago de una tasa de aseo urbano categorizada según la generación.
- Aprovechar la educación puerta a puerta y los medios de comunicación para concientizar a la población sobre la importancia y los beneficios de la clasificación y recolección diferenciada de residuos orgánicos.
- Implementar completamente el proyecto de la planta de compostaje con lombrices, aprovechando la oportunidad de transformar la materia orgánica en humus de lombriz para su comercialización, así mejorar los ingresos, promover la economía circular evitando la extracción de tierra vegetal y la gestión de residuos en el municipio.

2. Estrategia de Desafíos DO (Debilidades - Oportunidades):

- Buscar financiamiento y recursos externos para abordar la falta de capital de operación necesario para la gestión de residuos orgánicos, aprovechando oportunidades de apoyo financiero a proyectos ambientales.
- Promover la participación ciudadana y la concientización sobre la importancia de entregar los residuos orgánicos, buscando oportunidades para involucrar a la población en programas de gestión de residuos y acciones de educación ambiental.

3. Estrategia de Riegos FA (Fortalezas - Amenazas):

- Desarrollar estrategias de contingencia, para retrasar la operación de la planta de compostaje, para que a futuro enfrentar la falta de recursos con apoyo externo que apoye con capital de operación y equipamiento para la planta de compostaje y otras iniciativas en la gestión de residuos orgánicos.
- Fortalecer la cooperación interinstitucional y buscar alianzas con otras entidades gubernamentales, organizaciones no gubernamentales y empresas privadas para mitigar posibles amenazas externas y garantizar el éxito de los proyectos de gestión de residuos orgánicos.

4. Estrategia de Limitaciones DA (Debilidades - Amenazas):

- Establecer medidas de control y sensibilización para contrarrestar posibles sanciones legales relacionadas con la gestión inadecuada de residuos, mitigando así los riesgos externos que podrían afectar negativamente la ausencia de la implementación de programas de gestión de residuos orgánicos.

Las estrategias propuestas por el análisis FODA buscan fortalecer la gestión de residuos orgánicos desde la mirada del personal municipal, a través de la colaboración con el GAM y la sociedad civil, con programas de educación puerta a puerta, y la implementación de la planta de compostaje y lombrices, aprovechando las oportunidades del contexto para mejorar la sostenibilidad ambiental y económica de la gestión de residuos sólidos. En otras propuestas se destacan acciones para abordar desafíos como la falta de capital, mediante la búsqueda de financiamiento externo y la promoción de la participación ciudadana. En la estrategia de limitaciones, se proponen tácticas de contingencia y alianzas interinstitucionales, así como medidas de control y sensibilización para evitar sanciones legales. El resumen del análisis desarrollado a través del método FODA se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 7: Presentación de las estrategias FODA

	Fortalezas	Debilidades
	<ul style="list-style-type: none"> • Parte de la población separar sus residuos por costumbre. • Planta de compostaje en proceso de construcción. 	<ul style="list-style-type: none"> • No se cuenta con relleno sanitario • No se clasifican los residuos sólidos para la recolección.

<p>Oportunidades</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se inicio las campañas de concientización a la población civil • Se plantea trabajar con la categorización de la tasa de aseo urbano. 	<p>(Fortalezas - Oportunidades)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Concientizar a la población sobre la importancia de la clasificación y recolección diferenciada. • Establecer una tasa de aseo urbano categorizada. • Implementar el proyecto de compostaje con lombrices, aprovechando la oportunidad de transformar la materia orgánica en humus de lombriz y mejorar así la gestión de residuos orgánicos en el municipio. 	<p>(Debilidades - Oportunidades)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aprovechar oportunidades de apoyo financiero a proyectos ambientales para financiar el capital de operación necesario para la gestión de residuos orgánicos. • Promover la participación comunitaria y buscar oportunidades para involucrar a la población en el programa de gestión de residuos.
<p>Amenazas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Falta de recursos económicos para implementar infraestructura en el ciclo de gestión de residuos. • Rechazo al proyecto de compostaje de un porcentaje de la población 	<p>(Fortalezas - Amenazas)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar estrategias de contingencia para enfrentar la falta de recursos para retazar la puesta en marcha de la planta. • Mitigar amenazas externas a través de alianzas con entidades gubernamentales, organizaciones no gubernamentales y empresas privadas. 	<p>(Debilidades - Amenazas)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Establecer medidas de control y sensibilización para mitigar los riesgos de no contar con la planta de compostaje ni el programa de gestión de residuos orgánicos por falta de capital de operación.

Fuente: Elaboración propia, 2024

El análisis realizado a través del método FODA, proporciono al presente estudio diferentes datos cualitativos, pero sobre todo enriqueció con estrategias y alternativas para el plan de implementación de gestión integral de residuos. También ayudo a comprender desde diferentes perspectivas los problemas internos y externos que enfrenta actualmente el municipio, destacando la importancia de iniciar la gestión diferenciada de residuos afrontando los desafíos actuales y minimizar los riesgos futuros. Se descarta trabajar en la estrategia de riesgo y la estrategia de limitaciones en los pasos posteriores del presente estudio. Enfocando los esfuerzos en la recuperación de los residuos orgánicos, generar compost recuperando los nutrientes y retornándolos al suelo. Minimizar las descargas en el botadero y la contaminación por gases y lixiviados, prolongando así su tiempo de vida útil con la puesta en marcha de la planta de compostaje.

2.3. Método DELPHI

Con toda la información recolectada y analizada en los títulos precedentes se cuenta con la información necesaria para presentar a los expertos una visión clara de la situación actual y posibles alternativas de solución a los desafíos de la gestión de residuos orgánicos para el municipio de Mairana. Para el desarrollo del DELPHI se realizaron 2 rondas de preguntas, en la primera se presentó a los expertos las 2 estrategias resultado del análisis FODA como

alternativas para la gestión de residuos del municipio de Mairana junto con otras preguntas complementarias, en el Anexo 3 se presenta el formulario completo. En la segunda ronda se profundizó en temas de transporte, recolección y tratamiento, este formulario se presenta en el anexo 5. Para responder estos cuestionarios se identificó a expertos nacionales e internacionales para colaborar con el presente estudio. Se eligió los expertos en base a dos criterios, los años de experiencia en la gestión de residuos sólidos y el conocimiento del contexto de nuestro país. Se trabajó con 2 expertos internacionales y 3 de nacionalidad boliviana, un total de 5 expertos que aportaron sus conocimientos a través del método DELPHI.

2.3.1. Bibliografía de los expertos

Nombre	Nacionalidad	Experiencia en GIRS
Felix Schmidt	Suiza	25 años
Ramón Plana	España	25 años
Gonzalo Mondaca	Bolivia	13 años
Dennis García Serhan	Bolivia	10 años
Fredy Espejo	Bolivia	10 años

Felix Schmidt nacido en suiza, estudio, hidrología y ciencias del recurso hídrico tiene un master en ingeniería rural y topografía, con una vasta experiencia en la gestión de residuos sólidos, ha trabajado en diferentes países de Europa, América Latina y África en la implementación, diseño y asesoramiento de rellenos sanitarios, valorización energética, saneamiento de botaderos y sitios contaminados, planificación de recolección y transporte de los residuos sólidos municipales, reciclaje, compostaje, en general en la optimización de la gestión de residuos. Director del CSD Engineers. Docente de la escuela politécnica Federal de Lausana desde 2001. Es experto internacional en gestión de residuos desde 2007, para la organización internacional Helvetas. Docente de la Maestría en gestión de residuos sólidos de la universidad Francisco Xavier de Chuquisaca - Bolivia.





Ramon Plana Gonzalez, nacido en España, es biólogo con una maestría en Agrobiología Ambiental y un doctorado (PhD) en compostaje y manejo de residuos. Posee valiosa experiencia en la gestión de residuos sólidos orgánicos en diferentes países de América, Africa, Asia, Medio Oriente y Europa. Es asesor y consultor ambiental en tratamiento de residuos orgánicos para la agencia de Cataluña y docente. También ha sido asesor de la cooperación técnica y transferencia de conocimientos para la planificación y gestión de los residuos orgánicos de origen municipal en la Universidad de San Andrés de La Paz, Bolivia, durante la gestión 2022.

Como experto internacional en gestión de residuos orgánicos, cuenta con más de 25 años de trayectoria. Desde septiembre de 2007, trabaja como consultor internacional independiente, realizando proyectos de asesoramiento para empresas privadas y organismos públicos, diseñando y poniendo en marcha instalaciones de diferentes escalas, formando personal, así como impartiendo cursos y conferencias y participando como profesor en varios másteres.

Tiene patentados varios equipos de tratamiento de residuos orgánicos mediante procesos biológicos aerobios y anaerobios. Es miembro del Grupo de Trabajo de Residuos Orgánicos de ISWA (International Solid Waste Association) y colaborador habitual de ACR+ (Asociación de Ciudades y Regiones por la gestión sostenible de Recursos). Además, es fundador de la Asociación Profesional para la Prevención, Gestión y Tratamiento de Residuos "Fertile Auro".

Gonzalo Mondaca, de nacionalidad boliviana tiene 13 años de experiencia profesional en Gestión Integral de Residuos Sólidos, también tiene amplia experiencia técnica en sistemas autogestionados de agua potable en zonas periurbanas, construcción de procesos de gestión participativa en cuencas afectadas por contaminación del agua, aplicación de herramientas para la adaptación al Cambio Climático en municipios rurales. Trabajo en la gestión de residuos sólidos en el control de operaciones logísticas y de procesos en la empresa concesionaria del Servicio de Aseo Urbano de la Ciudad de La Paz - Bolivia.





Dennis García Serhan es boliviano y se desempeña como Ingeniero Ambiental. Además de su formación en Ingeniería Ambiental, posee un título de Operador de Planta de Compostaje emitido por el Ministerio de Educación. Ha completado estudios de Diplomado en Gestión Integral de Residuos Sólidos con Enfoque de Circularidad en la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA), una Especialización en Gestión de Residuos de Construcción y Demolición también en la UMSA, y una Maestría en Planificación y Gestión Municipal Urbana en la Universidad Mayor de San Simón (UMSS). Actualmente, trabaja como director de Tratamiento de Residuos en la Empresa Municipal de Gestión de Residuos Sólidos "GERES" del Municipio de Sacaba - Cochabamba.

Freddy Espejo es ingeniero ambiental boliviano, reconocido por su innovadora labor en la gestión de residuos sólidos. Retornando de cuartel, inició su carrera en la gestión de residuos sólidos en la ciudad de La Paz, comenzando como barrendero.

El 2009 comenzó sus estudios en ingeniería en gestión ambiental en la Universidad Bolivariana en Venezuela. Al regresar a Bolivia, Freddy trabajó en la gestión municipal de residuos sólidos en La Paz. Posteriormente funda la empresa "Recojo" (Responsabilidad Ecológica de Jóvenes), esta empresa se dedica a la creación de escobas a partir de botellas PET, transformando residuos en productos útiles y generando empleo para los jóvenes. Trabaja también con lombrices californianas, las cuales generan humus que puede ser aprovechado como fertilizante orgánico.



2.3.2. Análisis DELPHI

Se presento los cuestionarios a los expertos en dos ocasiones, en el primer cuestionario se desarrolló preguntas de opción múltiple para identificar la estrategia para la implementación de la gestión de residuos y las alternativas para afrontar la transición a la recolección diferenciada, tomando en cuenta el transporte y tratamiento de residuos orgánicos. Se presentó a través de formularios de Google el contexto actual del área de estudio y cinco preguntas de opción múltiple, se usó este procedimiento ya que ellos se encuentran dispersos en diferentes departamentos de Bolivia, Suiza y España.

Tabla 8: Cuestionario DELPHI

Cuestionario Inicial para la Metodología DELFI: Gestión Integral de Residuos Orgánicos Municipales			
2. Preguntas de opción múltiple:			
a) En su opinión, cuál de las siguientes estrategias sería la apropiada para la situación del presente caso de estudio. FO: implementar el proyecto de compostaje que viene trabajando en GAMM, transformar los residuos orgánicos que se generan en humus, con este producto generar una fuente de recursos. Apoyados de la campaña de concientización ambiental que se desarrolla actualmente incorporar temas de clasificación y recolección diferenciada, como también el compromiso de apoyo del ciudadano con el pago de una tasa escalonada de aseo urbano. DO: Buscar apoyo financiero externo para iniciar las operaciones de la planta de compostaje. Promover la participación ciudadana a través de la educación ambiental para involucrar a la población en el programa de gestión de residuos orgánicos.			
b) ¿Cuál sería la frecuencia recomendada de recolección en mercados y unidades educativas, en temperaturas medias de 20°C?			
Lunes – Miércoles – Viernes		Martes – Viernes	
c) ¿Qué tipo de material se puede incorporar para reducir la frecuencia de recolección?			
- Compost	- Cascara de arroz	- No es recomendable	
d) ¿Qué métodos de tratamiento de residuos orgánicos considera más adecuado en contextos municipales, en el caso de iniciar la recolección de restaurantes, hoteles y mercados, un aproximado de generación de 4 ton/día?			
- Compostaje	- Vermicompost	- Aireación forzada	- Otro
e) ¿Qué material seco o estructurante recomienda utilizar para el compostaje en pilas o por aireación forzada?			
- Compost maduro	- Cascara de arroz	- Poda triturada	
f) ¿Qué proporción de la mezcla de residuos orgánicos y material seco considera más adecuada para el proceso de compostaje en pilas?			
- 1:1	- 2:1	- 3:1	
g) ¿Recomienda precompostar el residuo antes de realizar la lombricompostaje?			
- No		- Sí (¿por cuánto tiempo?)	

Fuente: Elaboración propia, 2024

Posteriormente se recogió y analizo las respuestas de cada tema tratado, a través del análisis cuantitativo por tablas de frecuencia relativa y absoluta. Finalmente se presentan los resultados en tortas los cuales nos permiten visualizar las respuestas más frecuentes.

ANALISIS PREGUNTA 1: En su opinión, ¿cuál de las siguientes estrategias seria la apropiada para la situación del presente caso de estudio.?

Tabla 9: Tabla de Frecuencias

Expertos	FO	Frecuencia absoluta	DO	Frecuencia absoluta
Felix Schmidt			X	1
Ramón Plana	X	1		
Gonzalo Mondaca	X	1		
Dennis García	X	1		
Fredy Espejo			X	1
Frecuencia relativa		60%		40%

Fuente: Elaboración propia, 2024

Figura 12: Estrategias FODA



Fuente: Elaboración propia, 2024

De acuerdo con la tabla de frecuencias sobre la respuesta de los expertos a la pregunta de la estrategia aconsejable para la transición a la recolección diferenciada es la FO. Esta es la más aconsejada ya que el 60 % de los expertos coincidieron en iniciar el cambio de gestión de los residuos sólidos con recursos propios, (venta del compost, cobro de la tasa de aseo urbano) y minimizando los costos de operación. Posteriormente, en las siguientes etapas buscar fondos externos sin depender de estos. El factor económico es clave para la sostenibilidad del proyecto,

algunos de los expertos brindaron su opinión resaltando la necesidad de realizar un análisis económico a profundidad para definir claramente una estrategia que brinde una sostenibilidad financiera al proyecto de manera autónoma.

ANÁLISIS PREGUNTA 2: frecuencia de recolección en mercados y unidades educativas

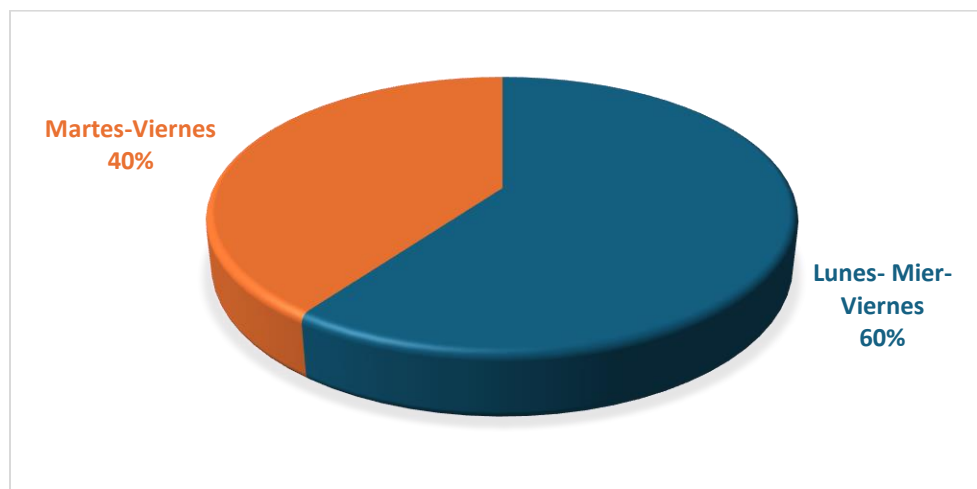
Tabla 10: Tabla de Frecuencias

Expertos	L-X-V	Frecuencia absoluta	M-V	Frecuencia absoluta
Felix Schmidt			X	1
Ramón Plana			X	1
Gonzalo Mondaca	X	1		
Dennis García	X	1		
Fredy Espejo	X	1		
Frecuencia relativa		60%		40%

Fuente: Elaboración propia, 2024

Para mercados y unidades educativas en el municipio de Mairana, considerando la temperatura ambiente media de 20°C, la frecuencia de recolección recomendada por la mayoría de los expertos es 3 veces por semana. Todos los expertos nacionales indicaron que la mejor alternativa es realizar la recolección lunes, miércoles y viernes y los expertos internacionales coincidieron en que la frecuencia de recolección sea solo 2 veces por semana, martes y viernes. Se recomienda que para la selección de los días de recolección se tome en cuenta los días de actividad de estos centros. Por ejemplo, si los mercados y centros educativos no operan los fines de semana, el viernes será un día crucial de recolección, asegurando que los residuos no se acumulen por más de dos días. La frecuencia es importante para prevenir problemas de malos olores y proliferación de insectos o roedores, garantizando un entorno más higiénico y saludable.

Figura 13: Frecuencia de recolección de residuos orgánicos



Fuente: Elaboración propia, 2024

ANÁLISIS PREGUNTA 3: incorporación de material estructurante para reducir la frecuencia de recolección.

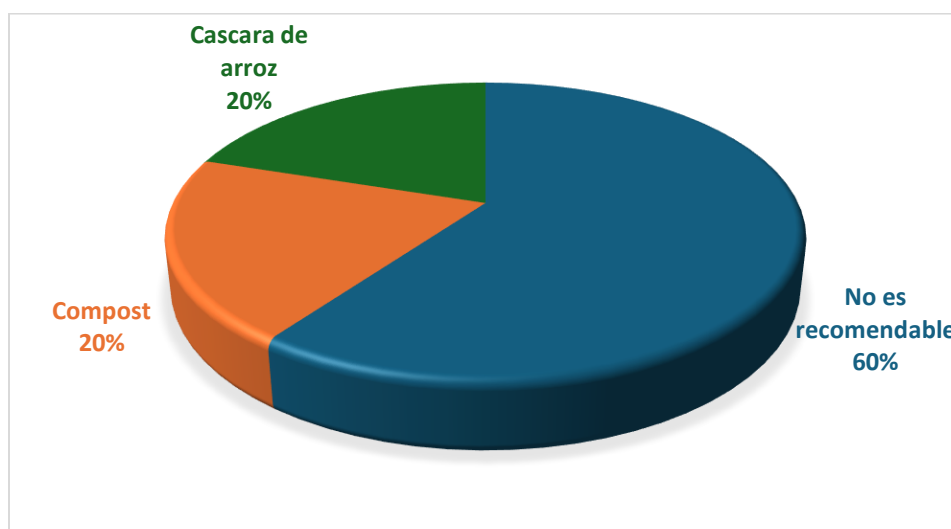
Tabla 11: Tabla de Frecuencias

Expertos	No es recomendable	Frecuencia absoluta	Compost	Frecuencia absoluta	Cascara de arroz	Frecuencia absoluta
Felix Schmidt					X	1
Ramón Plana	X	1				
Gonzalo Mondaca	X	1				
Dennis García	X	1				
Fredy Espejo			X	1		
Frecuencia relativa		60%		20%		20%

Fuente: Elaboración propia, 2024

De acuerdo con el análisis en la tabla para reducir la frecuencia de recolección de residuos orgánicos, se pueden incorporar materiales que ayuden a mitigar olores y la proliferación de insectos. Entre estos, el compost maduro, aserrín, la cáscara de arroz, hojas secas y el cartón de huevo en pequeñas cantidades son opciones viables. En general, aunque estos materiales pueden ayudar a espaciar las recolecciones, no es recomendable reducir la frecuencia de recolección a menos de 2 veces a la semana, especialmente en verano, ya que la zona de estudio tiene climas cálidos y húmedos, esto provoca que la descomposición ocurra rápidamente. El 60% de los expertos indican que no es recomendable la introducción de ningún material a los residuos orgánicos para reducir la frecuencia de recolección. En el caso que se requiera reducir la frecuencia de recolección se recomienda incorporar compost maduro ya que este contiene los microorganismos para iniciar el proceso de degradación de la materia orgánica y no involucran un costo adicional.

Figura 14: Incorporación de materiales para reducir la frecuencia de recolección



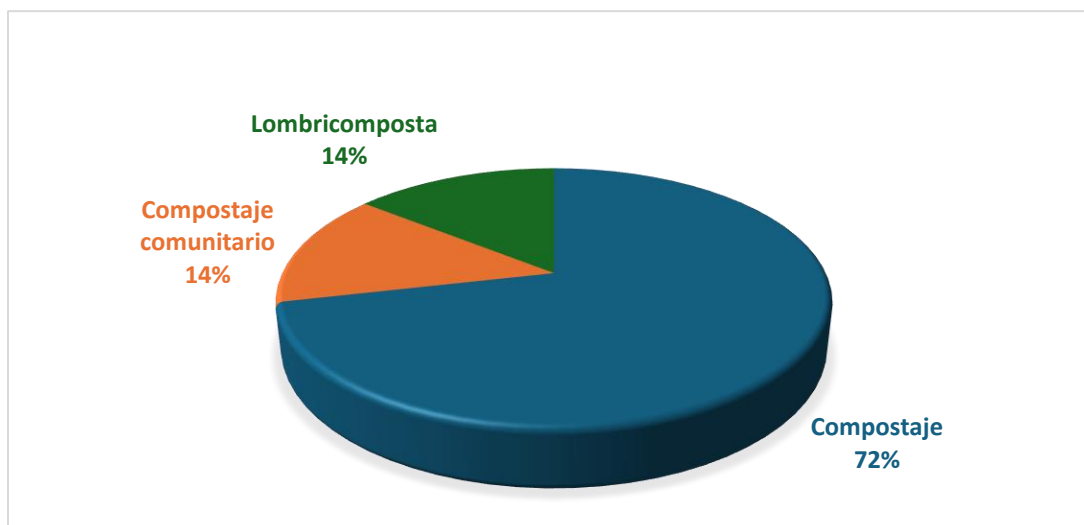
Fuente: Elaboración propia, 2024

ANÁLISIS PREGUNTA 4: métodos de tratamiento de residuos orgánicos**Tabla 12: Tabla de Frecuencias**

Expertos	Compostaje	Frecuencia absoluta	Combinada	Frecuencia absoluta
Felix Schmidt	X	1		
Ramón Plana	X	1	Compostaje comunitario	1
Gonzalo Mondaca	X	1		
Dennis García	X	1		
Fredy Espejo	X	1	Lombricomposta	1
Frecuencia relativa		72%		28%

Fuente: Elaboración propia, 2024

Hay consenso rotundo entre todos los expertos ya que el 72% señalan que el compostaje en pilas es la principal opción para iniciar la gestión diferenciada de residuos en municipios pequeños gracias a su capacidad para degradar residuos orgánicos, producir abono de buena calidad, siempre que la materia orgánica esté bien clasificada desde el origen, los bajos costos de operación y la simplicidad para su operación destacan este tratamiento. Como segunda opción, uno de los expertos señala el compostaje comunitario, particularmente adecuado para comunidades alejadas, donde los costos de transporte elevan los costos de operación. Para cantidades menores de residuos, como las generadas por restaurante y hoteles, el lombricompostaje se destaca, por su bajo costo y su capacidad para producir abono de alta calidad. Cada uno de estos métodos ofrece ventajas específicas y puede ser seleccionado en función de las características y necesidades particulares del municipio, los expertos destacan la importancia de considerar cuidadosamente las necesidades y capacidades del GAM al elegir un método de tratamiento de residuos orgánicos.

Figura 15: Tratamiento de residuos orgánicos

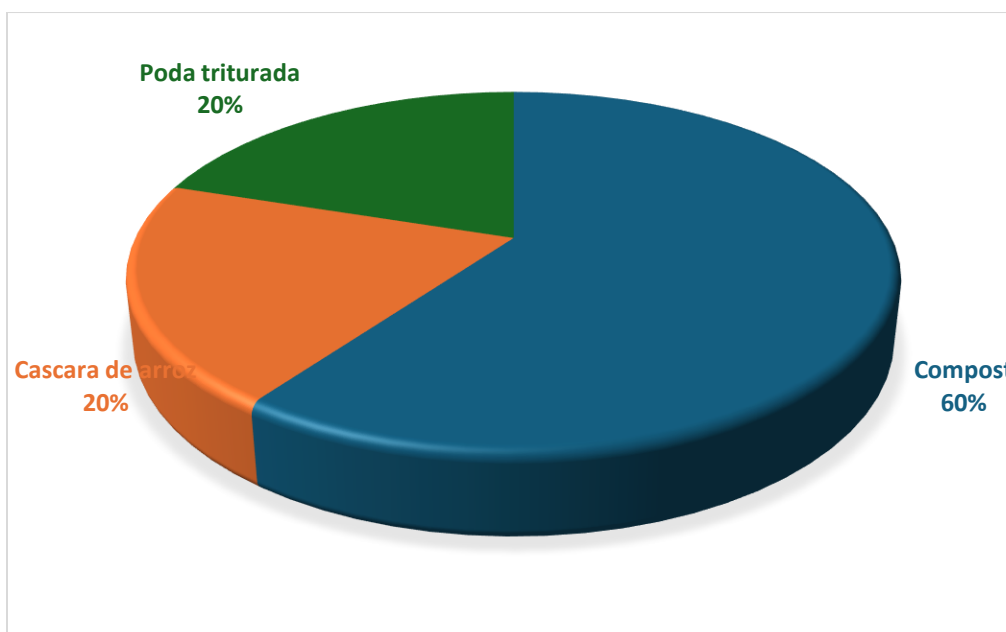
Fuente: Elaboración propia, 2024

ANÁLISIS PREGUNTA 5: Material estructurante para la preparación del compost**Tabla 13: Tabla de Frecuencias**

Expertos	Compost	Frecuencia absoluta	Cascara de arroz	Frecuencia absoluta	Poda triturada	Frecuencia absoluta
Felix Schmidt	X	1				
Ramón Plana					X	1
Gonzalo Mondaca			X	1		
Dennis García	X	1				
Fredy Espejo	X	1				
Frecuencia relativa		60%		20%		20%

Fuente: Elaboración propia, 2024

Para el compostaje en pilas o por aireación forzada, los materiales secos recomendados incluyen restos de poda triturada, composta y cáscara de arroz. Sin embargo, según la tabla de frecuencias, la mayoría de los expertos indican que el uso de compost es particularmente ventajoso, ya que puede influir directamente en la reducción de los costos operativos. Sin embargo, es importante señalar que cualquier material disponible localmente puede ser adecuado, y la proporción de la mezcla debe ajustarse según el tipo y las características del material disponible y el residuo a tratar. La correcta selección y uso de estos materiales estructurantes es crucial para optimizar el proceso de compostaje y asegurar la producción de abono de alta calidad a bajo costo.

Figura 16: Material estructurante para el compostaje

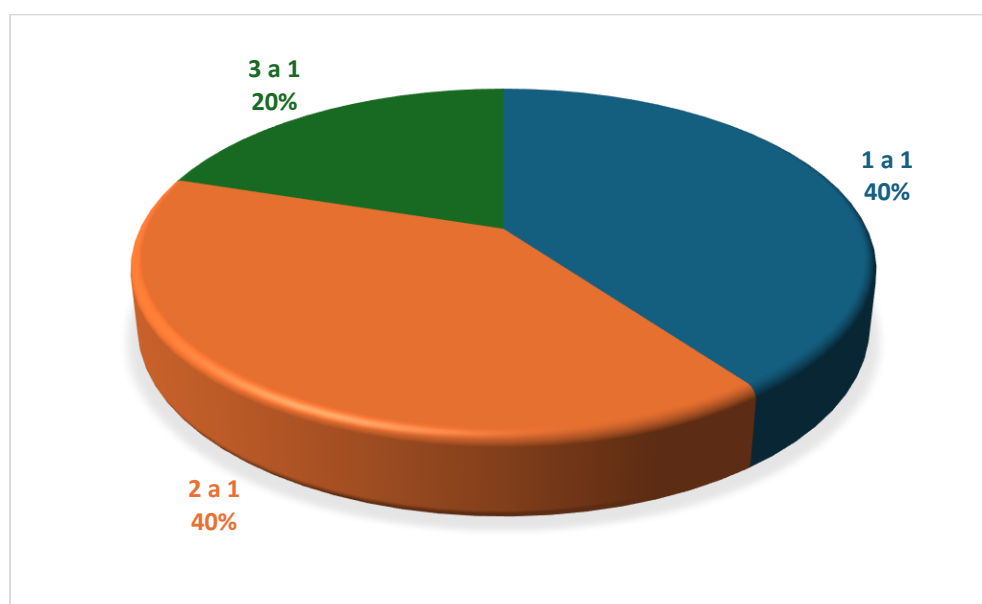
Fuente: Elaboración propia, 2024

ANALISIS PREGUNTA 6: Proporción de mezcla Materia Orgánica: Material Seco**Tabla 14: Tabla de Frecuencias**

Expertos	1:1	Frecuencia absoluta	2:1	Frecuencia absoluta	3:1	Frecuencia absoluta
Felix Schmidt			X	1		
Ramón Plana	X	1				
Gonzalo Mondaca					X	1
Dennis García	X	1				
Fredy Espejo			X	1		
Frecuencia relativa		40%		40%		20%

Fuente: Elaboración propia, 2024

Según la opinión de los expertos analizada en la tabla de frecuencias precedente, la proporción adecuada de residuos orgánicos y material seco para realizar el preparado del compost y tratarlo en el método de pilas puede variar según las condiciones específicas, como el contenido de humedad y la relación carbono/nitrógeno (C/N) de la materia orgánica a tratar. Aunque una proporción de 2:1 (dos partes de residuos orgánicos por una parte de material seco) es un buen punto de partida, sin embargo, es esencial monitorear y ajustar según sea necesario. Ya que esta mezcla puede variar en el transcurso del año por la variación climática y la materia orgánica a tratar. En algunos casos, una proporción de 3:1 podría ser más efectiva, como también 1:1 en caso de tratar con residuos con gran porcentaje de humedad o épocas de calor. Se recomienda equilibrar la humedad para optimizar el proceso de compostaje constantemente. La clave está en el monitoreo y la adaptación continua para lograr una mezcla ideal que promueva una descomposición eficiente y un producto de alta calidad sin vectores ni malos olores.

Figura 17: Proporción de mezcla para el compostaje por pilas

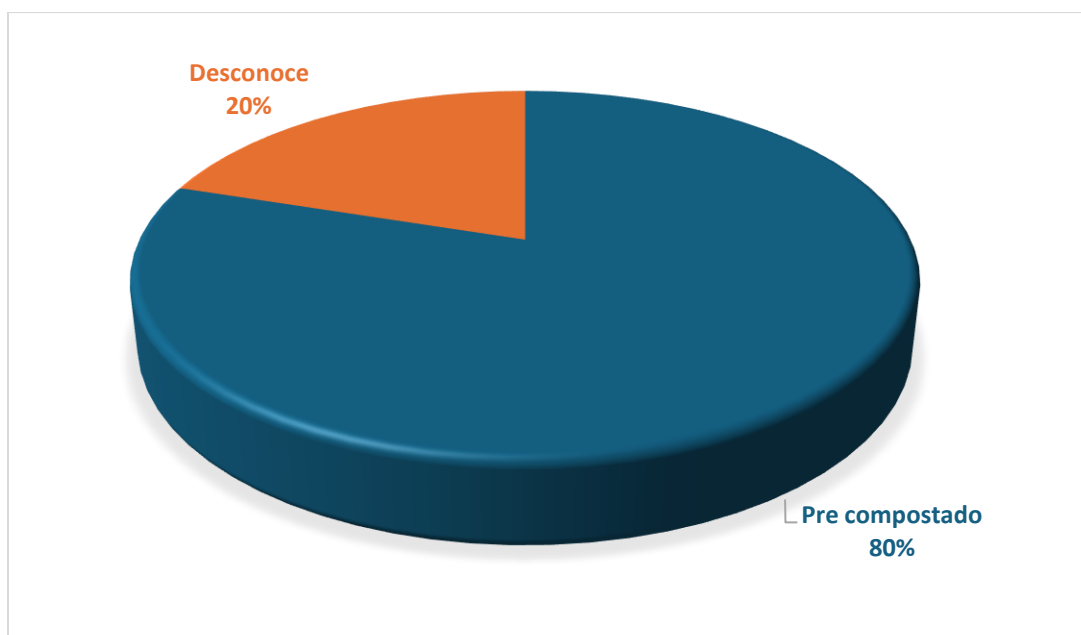
Fuente: Elaboración propia, 2024

ANÁLISIS PREGUNTA 7: Precompostado para el tratamiento con lombrices**Tabla 15: Tabla de Frecuencias**

Expertos	Precompostado	Frecuencia absoluta	Desconoce el tema	Frecuencia absoluta
Felix Schmidt			X	1
Ramón Plana	X	1		
Gonzalo Mondaca	X	1		
Dennis García	X	1		
Fredy Espejo	X	1		
Frecuencia relativa		80%		20%

Fuente: Elaboración propia, 2024

Según el análisis realizado en la tabla de frecuencias existe un consenso total por parte de todos los expertos que es ampliamente recomendado realizar un precompostaje de los residuos orgánicos antes introducir las lombrices. Este proceso inicial de descomposición asegura una mayor estabilidad del material, reduciendo los niveles de fermentación y evitando incrementos excesivos de temperatura que pueden ser perjudiciales para las lombrices. El tiempo sugerido para el precompostaje varía entre 3 a 4 semanas. Este paso es crucial porque las lombrices no tienen dientes y absorben los nutrientes en forma líquida, por lo que el material debe estar suficientemente descompuesto para facilitar su consumo y reducir el tiempo del proceso.

Figura 18: Precompostado para el tratamiento con lombrices

Fuente: Elaboración propia, 2024

Posterior al recopilado y análisis de las respuestas de los expertos en cuanto a la recolección y tratamiento, aspectos que se trabajaron en esta primera ronda del DELPHI, se puede concluir que la gestión de residuos sólidos es un desafío crucial para los municipios pequeños, especialmente aquellos con recursos limitados. Un enfoque recomendado por el 60% de los expertos es iniciar este cambio con recursos propios, como la venta de compost y el cobro de la tasa de aseo urbano, también minimizando los costos operativos. Este método no solo es sostenible, sino que también promueve la autogestión y la sostenibilidad financiera.

La frecuencia de recolección es otro aspecto crítico discutido por los expertos. Mientras que los nacionales recomiendan una recolección tres veces por semana, los internacionales sugieren realizarlo dos veces por semana, sobre todo por el incremento en los costos. Esta frecuencia es vital para prevenir problemas de olores desagradables y la proliferación de insectos y roedores, manteniendo un entorno higiénico y saludable. Reducir la frecuencia de recolección a menos de dos veces por semana no es aconsejable, especialmente en climas cálidos y húmedos, donde la descomposición rápida puede generar problemas sociales y técnicos.

El compostaje en pilas se destaca como una opción viable para la gestión diferenciada de residuos en municipios pequeños. Este método es eficaz para degradar residuos orgánicos y producir abono de buena calidad, siempre y cuando la materia orgánica esté bien clasificada desde el origen. Los bajos costos de operación y la simplicidad del proceso lo convierten en una opción atractiva. Además, la mayoría de los expertos coinciden en que el uso de compost como material estructurante es ventajoso, ya que puede reducir significativamente los costos operativos. La proporción ideal de residuos orgánicos y material seco puede variar según las condiciones específicas, como el contenido de humedad y la relación carbono/nitrógeno (C/N). Aunque una proporción inicial de 2:1 es ideal, sin embargo, es fundamental monitorear y ajustar esta mezcla continuamente para promover una descomposición eficiente y producir compost de alta calidad sin vectores ni malos olores. Es crucial ajustar la proporción de la mezcla de acuerdo con las características de los materiales disponibles y los residuos a tratar. Para el tratamiento con lombrices es recomendable realizar un precompostaje antes del lombricompostaje, para asegurar la estabilidad del material y proteger las lombrices de las temperaturas elevadas.

En resumen, para implementar una gestión eficaz y sostenible de residuos sólidos en municipios pequeños, es crucial aprovechar los recursos propios de forma eficiente, establecer una estrategia financiera sólida, y mantener una frecuencia de recolección adecuada. El factor económico es esencial, los expertos subrayan la importancia de realizar un análisis económico detallado para establecer una estrategia financiera sólida. Este análisis debe considerar todos los aspectos del proyecto, desde los costos iniciales hasta las posibles fuentes de ingresos, asegurando así su sostenibilidad a largo plazo. El compostaje en pilas es una opción viable debido a su simplicidad y bajos costos, siempre y cuando se ajuste adecuadamente la proporción de la mezcla de residuos. Con una combinación de estas estrategias y un monitoreo constante, los municipios pueden gestionar eficientemente sus residuos orgánicos, generando beneficios económicos, ambientales y sociales.

Conociendo los resultados del análisis de la primera ronda del DELPHI se elaboró el segundo cuestionario, en el cual se recopilará de forma amplia los aspectos generales que involucran la gestión de residuos sólidos en un formulario de 7 preguntas. A continuación, se presenta un fragmento del formulario.

Tabla 16: Segundo cuestionario DELPHI

Segundo Cuestionario para la Metodología DELFI: Gestión Integral de Residuos Orgánicos Municipales	
Preguntas Abiertas:	
a)	¿Cuáles son las consideraciones clave que deben tenerse en cuenta al seleccionar un método de transporte para los residuos orgánicos?
b)	¿Qué factores o consideraciones cree usted que son fundamentales al evaluar la efectividad y sostenibilidad en la recolección diferenciada y tratamiento de residuos orgánicos en un entorno municipal?
c)	¿Como recomienda incentivar en cambio de habito y fomentar la participación ciudadana?
d)	¿Qué incentivos recomienda para iniciar la recolección en hoteles y restaurantes?
e)	¿cuáles son los principales desafíos o problemas asociados con la gestión de residuos orgánicos en el punto de transición de recolección mixta a recolección diferenciada?
f)	¿Qué alternativas o soluciones propone para iniciar la recolección de residuos orgánicos diferenciada?
g)	¿Qué aspectos considera ventajosos en este contexto que podamos aprovechar y cuales son factores de riesgo que debemos atender?

Fuente: Elaboración propia, 2024

En estas preguntas se amplió el tema de recolección y transporte y se desarrolló el tema social del cambio de hábitos, los desafíos y alternativas para afrontar la transición a la recolección diferenciada, la sostenibilidad de la gestión integral en el entorno municipal, ventajas y factores de riesgo. Se trabajo con preguntas abiertas y de opción múltiple a través de formularios de Google. Posteriormente se recogió y analizo las respuestas de cada tema tratado, a través del análisis cualitativo de las palabras clave y cuantitativo a través de una tabla de frecuencias.

ANALISIS PREGUNTA 1: Recolección y transporte para los residuos orgánicos

Tabla 17: Tabla de Frecuencias

Indicadores	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
Características geográficas	3	60%
Eficiencia	3	60%
Costos	4	80%

Fuente: Elaboración propia, 2024

Los expertos resaltan 3 factores importantes para tener en cuenta al momento de definir el método de recolección y transporte: la eficiencia, los costos y las características geográficas. La importancia de conocer y mejorar la eficiencia del equipo disponible para reducir tiempos de recolección, la disponibilidad de personal y costo del combustible al seleccionar el método más apropiado, especialmente en áreas concentradas. Calcular de manera realista el tiempo, la distancia y el costo total de la recolección y transporte, incluyendo el costo adicional por mantenimiento de los equipos, camiones, contenedores y otros de ser necesarios. Es importante también considerar la tipología de vivienda, diseño de las calles si son angostas, con altas pendientes, la densidad de población y los sistemas de recolección individualizados o colectivos.

Al igual que en el anterior cuestionario resalta la importancia de considerar los costos tomando en cuenta el contexto específico al seleccionar un método de recolección y transporte para los residuos orgánicos. Las prioridades y alternativas específicas se deben definir en función de las necesidades y capacidades del municipio o área de estudio. Estas alternativas requieren un mayor análisis para identificar e implementar soluciones efectivas y sostenibles para la gestión de residuos orgánicos. Los expertos coinciden en que existen varias alternativas para el equipamiento adecuado, pero estas están en relación de costo beneficio, la geografía, densidad demográfica y la capacidad de procesamiento y gestión de los residuos, una de las alternativas más apropiada para la transición a una recolección diferenciada es el servicio puerta a puerta, que pueden mejorar la calidad y cantidad de residuos orgánicos recolectados. Es necesario considerar la capacidad financiera y administrativa del GAM, la distancia de los puntos de generación al sitio de tratamiento y el nivel de educación ambiental y hábitos de la población. Finalmente se propone la existencia de una normativa municipal y el estudio de mercado para la venta/comercialización de los abonos producidos.

Figura 19: Recolección y transporte de residuos orgánicos

Costos

Eficiencia

Geografía

Fuente: Elaboración propia, 2024

ANÁLISIS PREGUNTA 2: factores fundamentales para la efectividad y sostenibilidad en la recolección diferenciada y tratamiento de residuos orgánicos

Tabla 18: Tabla de Frecuencias

Indicadores	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
Participación ciudadana	5	100%
Educación Ambiental	3	60%
Infraestructura adecuada	2	40%
Legislación	2	40%

Fuente: Elaboración propia, 2024

Según los expertos es importante tomar en cuenta 4 factores fundamentales para la efectividad y sostenibilidad de la gestión diferenciada de residuos, estos se los detalla a continuación:

1. Participación ciudadana: Existe un consenso general sobre la importancia de la participación activa de la comunidad en la entrega de residuos diferenciada. La colaboración y el compromiso de los residentes son considerados fundamentales para el éxito a largo plazo de cualquier programa de gestión de residuos.

2. Educación ambiental: Los expertos están de acuerdo en que la educación ambiental juega un papel crucial para la recolección diferenciada y tratamiento de residuos orgánicos. La sensibilización y la capacitación de la población en cuanto a la separación adecuada de residuos, así como los beneficios ambientales de estas prácticas, son aspectos clave a considerar. También son importantes la capacitación continua del equipo de trabajo para optimizar procesos y reducir costos de operación.

3. Infraestructura adecuada: Se reconoce la importancia de contar con la infraestructura adecuada para la recolección, transporte y tratamiento de residuos orgánicos. Esto incluye la disponibilidad de contenedores separadores, vehículos de recolección diferenciada y plantas de compostaje o instalaciones de tratamiento adecuadas.

4. Legislación y políticas de apoyo: Los participantes concuerdan en que contar con un marco legal y políticas de apoyo sólidas es fundamental para garantizar la efectividad y sostenibilidad de la gestión de residuos orgánicos a nivel municipal. Se sugiere trabajar en regulaciones claras e incentivos para la separación adecuada de los residuos en una segunda etapa. Esto puede impulsar el cumplimiento y la participación de la comunidad, al inicio puede ser contraproducente.

Figura 20: Factores de efectividad y sostenibilidad

Infraestructura adecuada
 Participación ciudadana
 Educación Ambiental
 Legislación

Fuente: Elaboración propia, 2024

El análisis refleja diferentes prioridades y enfoques entre los expertos consultados, sin embargo, se consideran de gran importancia 4 factores: la participación ciudadana, la educación ambiental, infraestructura adecuada y legislación para abordar una estrategia exitosa en la gestión de

residuos orgánicos estos factores deben trabajarse de acuerdo con los recursos financieros existentes, por lo que el análisis de costos es transversal. También se sugiere registrar indicadores de éxito desde un inicio como ser: cantidad de residuos recolectados por ruta, cantidad de producto, % de impurezas, costo del servicio, para poder evaluar la gestión y proponer una mejora continua.

ANALISIS PREGUNTA 3: Cambio de habito y participación ciudadana

Tabla 19: Tabla de Frecuencias

Indicadores	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
Concursos	3	60%
Normativa municipal	4	80%
Capacitaciones	5	100%

Fuente: Elaboración propia, 2024

Para incentivar el cambio de hábitos y fomentar la participación ciudadana en la gestión diferenciada de residuos, se recomienda una combinación de estrategias. Un enfoque integral que incluye capacitaciones, actividades recreativas, y concursos puede ser eficaz para generar conciencia y compromiso. Estas actividades deben estar bien planificadas y coordinadas con todos los actores, dentro de un Programa Municipal de Gestión Integral de Residuos (PMGIR) considerando los costos que generen realizar estas, el público objetivo y la temática a trabajar. La implementación de normativa municipal es fundamental, pero debería introducirse después de evaluar los resultados de las capacidades de tratamiento y condiciones de la gestión de los residuos, asegurando así un proceso de transición más fluido y sostenible. Adicionalmente, la formación de los comerciantes en mercados y usuarios de otros puntos clave es crucial para garantizar una correcta separación de residuos orgánicos de los grandes generadore, lo que fortalece la eficacia del programa y maximiza la participación.

Figura 21: Cambio de habito y participación ciudadana

Capacitaciones
Concursos
 Normativa municipal

Fuente: Elaboración propia, 2024

ANALISIS PREGUNTA 4: incentivos para la recolección en el sector privado

Tabla 20: Tabla de Frecuencias

Indicadores	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
Dotar de contenedores	2	40%
Reducir el impuesto	1	20%
Placa de reconocimiento	2	40%
Entrega de abono	1	20%

Fuente: Elaboración propia, 2024

Para incentivar la recolección diferenciada de residuos orgánicos en hoteles y restaurantes, se recomienda implementar una serie de incentivos que motiven la participación activa de estos establecimientos. La entrega de placas de reconocimiento puede ser una estrategia eficaz, ya que no solo honra el compromiso ambiental del establecimiento, sino que también puede atraer a clientes que valoran la sostenibilidad. Adicionalmente, dotar de contenedores específicos para la separación de residuos orgánicos facilita el proceso y reduce barreras logísticas para los establecimientos. La entrega de abono producido a partir de sus propios residuos puede cerrar el ciclo de reciclaje, ofreciendo un beneficio tangible y directo. Finalmente, considerar la reducción de impuestos municipales para los establecimientos que participen activamente puede ser un incentivo económico significativo que refuerce el compromiso con prácticas sostenibles.

Figura 22: Incentivos para la recolección diferenciada

Placa de reconocimiento
 Dotar de contenedores
 Reducir el impuesto
 Entrega de abono

Fuente: Elaboración propia, 2024

ANÁLISIS PREGUNTA 5: desafíos o problemas asociados con la gestión de residuos orgánicos

Tabla 21: Tabla de Frecuencias

Indicadores	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
Plan municipal	7	100%
Alianzas interinstitucionales	2	30%
Calidad de residuos	2	30%
Cambio de habito	5	70%
Costos	6	86%

Fuente: Elaboración propia, 2024

Según la opinión de los expertos resaltan cinco desafíos en la gestión de residuos sólidos, la más importante necesidad de un plan general a mediano y largo plazo, junto con una asignación presupuestaria creciente para la gestión integral de residuos sólidos. La importancia de establecer alianzas, acuerdos de apoyo técnico y financiero con diferentes entidades, incluyendo gobiernos municipales vecinos, organizaciones no gubernamentales, cooperación internacional y universidades. El desafío diario de garantizar la calidad de la fracción orgánica y minimizar la presencia de elementos no orgánicos mezclados con los restos orgánicos, lo cual requiere educación ambiental, concientización ciudadana y un esfuerzo en campañas de sensibilización. Finalmente, los costos, el costo adicional asociado con la recolección diferenciada y el tratamiento de los residuos, la población está lista para pagar tarifas más altas. Es un gran desafío el asumir los costos y responsabilidades asociadas con la gestión de residuos orgánicos, así como la logística, financiación del transporte y tratamiento de los materiales recuperados. La sostenibilidad económica del servicio y la viabilidad de generar ingresos a partir de la venta del abono producido, así como la implementación de tasas o pagos por el servicio prestado son puntos críticos para desarrollar con detalle.

Figura 23: Desafíos en la GIRS



Fuente: Elaboración propia, 2024

ANALISIS PREGUNTA 6: alternativas o soluciones para iniciar la recolección diferenciada

Tabla 22: Tabla de Frecuencias

Indicadores	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
Estrategia gradual	5	100%

Fuente: Elaboración propia, 2024

Existe un consenso en todos los expertos sobre la importancia de diseñar un plan de gestión de residuos con una estrategia gradual y escalonada que considere las diferencias entre los grandes generadores. La transición inicia por los espacios municipales mataderos, viveros, mercados, parques municipales y luego extendiéndose a los grandes generadores privados como hoteles, restaurantes y comercios. Finalmente extender el servicio a los domicilios una vez se tenga la técnica de tratamiento de residuos orgánicos afinada, los costos de operación determinados y la logística de la gestión establecida, no intentar abarcar a todos los generadores de manera simultánea. Se sugiere realizar capacitaciones a cada sector, antes de extender el servicio, educar, capacitar y desarrollar consensos con los generadores, así como de garantizar las capacidades logísticas del municipio para garantizar el éxito de la recolección diferenciada. Se debe analizar la capacidad de tratamiento y los costos que involucran antes de crecer a los niveles más amplios, ya que esto puede traer consecuencias contraproducentes para la sostenibilidad del proyecto y aumentar el rechazo de la participación ciudadana.

Figura 24: Estrategia gradual



Fuente: Elaboración propia, 2024

ANÁLISIS PREGUNTA 7: ¿Qué aspectos considera ventajosos en este contexto que podamos aprovechar y cuales son factores de riesgo que debemos atender?

Tabla 23: Tabla de Frecuencias

Indicadores	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
Terreno propio	3	60%
Porcentaje de la MO	3	60%
Condiciones ambientales	2	40%
Población reducida	3	60%

Fuente: Elaboración propia, 2024

Entre las ventajas identificadas por los expertos destacan la propiedad municipal del terreno destinado al tratamiento de residuos orgánicos, ya que evita la interferencia de ingresos ajenos y asegura un control adecuado del espacio. Además, el alto porcentaje de la materia orgánica (MO) en la caracterización de residuos, la poca población que habita el municipio y las condiciones ambientales de la región son elementos cruciales que pueden favorecer los procesos de compostaje. Estos factores, junto con la voluntad política y la capacidad de alcanzar consensos con actores clave como juntas vecinales, comunidades, gremios y asociaciones, pueden ser aprovechados para una buena gestión integral y sostenible a mediano y largo plazo.

El pequeño tamaño de la población presenta una oportunidad única para desarrollar un modelo de gestión de residuos a medida, adaptado a las circunstancias y necesidades específicas de la localidad. La cercanía a la población permite una comunicación más directa y efectiva, lo que puede ser una gran ventaja si se maneja adecuadamente. La buena comunicación con la población, las empresas y los principales productores de residuos es un factor que puede facilitar la implementación del sistema de gestión de residuos. La capacidad de involucrar a la comunidad y obtener su apoyo es fundamental para el éxito del proyecto.

Figura 25: Ventajas para el municipio de Mairana

Porcentaje de la MO
 Terreno propio
 Población reducida
 Condiciones ambientales

Fuente: Elaboración propia, 2024

Tabla 24: Tabla de Frecuencias

Indicadores	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
Comunicación	4	80%
Equipo de trabajo	3	60%

Fuente: Elaboración propia, 2024

El riesgo principal identificado por los expertos radica en comenzar sin contar con todos los elementos técnicos y personal capacitado, y sin una buena comunicación y consenso con la población sobre el nuevo modelo a desarrollar. La resistencia al cambio y el desconocimiento pueden obstaculizar la implementación efectiva del sistema. La limitada capacidad de las instituciones públicas, la inexistencia de una normativa municipal y el rechazo de la población por desconocimiento son factores de riesgo que deben ser atendidos con educación ambiental y comunicación asertiva.

Figura 26: Riesgos en la transición a la gestión diferenciada

Comunicación

Equipo de trabajo

Fuente: Elaboración propia, 2024

En conclusión, el contexto presenta varias ventajas que pueden ser aprovechadas para implementar un sistema de gestión de residuos orgánicos eficiente y sostenible en el centro urbano del municipio de Mairana. La propiedad municipal del terreno, las condiciones ambientales favorables, el apoyo político y la capacidad de comunicación con la población son elementos clave. Sin embargo, es crucial abordar los riesgos asociados, como la falta de consenso, la limitada capacidad institucional y el desconocimiento de la población. Con una planificación adecuada, educación ambiental y comunicación efectiva, estos desafíos pueden ser superados para lograr un sistema de gestión de residuos exitoso y sostenible.

En la segunda ronda del Delphi, se profundizó en los temas de recolección y tratamiento de residuos, destacando los factores clave que influyen en estos procesos para lograr una mejora

continua. Los expertos subrayaron tres factores cruciales a considerar al definir el método de recolección y transporte: la eficiencia, los costos y las características geográficas. Calcular de manera realista el tiempo, la distancia y el costo total de la recolección y transporte, incluyendo los gastos adicionales por mantenimiento de equipos y vehículos, es fundamental. Además, es necesario tener en cuenta la tipología de vivienda, el diseño de las calles, la densidad de población para elegir los sistemas de recolección, ya sean individualizados o colectivos.

Para garantizar una estrategia exitosa en la gestión de residuos orgánicos, es esencial analizar cuatro factores: la participación ciudadana, la capacidad técnica del equipo de trabajo, la infraestructura adecuada y la legislación. Estos factores deben trabajarse conforme a los recursos financieros disponibles, haciendo que el análisis de costos sea transversal. Es imprescindible medir y registrar indicadores de éxito, como la cantidad de residuos recolectados por ruta, la cantidad de producto, el porcentaje de impurezas y el costo del servicio. Incentivar el cambio de hábitos y fomentar la participación ciudadana requiere una combinación de actividades. Capacitaciones, actividades recreativas y concursos son herramientas efectivas para generar conciencia y compromiso. Implementar una normativa municipal es fundamental, pero esta debe introducirse después de evaluar las capacidades y condiciones de gestión de residuos, asegurando así una buena transición hacia la gestión diferenciada. La entrega de placas de reconocimiento, dotar de contenedores específicos para la separación de residuos orgánicos, la entrega de abono producido a partir de los propios residuos y la reducción de impuestos municipales para los establecimientos participantes son incentivos tangibles que refuerzan el compromiso con prácticas sostenibles.

Los expertos también identificaron cinco desafíos en la gestión de residuos sólidos: la necesidad de un plan general a mediano y largo plazo, la importancia de establecer alianzas y acuerdos de apoyo técnico y financiero, garantizar la calidad de la fracción orgánica, los costos adicionales asociados con la recolección diferenciada y la aceptación de tarifas más altas por parte de la población. Existe consenso entre los expertos sobre la necesidad de una estrategia gradual que comience con los grandes generadores municipales y luego se extienda a los privados y finalmente a los domicilios.

Entre las ventajas identificadas se destacan la propiedad municipal del terreno, el alto porcentaje de materia orgánica en los residuos, la poca población del municipio y las condiciones ambientales favorables. Estos factores facilitan la gestión integral y presentan una oportunidad única para desarrollar un modelo de gestión de residuos adaptado a las necesidades específicas del municipio. Sin embargo, el principal riesgo identificado es iniciar sin contar con todos los elementos técnicos y el personal capacitado necesario, así como sin una comunicación y consenso adecuados con la población. Abordar estos desafíos y aprovechar las ventajas identificadas será clave para lograr una gestión de residuos orgánicos eficiente y sostenible.

CAPITULO III PROPUESTA

3.1. Propuesta del plan de gestión integral de residuos orgánicos

Bajo el nuevo paradigma propuesto de una economía circular, con especial énfasis en la circularidad de los nutrientes, la gestión de residuos de la presente propuesta prioriza el reciclaje de los nutrientes y materia orgánica de la forma más eficaz y eficiente para el municipio de Mairana. Para esto existen diferentes procesos biológicos posibles de operación y tratamiento a escala comercial para residuos de origen urbano. Con los resultados obtenidos del análisis del contexto actual de la gestión de residuos sólidos del municipio de Mairana, se ha podido detectar un problema central, como es la inadecuada gestión y disposición final de residuos sólidos en el área de estudio. En base a los resultados del análisis FODA se desarrollan estrategias a partir de las fortalezas, debilidades, amenazas y oportunidades potenciales para la propuesta de acciones para afrontar de la mejor manera los desafíos de la Gestión Integral de Residuos Sólidos. De este análisis se tomaron en cuenta dos estrategias, en consenso con los funcionarios de la alcaldía, estas estrategias han sido evaluadas, juntamente a los criterios de cada etapa del servicio y el aspecto social por los expertos en 2 rondas a través del método DELPHI, producto de este proceso se desarrolla una propuesta para el plan estratégico para la transición a una gestión diferenciada de residuos orgánicos en el área urbana del municipio de Mairana.

3.1.1. Alcances

Figura 27: Estructura de planificación sectorial



Fuente: Guía para la formulación de programas municipales en GIRS, 2012

Según la normativa nacional los planes y programas municipales se establecen a corto plazo, la planificación de la gestión de residuos sólidos se enlaza a su vez al Plan Sectorial de Desarrollo – Saneamiento Básico (PSD – SB), y este es parte del Plan Nacional de Desarrollo (PND), como nos muestra la figura 27. Por lo que la presente propuesta, es planteada para ser ejecutada en un periodo de 3 años, durante la gestión 2024 a la 2027, donde se propone desarrollar estrategias y acciones para el periodo de transición a una recolección diferenciada y la puesta en marcha de la planta de compostaje del municipio de Mairana.

En el marco de la normativa nacional, ley 755 y PND, se priorizar la prevención en la generación de residuos sólidos en el origen, tanto en cantidad como en su peligrosidad, desde las etapas de extracción, producción hasta el consumo de bienes, así como su aprovechamiento mediante procesos de separación en origen, recolección diferenciada y tratamiento fisicoquímico y/o biológico, tomando en cuenta la generación de empleo digno, fomento al reciclaje y la participación del sector productivo, en el marco de la responsabilidad extendida del productor.

El presente plan propone desarrollar actividades que están centrados en la gestión integral de residuos sólidos orgánicos con el cambio del modelo lineal a una gestión circular. Con este modelo, se pretende aprovechar y generar recursos económicos con valor agregado que se le dará a los residuos sólidos, para reducir la carga contaminante en el botadero y reinsertar los nutrientes en los suelos agrícolas del municipio de Mairana.

Actualmente el municipio a través de la jefatura de residuos recolecta, transporta y dispone los residuos del área urbana en su conjunto. El presente plan pretende insertar el aprovechamiento y transformación de los residuos orgánicos al proceso actual.

La propuesta se enfoca en un planteamiento técnico, ambiental y social, se desarrollará el aspecto económico con el apoyo de la aplicación OrganECS. puesto que en el análisis realizado no se encontró la información detallada para trabajar este aspecto, sin embargo, con el apoyo de la herramienta se estimarán los costos asociados con la operación de la planta de compostaje.

3.1.2. Objetivo General

Establecer una gestión integral de residuos orgánicos con enfoque de circularidad en el área urbana del municipio de Mairana en un periodo de 36 meses.

3.1.3. Objetivos Específicos

Fortalecer la estructura operativa, técnica y legal de la unidad de residuos sólidos del municipio de Mairana, mediante la actualización del marco normativo, la capacitación del 90% del personal en 36 meses.

Implementar un sistema de economía circular en la gestión integral de residuos sólidos orgánicos, a través de la puesta en marcha de la planta de compostaje y la articulación entre actores públicos y privados, con la meta de reducir un 80% de los residuos orgánicos en el botadero municipal.

Impulsar una cultura de gestión de residuos orgánicos en el centro urbano de Mairana mediante estrategias de educación ambiental, ferias, campañas puerta a puerta y mecanismos de monitoreo comunitario, para alcanzar que el 80% de hogares adopten prácticas de separación y aprovechamiento.

Tabla 25: Desarrollo de los objetivos específicos

Área	Objetivo	Acciones	Metas
Institucional	Fortalecer la estructura operativa, técnica y legal de la unidad de residuos sólidos del municipio de Mairana, mediante la actualización del marco normativo, la capacitación del 90% del personal en 36 meses.	Desarrollar capacidades en el personal técnico y operativo.	90 % del personal técnico y operativo capacitados en gestión integral de residuos sólidos orgánicos.
		Mejorar la eficiencia en el tratamiento de los residuos.	Estandarizar el proceso de tratamiento de los residuos orgánicos.
		Implementar un sistema de monitoreo y evaluación en la gestión de residuos orgánicos.	A partir del año 2025 se cuenta con sistema de monitoreo, evaluación de la gestión de residuos orgánicos.
		Impulsar la ley municipal de gestión de residuos	80% del legislativo es consciente de la importancia de la GIRS
Gestión operativa	Implementar un sistema de economía circular en la gestión integral de residuos sólidos orgánicos, a través de la puesta en marcha de la planta de compostaje y la articulación entre actores públicos y privados, con la meta de reducir un 80% de los residuos orgánicos en el botadero municipal.	Promover el desarrollo de Economía Circular en el proceso de gestión de Residuos Sólidos Orgánicos.	Establecer un convenio con el 50% de plantineras y viveros del municipio, para evitar la extracción de tierra negra. 80 % de los residuos orgánicos son tratados en la planta de compostaje.
		Implementar un sistema de recolección diferenciada	80% de cobertura con recolección diferenciada.
		Iniciar tratamiento diferenciado de animales muertos, restos de mataderos, productos alimenticios vencidos.	Establecer alianzas con institutos y universidades para el trabajo de estudios en el tratamiento de residuos orgánicos especiales.
Participación ciudadana	Impulsar una cultura de gestión de residuos orgánicos en el centro urbano de Mairana mediante estrategias de educación ambiental, ferias, campañas puerta a puerta y mecanismos de monitoreo comunitario, para alcanzar que el 80% de hogares adopten prácticas de separación y aprovechamiento.	Promover la separación de residuos sólidos en origen	Al menos el 80% de la población aplica la separación en origen de residuos sólidos orgánicos.
		Elaborar y difundir material educativo por redes sociales y medios de comunicación local	A partir de año 2024 y por un lapso de 3 años se trabaja en material de difusión para la sensibilizado de la población, respecto del manejo adecuado de los residuos sólidos.
		Realizar actividades recreativas masivas con enfoque educativo como ferias, campañas puerta a puerta y otros.	A partir del año 2024 y por el lapso de 3 años, se realizan actividades educativas con la participación a la población.

Fuente: Elaboración propia, 2024

3.1.4. Estrategia de implementación

Se desarrollará la estrategia por áreas de acción, en cada área de acción se establecen 3 fases, de esta forma nos ayudaran a gestionar una transición integral, mismas que se propone trabajar de forma transversal en todas las áreas.

Tabla 26: Estrategias para el área institucional

Acciones	Estrategia	Metas
PRIMERA FASE (6 meses)		
Desarrollar capacidades en el personal técnico y operativo.	Capacitar en manejo de residuos orgánicos, al personal de áreas verdes y residuos.	30 % del personal técnico y operativo del GAM capacitados en gestión integral de residuos sólidos orgánicos.
Mejorar la eficiencia en el tratamiento de los residuos.	Participar en talleres y capacitaciones de compostaje y lombricomposta. Participar de forma activa en la puesta en marcha de la planta de compostaje.	80% del personal de residuos conoce el proceso de tratamiento de los residuos orgánicos. Establecer planillas de control.
SEGUNDA FASE (12 meses)		
Desarrollar capacidades en el personal técnico y operativo.	Capacitar al personal municipal en manejo de residuos orgánicos.	60 % del personal técnico y operativo del GAM esta capacitados en gestión integral de residuos sólidos orgánicos.
Mejorar la eficiencia del tratamiento de los residuos.	Impulsar una gestión de mejora continua. Establecer el organigrama de la unidad de residuos.	Identificar brechas y dificultades en el proceso de tratamiento. 100% de residuos tratados son monitoreados.
Gestionar alianzas interinstitucionales	Identificar ONGs, empresas, universidades u otras instituciones en la zona	Tener acercamientos con 4 instituciones
Impulsar la ley municipal de gestión de residuos	Invitar al legislativo a conocer planta de compostaje.	40% del legislativo es consciente de la importancia de la GIRS
TERCERA FASE (18 meses)		
Desarrollar capacidades en el personal técnico y operativo.	Capacitar al personal municipal en manejo de residuos orgánicos.	90 % del personal técnico y operativo capacitados en gestión integral de residuos sólidos orgánicos.
Mejorar la eficiencia del tratamiento de los residuos.	Impulsar una gestión de mejora continua,	Estandarizar el proceso de tratamiento de los residuos orgánicos.
Gestionar alianzas interinstitucionales	Establecer alianzas con universidades	Firmar convenios con 2 instituciones
Impulsar la ley municipal de gestión de residuos	Presentar una propuesta de ley y tasa de aseo urbano	80% del legislativo es consciente de la importancia de la GIRS

Fuente: Elaboración propia, 2024

En el área institucional se trabajará de lleno en desarrollar capacidades técnicas, operativas y administrativas principalmente en el personal de la unidad de residuos sólidos, puesto que serán los responsables de impulsar la gestión diferenciada y operar la planta de compostaje. Sin olvidar a los funcionarios del GAM puesto que también serán parte esencial contar con el apoyo de las otras unidades, jefaturas y direcciones. El propósito del fortalecimiento institucional es mejorar la capacidad de gestión, ajustando en primera instancia la estructura orgánica y mejorar las capacidades del personal para adecuarse al nuevo proyecto. También se propone desarrollar alianzas con el órgano legislativo para impulsar la ley municipal de residuos y el estudio de categorización de la tasa de aseo urbano. De la misma forma con otras instituciones como ser universidades, diferentes gobiernos municipales o departamental, ONG, Fundaciones y otras vinculadas al área de residuos o medio ambiente para facilitar el desarrollo de la gestión de residuos sólidos en el municipio de Mairana.

En el área de gestión operativa para residuos orgánicos se desarrolla en tres fases al igual que el área institucional, con los mismos rangos de tiempos, sin embargo, se plantean metas específicas de la gestión operativa cada etapa. La primera de 4 a 6 meses se enfoca en la implementación de un sistema de recolección diferenciada en áreas municipales como parques, áreas verdes y mercados. Es primordial poner en prácticas las capacitaciones del personal de residuos y realizar pruebas piloto en cuanto a recolección y tratamiento de los residuos. En esta primera etapa se establecerán la frecuencia de recolección, las proporciones de mezcla y el proceso de tratamiento de los residuos orgánicos. Es recomendable iniciar con compostaje por pilas, como material estructurante agregar el mismo compost o los restos que no pasen el tamiz en una proporción de 2 a 1. Con el tiempo y la experiencia ganada estandarizar procesos de recolección y tratamiento tomando en cuenta el factor económico. Para esto se debe evaluar constantemente la gestión de los residuos orgánicos.

En la segunda fase se amplían las acciones hacia áreas comerciales, hoteles, restaurantes, y unidades educativas, con el objetivo de aumentar la capacidad de tratamiento de los residuos orgánicos en la planta, pero con el mínimo incremento en la ruta de recolección. Se inicia la implementación de un sistema de monitoreo y evaluación para estandarizar el tratamiento de residuos orgánicos. Además, se busca establecer convenios con viveros y plantineras del municipio para mitigar el impacto de la extracción de tierra negra y sustituir este insumo por el compost y humus producido a partir de los residuos recolectados.

En la tercera fase se enfocan en la optimización de la ruta de recolección, esta es la fase de expansión ya que se pretende intervenir en la recolección domiciliaria, empezando con las OTBs y Juntas Vecinales cercanas a la ruta de recolección diferenciada ya existente. Se pretende que el 80% de los residuos orgánicos sean tratados en la planta de compostaje y que la cobertura con recolección diferenciada alcance paulatinamente toda el área urbana del municipio de Mairana.

Las 3 fases de la estrategia para el área de gestión operativa se desarrollan en la siguiente tabla:

Tabla 27: Estrategias para el área Gestión operativa

Acciones	Estrategias	Metas
PRIMERA FASE (6 meses)		
Promover el desarrollo de Economía Circular en el proceso de gestión de Residuos Orgánicos.	Realizar la capacitación y recolección en áreas municipales (áreas verdes, mercados, etc)	10 % de los residuos orgánicos son tratados en la planta de compostaje.
Implementar un sistema de recolección diferenciada	Realizar la recolección 3 veces a la semana en las áreas municipales.	5% de cobertura con recolección diferenciada.
SEGUNDA FASE (12 meses)		
Promover el desarrollo de Economía Circular en el proceso de gestión de Residuos Sólidos Orgánicos.	Realizar la capacitación y recolección en el área comercial (hoteles, restaurantes, etc) y unidades educativas.	40 % de los residuos orgánicos son tratados en la planta. Establecer un convenio con el 20% de plantineras y viveros del municipio, para evitar la extracción de tierra negra.
Implementar un sistema de recolección diferenciada	Incorporar en la ruta a los hoteles, restaurantes, UE.	20% de cobertura con recolección diferenciada.
Implementar un sistema de monitoreo y evaluación en la gestión de residuos orgánicos.	Establecer planillas de control para el seguimiento de los generadores y estandarizar el tratamiento	A partir del año 2025 se cuenta con sistema de monitoreo, evaluación de la gestión de residuos orgánicos.
TERCERA FASE (18 meses)		
Promover el desarrollo de Economía Circular en el proceso de gestión de Residuos Sólidos Orgánicos.	Realizar la capacitación y recolección domiciliaria, iniciando con las OTBs y Juntas Vecinales aledañas a la ruta de recolección diferenciada.	convenio con el 50% de viveros y plantineras del municipio, y evitar la extracción de tierra negra. 80 % de los residuos orgánicos son tratados en la planta de compostaje.
Implementar un sistema de recolección diferenciada	Incorporar en la ruta a los domicilios	80% de cobertura con recolección diferenciada.
Iniciar tratamiento de animales muertos, restos de mataderos, productos alimenticios vencidos.	En alianza con universidades iniciar tratamiento de residuos orgánicos especiales.	Firma de alianza con universidades.

Fuente: Elaboración propia, 2024

Tabla 28: Estrategias para el área de participación ciudadana

Acciones	Estrategia	Metas
Promover la separación de residuos sólidos en origen	Ampliar gradualmente en cada fase talleres de educación ambiental, capacitaciones individuales previo y junto con la recolección.	Al menos el 80% de la población aplica la separación en origen de residuos sólidos orgánicos.
Elaborar y difundir material educativo por redes sociales y medios de comunicación local	Constantemente, destacando cada hito del proyecto.	A partir de año 2024 y por un lapso de 3 años se trabaja en material de difusión para la sensibilizado de la población, respecto del manejo adecuado de los residuos sólidos.
Realizar actividades recreativas masivas con enfoque educativo, como ser ferias y campañas.	De forma coordinada con las instituciones aliadas (unidades educativas, centro de salud, ong)	A partir del año 2024 y por el lapso de 3 años, se realizan actividades educativas con la participación a la población.

Fuente: Elaboración propia, 2024

En el área de cambio de hábito las acciones propuestas, junto con sus estrategias y metas, tienen el potencial de transformar la gestión de residuos sólidos en la comunidad. Promover la separación de residuos en origen, con la meta de que al menos el 70% de la población participe, es un paso fundamental hacia una gestión más sostenible. Para esto se deberá trabajar sobre todo en educación ambiental y capacitaciones personalizadas a cada sector que se involucre en cada fase. Conjuntamente se trabaja la adaptación de la infraestructura para la separación de los residuos, tachos específicos para el almacenamiento de los residuos orgánicos, área práctica y limpia para estos tachos.

Para lograr el cambio de hábito y el mayor porcentaje de población que participe será necesario la constante elaboración y difusión de material educativo, destacando los hitos del proyecto, visibilizar el trabajo del personal de residuos, asegurará una sensibilización continua de la población respecto al manejo adecuado de los residuos, las ventajas ambientales y sociales que este hábito conlleva. Además, para incentivar aún más la participación de la comunidad se proponen realizar concursos, incentivos y reconocimientos. Realizar actividades recreativas masivas con enfoque educativo, coordinadas con instituciones aliadas, fomentará una mayor conciencia y participación comunitaria. Con un enfoque gradual y coordinado, estas acciones contribuirán significativamente a crear una comunidad más limpia y ambientalmente consciente, así retornar los nutrientes a los suelos de cultivo.

Para el análisis de costos de implementación de la estrategia de transición de la gestión diferenciada de residuos sólidos se consideran costos estimados basados en la experiencia del personal del GAMM para cada una de las fases desarrolladas en la estrategia. A continuación, se desarrollan dos tablas de costos la primera engloba los tres pilares de la estrategia desarrollada a través del método DELPHI. Por lo cual se estiman costos en fortalecimiento institucional, en este aspecto se consideran viáticos para realizar capacitación y prácticas de

campo en compostaje y la incorporación de un personal para realizar labores de educación ambiental (este costo se puede reducir al trabajar con voluntarios). Los costos de gestión operativa se desarrollarán a profundidad con la aplicación OrganECS, sin embargo, en la presente tabla se estiman los costos de implementos e insumos y EPP y herramientas considerando al personal de Residuos Sólidos que no va trabajar en la planta de compostaje. Dentro los costos que engloban participación ciudadana esta la elaboración de videos, difusión de material educativo y la gestión de ferias. Al trabajarse de una forma gradual los costos de inversión también suben de forma gradual, es así que en la primera fase el costo es mínimo y va creciendo gradualmente mientras se va desarrollando el cambio a una gestión diferenciada en el municipio de Mairana.

Tabla 29: Análisis de costos por fase de implementación

Concepto	Primera Fase 6 meses	Segunda Fase 12 meses	Tercera Fase 18 meses	Total Bs
Fortalecimiento institucional capacitaciones	700	1800	1800	4300
Personal para Educacion	0	42000	63000	105000
Implementos e insumos	1000	8000	10000	19000
EPP y herramientas	0	10000	10000	27000
Elavoracion de videos	0	3000	3000	6000
Difusion	500	1000	1000	2500
Gestion de ferias	0	10000	5000	15000
TOTAL BS	2200	75800	93800	178800

Fuente: Elavoracion Propia, 2024

Para desarrollar los costos relacionados a la opercion de la planta de compostaje se trabajo con el apoyo de la aplicación OrganECS – Cost Estimating Tool for Managing Source-Separated Organic Waste. OrganECS es desarrollada por la agencia de protección ambiental de los Estado Unidos con el patrocinio de “the Global Methane Initiative” y el apoyo de “the Climate and Clean Air Coalition”. Para el presente caso de estudio la aplicación considera mínimos las cantidades de residuos a tratar durante los dos primeros años ya que la planta estaría trabajando con menos de 10% de su capacidad por lo que se muestran en la siguiente tabla “0” en los diferentes campos asignados.

Tabla 30: Resumen de Costos Operativos

	1 año	2 año	3 año	4 año
Compost producido (Tn/año)	469	730	1.517	1.563
Compost para venta (Tn/año)	0	0	442	759
Venta de compost (bs/año)	0	0	220.927,50	379.258,88
Costo de electricidad (bs/año)	0	0	21.820,00	22.474,60
Costo de diesel (bs/año)	0	0	163.650,00	168.559,50
Costo del agua (bs/año)	0	0	896,47	923,37
Costo de personal (bs/año)	0	33.600,00	75.600,00	109.200,00

Fuente: U.S. EPA, 2021

3.1.5. Conclusiones

La implementación de la gestión diferenciada de residuos sólidos orgánicos en el municipio de Mairana requiere una estrategia gradual con un enfoque integral que abarque tres dimensiones clave: Institucional, Gestión Operativa y Participación Ciudadana.

Figura 28: Estrategia para la gestión integral de residuos orgánicos



Fuente: Elaboración propia, 2024

El avance del 99% en la construcción de la planta de compostaje en el municipio de Mairana representa un hito significativo en la gestión de residuos sólidos orgánicos. No obstante, para garantizar su funcionamiento eficiente y sostenible, es fundamental fortalecer la institucionalidad de la unidad de residuos sólidos a nivel **operativo, técnico y legal**.

La consolidación de la unidad de residuos sólidos requiere una estrategia integral que contemple la capacitación del 90% del personal técnico y operativo, asegurando el desarrollo de capacidades para la gestión eficiente de los residuos así fortalecer la unidad institucional y operativamente. Asimismo, la actualización del marco normativo municipal es clave para proporcionar un sustento legal a las iniciativas implementadas, garantizando su continuidad y efectividad.

La puesta en marcha de la planta de compostaje debe ir acompañada de una estrategia que reduzca en un 80% los residuos orgánicos en el botadero municipal. Para ello, es necesario implementar un sistema de recolección diferenciada, establecer procesos de tratamiento adecuados y promover la reutilización del compost en el sector agrícola, de esta forma promover

un sistema de economía circular. Además, la articulación entre actores públicos y privados es clave para fortalecer la gestión y ampliar las oportunidades de aprovechamiento de los residuos.

La corresponsabilidad de la población es esencial para consolidar la gestión diferenciada de residuos. Para lograr que el 80% de los hogares adopten prácticas de separación y aprovechamiento, es imprescindible desarrollar estrategias de educación ambiental, campañas informativas y actividades recreativas con enfoque educativo. La difusión de contenido en redes sociales y medios locales permitirá reforzar la sensibilización y promover cambios de hábitos sostenibles.

Para garantizar el éxito del modelo de gestión, se recomienda una ejecución gradual o escalonada, iniciando en espacios municipales, áreas verdes y mercados, continuando con el sector comercial: restaurantes, hoteles, cafeterías y unidades educativas, y finalmente integrando a Organizaciones Territoriales de Base (OTBs) y Juntas Vecinales en los procesos de la recolección diferenciada, capacitación y campañas puerta a puerta. Este enfoque permitirá consolidar el sistema de manera estructurada y con un impacto progresivo en toda el área urbana.

La gestión integral de residuos sólidos orgánicos en Mairana depende de la articulación entre instituciones, actores privados y la ciudadanía, promoviendo un sistema basado en la economía circular, la educación ambiental y la optimización operativa, con una transición gradual para minimizar el impacto ambiental y generar beneficios económicos y sociales para la comunidad y el GAMM.

3.1.6. Recomendaciones

Para la implementación de la gestión de residuos se recomienda realizarla de manera escalonada iniciando con los espacios municipales áreas verdes, mercados, etc, seguidamente continuar con el área comercial privada (restaurantes, hoteles, cafeterías, etc) y las unidades educativas, finalmente incorporar OTBs y Juntas Vecinales aledañas a la ruta de recolección diferenciada creciendo paulatinamente para abarcar toda el área urbana.

Considerando que la aplicación de un sistema de recolección diferenciada será gradual en el tiempo, se recomienda a la unidad de residuos seleccionar tecnologías que permitan un esquema modular que habilite la incorporación de nuevas unidades y personal a medida que aumenten los volúmenes de residuo a gestionar tanto en el tratamiento como en la recolección de los residuos.

Se recomienda que la programación y ejecución de actividades debe ser consensuado y coordinado con las diferentes unidades del Gobierno Municipal, como también con las diferentes instituciones que inciden en el área de medio ambiente y social en la jurisdicción municipal, como también instituciones gubernamentales de todos los niveles.

Conclusiones

Se concluye que la situación actual de la gestión de residuos orgánicos en el área urbana del municipio de Mairana revela un modelo de gestión lineal que ha contribuido a la saturación del botadero municipal provocando la pérdida de nutrientes debido a la inadecuada gestión de residuos. El área urbana, que abarca un centro poblado con mercados, hoteles, restaurantes, unidades educativas y numerosas viviendas, enfrenta desafíos en la recolección diferenciada y tratamiento de residuos. A pesar de que más del 50% de los residuos recolectados son orgánicos, y el servicio cubre el 81% de la zona urbana, los desechos son transportados a un botadero a cielo abierto sin un tratamiento adecuado, debido al modelo de gestión lineal. Sin embargo, el municipio está avanzando en la construcción de una planta de compostaje, diseñada para procesar 12 toneladas de materia orgánica por día, lo que representa un paso importante hacia la implementación de un sistema más sostenible y eficiente en la gestión de residuos. En el que se plantea devolver los nutrientes al suelo, evitando la desmineralización de los suelos, la extracción de tierras vegetales de los bosques y mitigando los lixiviados y gases que se producen en el botadero por la mala disposición de los residuos orgánicos.

En conclusión, el análisis de alternativas para implementar un plan de gestión integral de residuos orgánicos en municipios pequeños, como Mairana, a través del método DELPHI, soluciona la necesidad de contar con un equipo técnico calificado en gestión de residuos, algo que actualmente es una limitación significativa e imprescindible en el momento de hacer la transición a la gestión diferenciada con éxito. Ya que la transición a un sistema de gestión diferenciada presenta desafíos complejos que requieren intervenciones en diversas áreas y una adaptación a las particularidades locales. El método DELPHI se destaca como una herramienta poderosa para superar estos retos, siempre que se cuente con una base de información sólida y se trabaje de manera coordinada con los expertos y el personal técnico involucrado. La colaboración abierta y el intercambio de conocimientos entre los expertos son esenciales para analizar con los técnicos locales la viabilidad y sostenibilidad de las soluciones propuestas.

Se concluye que es factible la determinación de la mejor alternativa técnico-ambiental para el tratamiento de residuos sólidos orgánicos para el municipio de Mairana. Se destaca la importancia de la participación ciudadana, el fortalecimiento institucional y una gestión operativa eficiente. A través de la colaboración entre expertos mediante el método DELPHI, y el análisis FODA realizado por los técnicos municipales, se ha diseñado una estrategia gradual que integra estas tres áreas clave. Esta propuesta no solo busca optimizar el tratamiento de residuos, sino también cerrar el ciclo de materiales, promoviendo la reutilización y valorización de los residuos orgánicos. La implementación de esta estrategia está alineada con los principios de la economía circular, lo que permitirá al municipio de Mairana avanzar hacia una gestión integral y responsable de sus residuos sólidos orgánicos.

Como producto final, que será de gran utilidad para el municipio de Mairana se presenta la propuesta del plan estratégico para la transición a la gestión integral de residuos sólidos orgánicos para el municipio de Mairana.

Recomendaciones

Se recomienda al GAM, que el problema del “Manejo inadecuado de residuos sólidos”, es un desafío que se debe trabajar de forma creciente, de manera progresiva y es momento de que el Gobierno Autónomo Municipal de Mairana implemente el Programa Municipal de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Para lo cual se presenta el plan estratégico de gestión de residuos que deberá ser complementado con un análisis de costos detallado y actualizado. La ventaja de tener una estrategia gradual asigna tiempo para incidir en un incremento gradual del presupuesto para la operación de la planta de compostaje, educación ambiental y otras áreas necesarias, así asegurando que la gestión de residuos sea sostenible en el tiempo.

Los resultados del análisis de los expertos coinciden en que el compostaje es una alternativa de solución para el tratamiento de los residuos orgánicos, ya que permite obtener beneficios económicos con la comercialización del compost para atender la demanda de fertilizantes orgánicos en la agricultura, jardinería y mantenimiento de parques. Recomiendan iniciar el proceso minimizando los costos operativos, utilizar el método de pilas por volteo, compost maduro como material estructurante, etc. Se recomienda enfocar los recursos en fomentar la participación ciudadana y el fortalecimiento institucional en la fase inicial.

Se recomienda apoyar la implementación de planes de gestión de residuos orgánicos, ya que estas tecnologías aportan al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS, en particular la meta 12.5.1 de los ODS, refiere a la “Tasa nacional de reciclado, toneladas de material reciclado”, en el caso de Bolivia para los residuos orgánicos se cuenta con poca información y tasas muy bajas de recuperación solo de envases plásticos. Estas prácticas ayudan a desarrollar mejores condiciones de vida y mitigan los impactos del cambio climático. Al disminuir la cantidad de residuos y el impacto sobre el vertedero y la población aledaña.

El presente estudio recomienda diferentes temas para futuras investigaciones en el campo de la gestión de residuos orgánicos y la implementación de la recolección diferenciada, entre ellos:

Investigación sobre Factores de Éxito: Realizar estudios adicionales para identificar los factores clave que contribuyen al éxito o fracaso de la implementación de la recolección diferenciada de residuos orgánicos en diferentes contextos. Esto podría incluir la evaluación de variables como la participación comunitaria, el liderazgo político, la disponibilidad de recursos y la infraestructura existente.

Impacto Socioeconómico: Investigar el impacto socioeconómico de la recolección diferenciada de residuos orgánicos en las comunidades locales, incluyendo la generación de empleo, la reducción de costos de disposición de residuos y el desarrollo de mercados para productos derivados de residuos orgánicos.

Perspectivas de Género: Investigar cómo las cuestiones de género pueden influir en la participación y los resultados de la recolección diferenciada de residuos orgánicos, así como en la distribución de beneficios y cargas asociadas con estas prácticas.

Desarrollo de Políticas: Realizar análisis comparativos de políticas para identificar las mejores prácticas en la promoción y regulación de la recolección diferenciada de residuos orgánicos a nivel local, nacional e internacional.

Educación y Sensibilización: Investigar estrategias efectivas de educación y sensibilización pública para promover la participación y el apoyo a la recolección diferenciada de residuos orgánicos, así como para cambiar comportamientos relacionados con la generación y disposición de residuos.

En resumen, el presente estudio podría sugerir una variedad de áreas temáticas y enfoques metodológicos para futuras investigaciones, con el objetivo de mejorar la comprensión y la implementación efectiva de la recolección diferenciada de residuos orgánicos.

BIBLIOGRAFIA

Aho, M., Pursula, T., Saario, M., Miller, T., Kumpulainen, A., Päällysaho, M., ... Hillgren, A. (2015). The economic value and opportunities of nutrient cycling for Finland. *Sitra Studies*. www.sitra.fi

Asamblea Legislativa. (1996). *Reglamento de Gestión de Residuos Sólidos*. Gaceta Oficial del Estado Plurinacional de Bolivia.

Asamblea Legislativa. (1992). *Ley del Medio Ambiente - Ley N.º 1333*. Gaceta Oficial del Estado Plurinacional de Bolivia, No. 839.

Asamblea Legislativa del Estado Plurinacional de Bolivia (2009). *Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia*. Gaceta Oficial del Estado Plurinacional de Bolivia, No. 1.

Asamblea Legislativa del Estado Plurinacional de Bolivia (2015). *Ley de Gestión Integral de Residuos - Ley N.º 755*. Gaceta Oficial del Estado Plurinacional de Bolivia, No. 789.

Asamblea Legislativa del Estado Plurinacional de Bolivia. (2016). *Reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos - Decreto Supremo N.º 2954*. Gaceta Oficial del Estado Plurinacional de Bolivia, No. 908.

Banco Interamericano de Desarrollo. (2023) *Sostenibilidad financiera de la gestión de residuos sólidos en América Latina y el Caribe*.

Babu, R., Prieto, P., & Rene, E. (2021). Strategies for resource recovery from the organic fraction of municipal solid waste. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering* <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2021.100098>

Banco Mundial. (2018). *Los desechos 2.0: Un panorama mundial de la gestión de los desechos sólidos hasta el 2050*. <https://n9.cl/mnh3u>

Banco Mundial, & Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (BM – PNUMA), Oficina regional para América Latina y el Caribe. (2018). *Hacia un pacto mundial por el medio ambiente*. <https://www.unep.org/es/events/conferencia/hacia-un-pacto-mundial-por-el-medio-ambiente>

Benzing, A. (2011). Fundamentos para la región andina. *Agricultura Orgánica*. <http://www.dx.doi.org/10.407/S0365-28072002000300014>

Braungart, M. et al. (2009). *Cradle to cradle: Re-Making the way we make things*. London.

CEPAL Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Departamento Nacional de Planeación, & Compromiso Empresarial para el Reciclaje. (2021). *Encuesta a municipios sobre gestión de residuos sólidos domiciliarios 2019-Colombia*. Santiago:

Córcoles-Gil, C. (2018). *Documento resumen de la aplicación de la técnica DELPHI*. <http://sustainability.ugr.es/#adaptacionCC>

DIFAR & Gobierno Autónomo Municipal de Mairana. (2022). *Estudio de caracterización de residuos sólidos municipio de Mairana*.

EMF, & Ellen MacArthur Foundation. (2019). *How the circular economy tackles climate change*. Ellen MacArthur Foundation. www.ellenmacarthurfoundation.org/publications

FAO. (2013). *Manual del compostaje del agricultor: Experiencias en Latinoamérica*.

Gobierno Autónomo Municipal de Mairana (GAMM). (2022). *Construcción Planta de Compostaje Municipal Mairana*.

Gobierno Autónomo Municipal de Mairana (GAMM). (2023). *Plan Territorial de Desarrollo Integral para Vivir Bien del Municipio de Mairana 2021-2025*.

Gobierno Autónomo Departamental de Santa Cruz. (2018). *Decreto Departamental N.º 271*, Santa Cruz de la Sierra.

González, M. (2021). *Análisis de prefactibilidad técnico-económica de una planta de valorización de residuos orgánicos para la ciudad de Montevideo, con tecnologías alineadas con los principios de una economía circular*. Universidad de la República (Uruguay), Facultad de Ingeniería.

INE, (2024), *Censo 2024*, <https://www.ine.gob.bo>

Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., & Van Woerden, F. (2018). *What a Waste 2.0: A global snapshot of solid waste management to 2050, Urban Development*. Washington, D.C.: Banco Mundial. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>

Lotzof, M. (2012). *Very large scale vermiculture in sludge stabilization*. Vermitech Pty Limited.

Masullo, A. (2017). Organic wastes management in a circular economy approach: Rebuilding the link between urban and rural areas. *Ecological Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.01.005>

Magenta redacción. (2021). *El análisis FODA o análisis DAFO y sus beneficios*. <https://magentaig.com/analisis-foda/>

MMAyA/VAPSB/DGGIRS. (2013). *Guía para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos*.

MMAyA/VAPSB/DGGIRS. (2012) *Guía para la Formulación de Programas Municipales de Gestión Integral de Residuos Sólidos*

Moreno Casco, J., & Moral Herrero, R. (2008). *Compostaje*. Ediciones Mundi-Prensa.

OCDE Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos. (2021). *Environment Statistics*.
https://www.oecd-ilibrary.org/environment/data/oecd-environment-statistics_env-data-en

ONU Medio Ambiente. (2018). *Situación de la gestión de residuos sólidos en América Latina y el Caribe*. Panamá.

Organización de las Naciones Unidas. (2015). *Objetivos de desarrollo sostenible*.
<https://n9.cl/ybgd>

Raichura, A., & McCartney, D. (2006). *Composting of municipal biosolids: Effect of bulking agent particle size on operating performance*. Journal of Environmental Engineering and Science. <https://doi.org/10.1139/S06-004>

Schuldt, M., Christiansen, R., Scatturice, L. A., & Mayo, J. P. (2007). *Lombricultura: Desarrollo y adaptación a diferentes condiciones de temperie*.

SOLAW. (2011). *El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura* (FAO).

UNEP & ISWA United Nations Environment Programme & International Solid Waste Association. (2017). *Global waste management outlook*.

U.S. EPA. 2021. OrganEcs-Compost V3.1.

Anexo 1: Cuestionario FODA

Análisis de la gestión de residuos sólidos desde la perspectiva de los funcionarios municipales

Estimados Funcionarios Municipales

Este cuestionario estructurado, está diseñado para recopilar información valiosa sobre la gestión integral de los residuos sólidos en el municipio de Mairana. Como parte del estudio de tesis para la maestría en GIRS de la Universidad Francisco Xavier de Chuquisaca, estamos llevando a cabo este estudio para explorar y evaluar alternativas efectivas para el manejo de los residuos orgánicos.

Su participación en esta entrevista es fundamental, se alienta a los entrevistados a proporcionar ejemplos concretos y específicos para respaldar sus respuestas. Además, de la expresión clara y sincera de sus perspectivas para obtener una comprensión completa del estado actual y las necesidades futuras de la gestión de residuos en el municipio.

Nombre Completo:

Cargo:

Análisis de las Fortalezas (F):

¿Cuáles considera que son las principales fortalezas que tiene el municipio en cuanto a la gestión de residuos orgánicos actualmente?

¿Qué recursos, capacidades o prácticas exitosas destacaría en el manejo de residuos sólidos, orgánicos actual?

Análisis de las Debilidades (D):

¿Cuáles son los principales desafíos o debilidades que enfrenta el municipio en la gestión de residuos orgánicos?

¿Qué aspectos o áreas específicas requieren de mejoras urgentes en el manejo de residuos sólidos, según su experiencia en el municipio?

Análisis de las Oportunidades (O):

¿Qué oportunidades puede identificar para mejorar la gestión de residuos orgánicos en el municipio?

¿Existen proyectos o iniciativas potenciales que podrían beneficiar la gestión de residuos orgánicos en el futuro cercano? ¿Quiénes serían los beneficiarios directos?

Análisis de las Amenazas (A):

¿Qué amenazas o retos externos percibe que podrían afectar negativamente la gestión de residuos orgánicos en el municipio? (factores socio-ambientales, técnicos)

¿Existen factores externos, como regulaciones legales o cambios en la disponibilidad de recursos, podrían representar riesgos para la gestión de residuos?

¡Agradecemos su tiempo, sinceridad y dedicación!

Anexo 2: Respuestas FODA

Nombre	Cargo	Fortalezas del municipio de Mairana en la gestión de residuos orgánicos actualmente	Recursos, capacidades o prácticas exitosas en el manejo de residuos sólidos y/o orgánicos actual	Oportunidades para mejorar la gestión de residuos orgánicos en el municipio	Proyectos que beneficien la gestión de residuos orgánicos en el futuro ¿Quiénes serían los beneficiarios directos?	Desafíos o debilidades que enfrenta el municipio en la gestión de residuos orgánicos	Áreas que requieren de mejoras urgentes en el manejo de residuos sólidos.	Amenazas o retos externos que podrían afectar la gestión de residuos orgánicos	Factores externos, como que representen riesgos para la gestión de residuos
Pedro Luis Cardona Nova	Jefe de medio ambiente y forestal	El órgano ejecutivo en sus diferentes áreas apoya en la gestión de residuos sólidos como también los concejales y la parte social	Se ha gestionado exitosamente el Proyecto compostaje con el gobierno nacional	Impulsar a clasificación in situ y poner en marcha la planta de compostaje	Si se tiene en proceso de construcción la planta de compostaje los beneficiarios son el municipio y los agricultores	El personal del municipio no tiene conocimiento en la gestión de residuos. Lo que dificulta la fiscalización de la construcción de la planta y la implementación del proyecto.	Fortalecimiento del equipo de trabajo y terreno propio del municipio para la disposición final de los residuos	Falta de recurso económicos para la operación de la planta de compostaje	Si
Angelica Maria Jurado Montalvo	Resp. De la Unidad de Gestión Integral de los Residuos Sólidos	Los habitantes clasificación sus residuos orgánicos para dar de comer a sus animales. La Alcaldía está trabajando con un proyecto de Clasificación de residuos orgánicos.	La socialización de puerta a puerta con los habitantes y medios de comunicación. Por que anteriormente no se realizaba una clasificación para recoger la basura.	Incentivar la Consciencia ambiental en el Municipio	El proyecto de la Planta de Compostaje con lombrices donde las familias realizarán la clasificación en origen de la materia orgánica y se realizará la transformación en humus de lombriz	Que un porcentaje de la población no está acostumbrados a realizar la clasificación de sus residuos sólidos.	Disposición de sus residuos que generan los habitantes	Un porcentaje de la población no nos entregaría sus residuos orgánicos.	Hacer conocer las sanciones que se tiene actualmente en la Ley para que tomen más conciencia Ambiental

Anexo 3: Cuestionario DELPHI 1

Cuestionario Inicial para la Metodología DELFI: Gestión Integral de Residuos Orgánicos Municipales

Antes de comenzar, nos gustaría agradecerle su participación en este estudio sobre la gestión integral de residuos orgánicos municipales. Su experiencia y conocimientos son fundamentales para identificar la alternativa más efectiva y sostenible en la recolección, transporte y tratamiento de residuos orgánicos para el municipio de Mairana.

1. Antecedentes

El área de estudio es el centro poblado del municipio de Mairana ubicado en los valles cruceños. Esta área de estudio alberga 3 mercados, 7 hoteles, 55 restaurantes, 11 unidades educativas y 2531 viviendas. La temperatura media anual es de 20°C, con una máxima en verano de 31°C y una mínima en invierno de 12°C. La precipitación promedio es de 900mm, la época de lluvia es de octubre a marzo con un máximo de 1154mm, mínima de 493mm.

Actualmente el municipio no cuenta con relleno sanitario, ni planta de tratamiento de residuos, se realiza la recolección de residuos en 1 volqueta todos los días de lunes a sábado en la zona comercial y lunes, miércoles y viernes en la zona residencial. Se trabaja actualmente con 1 chofer, 3 recolectores y un jefe de GIRS, se recolectan 8,7 Ton/día de los cuales el 50% son residuos orgánicos.



2. Datos personales

Nombre y Apellido:

Profesión:

3. Preguntas de opción múltiple:

- a) En su opinión, cuál de las siguientes estrategias sería la apropiada para la situación del presente caso de estudio.

FO: implementar el proyecto de compostaje que viene trabajando en GAMM, transformar los residuos orgánicos que se generan en humus, con este producto generar una fuente de recursos. Apoyados de la campaña de concientización ambiental que se desarrolla actualmente incorporar temas de clasificación y recolección diferenciada, como también el compromiso de apoyo del ciudadano con el pago de una tasa escalonada de aseo urbano.
DO: Buscar apoyo financiero externo para iniciar las operaciones de la planta de compostaje. Promover la participación ciudadana a través de la educación ambiental para involucrar a la población en el programa de gestión de residuos orgánicos.

- b) ¿Cuál sería la frecuencia recomendada de recolección en mercados y unidades educativas, en temperaturas medias de 20°C?

Lunes – Miércoles – Viernes	Martes – Viernes
-----------------------------	------------------

- c) ¿Qué tipo de material se puede incorporar para reducir la frecuencia de recolección?

- Compost	- Cascara de arroz	- No es recomendable
-----------	--------------------	----------------------

- d) ¿Qué métodos de tratamiento de residuos orgánicos considera más adecuado en contextos municipales, en el caso de iniciar la recolección de restaurantes, hoteles y mercados, un aproximado de generación de 4 ton/día?

- Compostaje	- Vermicompost	- Aireación forzada	- Otro
--------------	----------------	---------------------	--------

- e) ¿Qué material seco o estructurante recomienda utilizar para el compostaje en pilas o por aireación forzada?

- Compost maduro	- Cascara de arroz	- Poda triturada
------------------	--------------------	------------------

- f) ¿Qué proporción de la mezcla de residuos orgánicos y material seco considera más adecuada para el proceso de compostaje en pilas?

- 1:1	- 2:1	- 3:1
-------	-------	-------

- g) ¿Recomienda precompostar el residuo antes de realizar la lombricompostaje?

- No	- Sí (¿por cuánto tiempo?)
------	----------------------------

Anexo 4: Respuestas DELPHI 1

1. Datos personales

Nombre y Apellido: Felix Schmidt

Profesión: Ingeniero

2. Preguntas de opción múltiple:

- a) En su opinión, cuál de las siguientes estrategias sería la apropiada para la situación del presente caso de estudio.

FO: implementar el proyecto de compostaje que viene trabajando en GAMM, transformar los residuos orgánicos que se generan en humus, con este producto generar una fuente de recursos. Apoyados de la campaña de concientización ambiental que se desarrolla actualmente incorporar temas de clasificación y recolección diferenciada, como también el compromiso de apoyo del ciudadano con el pago de una tasa escalonada de aseo urbano.

DO: Buscar apoyo financiero externo para iniciar las operaciones de la planta de compostaje. Promover la participación ciudadana a través de la educación ambiental para involucrar a la población en el programa de gestión de residuos orgánicos.

- b) ¿Cuál sería la frecuencia recomendada de recolección en mercados y unidades educativas, en temperaturas medias de 20°C?

Lunes – Miércoles – Viernes	Martes – Viernes
-----------------------------	------------------

- c) ¿Qué tipo de material se puede incorporar para reducir la frecuencia de recolección?

- Compost	- Cascara de arroz	- No es recomendable
-----------	--------------------	----------------------

- d) ¿Qué métodos de tratamiento de residuos orgánicos considera más adecuado en contextos municipales, en el caso de iniciar la recolección de restaurantes, hoteles y mercados, un aproximado de generación de 4 ton/día?

- Compostaje	- Vermicompost	- Aireación forzada	- Otro
--------------	----------------	---------------------	--------

- e) ¿Qué material seco o estructurante recomienda utilizar para el compostaje en pilas o por aireación forzada?

- Compost maduro	- Cascara de arroz	- Poda triturada
------------------	--------------------	------------------

- f) ¿Qué proporción de la mezcla de residuos orgánicos y material seco considera más adecuada para el proceso de compostaje en pilas?

- 1:1	- 2:1	- 3:1
-------	-------	-------

- g) ¿Recomienda precompostar el residuo antes de realizar la lombricompostaje?

- No	- Si (¿por cuánto tiempo?)
------	----------------------------

1. Datos personales

Nombre y Apellido: Ramon Plana

Profesión: Consultor

2. Preguntas de opción múltiple:

- a) En su opinión, cuál de las siguientes estrategias sería la apropiada para la situación del presente caso de estudio.

FO: implementar el proyecto de compostaje que viene trabajando en GAMM, transformar los residuos orgánicos que se generan en humus, con este producto generar una fuente de recursos. Apoyados de la campaña de concientización ambiental que se desarrolla actualmente incorporar temas de clasificación y recolección diferenciada, como también el compromiso de apoyo del ciudadano con el pago de una tasa escalonada de aseo urbano.

DO: Buscar apoyo financiero externo para iniciar las operaciones de la planta de compostaje. Promover la participación ciudadana a través de la educación ambiental para involucrar a la población en el programa de gestión de residuos orgánicos.

- b) ¿Cuál sería la frecuencia recomendada de recolección en mercados y unidades educativas, en temperaturas medias de 20°C?

Lunes – Miércoles – Viernes	Martes – Viernes
-----------------------------	------------------

- c) ¿Qué tipo de material se puede incorporar para reducir la frecuencia de recolección?

- Compost	- Cascara de arroz	- No es recomendable
-----------	--------------------	----------------------

- d) ¿Qué métodos de tratamiento de residuos orgánicos considera más adecuado en contextos municipales, en el caso de iniciar la recolección de restaurantes, hoteles y mercados, un aproximado de generación de 4 ton/día?

- Compostaje	- Vermicompost	- Aireación forzada	- Otro
--------------	----------------	---------------------	--------

- e) ¿Qué material seco o estructurante recomienda utilizar para el compostaje en pilas o por aireación forzada?

- Compost maduro	- Cascara de arroz	- Poda triturada
------------------	--------------------	------------------

- f) ¿Qué proporción de la mezcla de residuos orgánicos y material seco considera más adecuada para el proceso de compostaje en pilas?

- 1:1	- 2:1	- 3:1
-------	-------	-------

- g) ¿Recomienda precompostar el residuo antes de realizar la lombricompostaje?

- No	- Si (¿por cuánto tiempo?) 4 semanas
------	--------------------------------------

1. Datos personales

Nombre y Apellido: Gonzalo Mondaca

Profesión: Ingeniero Ambiental

2. Preguntas de opción múltiple:

- a) En su opinión, cuál de las siguientes estrategias sería la apropiada para la situación del presente caso de estudio.

FO: implementar el proyecto de compostaje que viene trabajando en GAMM, transformar los residuos orgánicos que se generan en humus, con este producto generar una fuente de recursos. Apoyados de la campaña de concientización ambiental que se desarrolla actualmente incorporar temas de clasificación y recolección diferenciada, como también el compromiso de apoyo del ciudadano con el pago de una tasa escalonada de aseo urbano.

DO: Buscar apoyo financiero externo para iniciar las operaciones de la planta de compostaje. Promover la participación ciudadana a través de la educación ambiental para involucrar a la población en el programa de gestión de residuos orgánicos.

- b) ¿Cuál sería la frecuencia recomendada de recolección en mercados y unidades educativas, en temperaturas medias de 20°C?

Lunes – Miércoles – Viernes	Martes – Viernes
-----------------------------	------------------

- c) ¿Qué tipo de material se puede incorporar para reducir la frecuencia de recolección?

- Compost	- Cascara de arroz	- No es recomendable
-----------	--------------------	----------------------

- d) ¿Qué métodos de tratamiento de residuos orgánicos considera más adecuado en contextos municipales, en el caso de iniciar la recolección de restaurantes, hoteles y mercados, un aproximado de generación de 4 ton/día?

- Compostaje	- Vermicompost	- Aireación forzada	- Otro
--------------	----------------	---------------------	--------

- e) ¿Qué material seco o estructurante recomienda utilizar para el compostaje en pilas o por aireación forzada?

- Compost maduro	- Cascara de arroz	- Poda triturada
------------------	--------------------	------------------

- f) ¿Qué proporción de la mezcla de residuos orgánicos y material seco considera más adecuada para el proceso de compostaje en pilas?

- 1:1	- 2:1	- 3:1
-------	-------	-------

- g) ¿Recomienda precompostar el residuo antes de realizar la lombricompostaje?

- No	- Si (¿por cuánto tiempo?) 3 a 4 semanas
------	--

1. Datos personales

Nombre y Apellido: Dennis Garcia

Profesión:

2. Preguntas de opción múltiple:

- a) En su opinión, cuál de las siguientes estrategias sería la apropiada para la situación del presente caso de estudio.

FO: implementar el proyecto de compostaje que viene trabajando en GAMM, transformar los residuos orgánicos que se generan en humus, con este producto generar una fuente de recursos. Apoyados de la campaña de concientización ambiental que se desarrolla actualmente incorporar temas de clasificación y recolección diferenciada, como también el compromiso de apoyo del ciudadano con el pago de una tasa escalonada de aseo urbano.

DO: Buscar apoyo financiero externo para iniciar las operaciones de la planta de compostaje. Promover la participación ciudadana a través de la educación ambiental para involucrar a la población en el programa de gestión de residuos orgánicos.

- b) ¿Cuál sería la frecuencia recomendada de recolección en mercados y unidades educativas, en temperaturas medias de 20°C?

Lunes – Miércoles – Viernes	Martes – Viernes
-----------------------------	------------------

- c) ¿Qué tipo de material se puede incorporar para reducir la frecuencia de recolección?

- Compost	- Cascara de arroz	- No es recomendable
-----------	--------------------	----------------------

- d) ¿Qué métodos de tratamiento de residuos orgánicos considera más adecuado en contextos municipales, en el caso de iniciar la recolección de restaurantes, hoteles y mercados, un aproximado de generación de 4 ton/día?

- Compostaje	- Vermicompost	- Aireación forzada	- Otro
--------------	----------------	---------------------	--------

- e) ¿Qué material seco o estructurante recomienda utilizar para el compostaje en pilas o por aireación forzada?

- Compost maduro	- Cascara de arroz	- Poda triturada
------------------	--------------------	------------------

- f) ¿Qué proporción de la mezcla de residuos orgánicos y material seco considera más adecuada para el proceso de compostaje en pilas?

- 1:1	- 2:1	- 3:1
-------	-------	-------

- g) ¿Recomienda precompostar el residuo antes de realizar la lombricompostaje?

- No	- Sí (¿por cuánto tiempo?)
------	----------------------------

3. Datos personales

Nombre y Apellido: Freddy Espejo

Profesión: Ingeniero ambiental

4. Preguntas de opción múltiple:

- h) En su opinión, cuál de las siguientes estrategias sería la apropiada para la situación del presente caso de estudio.

FO: implementar el proyecto de compostaje que viene trabajando en GAMM, transformar los residuos orgánicos que se generan en humus, con este producto generar una fuente de recursos. Apoyados de la campaña de concientización ambiental que se desarrolla actualmente incorporar temas de clasificación y recolección diferenciada, como también el compromiso de apoyo del ciudadano con el pago de una tasa escalonada de aseo urbano.

DO: Buscar apoyo financiero externo para iniciar las operaciones de la planta de compostaje. Promover la participación ciudadana a través de la educación ambiental para involucrar a la población en el programa de gestión de residuos orgánicos.

- i) ¿Cuál sería la frecuencia recomendada de recolección en mercados y unidades educativas, en temperaturas medias de 20°C?

Lunes – Miércoles – Viernes	Martes – Viernes
-----------------------------	------------------

- j) ¿Qué tipo de material se puede incorporar para reducir la frecuencia de recolección?

- Compost	- Cascara de arroz	- No es recomendable
-----------	--------------------	----------------------

- k) ¿Qué métodos de tratamiento de residuos orgánicos considera más adecuado en contextos municipales, en el caso de iniciar la recolección de restaurantes, hoteles y mercados, un aproximado de generación de 4 ton/día?

- Compostaje	- Vermicompost	- Aireación forzada	- Otro
--------------	----------------	---------------------	--------

- l) ¿Qué material seco o estructurante recomienda utilizar para el compostaje en pilas o por aireación forzada?

- Compost maduro	- Cascara de arroz	- Poda triturada
------------------	--------------------	------------------

- m) ¿Qué proporción de la mezcla de residuos orgánicos y material seco considera más adecuada para el proceso de compostaje en pilas?

- 1:1	- 2:1	- 3:1
-------	-------	-------

- n) ¿Recomienda precompostar el residuo antes de realizar la lombricompostaje?

- No	- Sí (¿por cuánto tiempo?) 3 semanas
------	--------------------------------------

Anexo 5: Segundo cuestionario DELPHI**Segundo Cuestionario para la Metodología DELFI: Gestión Integral de Residuos Orgánicos Municipales**

Introducción: Antes de comenzar, nos gustaría agradecerle su participación en este estudio sobre la gestión integral de residuos orgánicos municipales. La presente es la segunda y última ronda de preguntas del método DELFI. Para este cuestionario se analizó las respuestas de la primera ronda de todos los expertos donde se identificó criterios de consenso y discrepancia para la formulación de las siguientes preguntas.

Considerando que se plantea hacer la recolección puerta a puerta, que el centro de compostaje se encuentra a 1.5 Km del centro poblado, el camino del centro poblado es asfalto y loseta, camino de ingreso a la planta 500 m es tierra y que se iniciara la transición a la recolección diferenciada con establecimientos municipales, plazas y jardines, mercados y unidades educativas posteriormente en una segunda fase se incorporar restaurantes y hoteles.

Nombre:

Biografía:

1. Preguntas Abiertas:

- a) ¿Cuáles son las consideraciones clave que deben tenerse en cuenta al seleccionar un método de transporte para los residuos orgánicos?
- b) ¿Qué factores o consideraciones cree usted que son fundamentales al evaluar la efectividad y sostenibilidad en la recolección diferenciada y tratamiento de residuos orgánicos en un entorno municipal?
- c) ¿Como recomienda incentivar en cambio de hábito y fomentar la participación ciudadana?
- d) ¿Qué incentivos recomienda para iniciar la recolección en hoteles y restaurantes?
- e) ¿cuáles son los principales desafíos o problemas asociados con la gestión de residuos orgánicos en el punto de transición de recolección mixta a recolección diferenciada?
- f) ¿Qué alternativas o soluciones propone para iniciar la recolección de residuos orgánicos diferenciada?
- g) ¿Qué aspectos considera ventajosos en este contexto que podamos aprovechar y cuales son factores de riesgo que debemos atender?

Anexo 6: Respuestas segunda roda DELPHI

Nombre: Felix Schmidt

Biografía: 25 años de ingeniería en gestión de los desechos en varios países y continentes

2. Preguntas Abiertas:

- a) ¿Cuáles son las consideraciones clave que deben tenerse en cuenta al seleccionar un método de transporte para los residuos orgánicos?
costo: calcular de manera realista el tiempo y la distancia de recolección, así como el costo adicional: recolección, transporte, camiones, contenedores. Generalmente, más grande (contenedor, camiones) mejor, con una frecuencia más baja como sea posible para evitar el olor.
- b) ¿Qué factores o consideraciones cree usted que son fundamentales al evaluar la efectividad y sostenibilidad en la recolección diferenciada y tratamiento de residuos orgánicos en un entorno municipal?
voluntad, responsabilidad (quien se encarga), sitio (olores <-> distancia y costo de transporte) y sobre todo voluntad de pagar los costos adicionales (tratamiento y otros).
- c) ¿Como recomienda incentivar en cambio de habito y fomentar la participación ciudadana?
normativa y capacitación de los empleados del mercado (sobre todo para que separen los orgánicos de los otros desechos.)
- d) ¿Qué incentivos recomienda para iniciar la recolección en hoteles y restaurantes?
Dotar de contenedores
- e) ¿cuáles son los principales desafíos o problemas asociados con la gestión de residuos orgánicos en el punto de transición de recolección mixta a recolección diferenciada?
Desafíos: 1. financiero: recolección diferencia es un costo adicional importante (personal, camiones, transporte,...), hay que verificar si la población esta lista para una tarifa mayor.
2. Destinación y costos. Hay que identificar quien va aceptar cada material de recuperación, donde (quien organiza y paga el transporte) y con cual precio.
3. Orgánico: lo orgánico es la mayor parte de los desechos. Una recolección diferenciada implica la organización local de una solución (compostaje, vernicompostaje, etc.). Esto requiere un costo adicional. Quien le va a hacer (privado, publico?), en cual sitio? para cual precio. Hay que saber que hay que pagar para que el funcionamiento se haga. El precio del compost final es casi cero y no es suficiente, de lejos, para cubrir los costos de tratamiento/compostaje. El sitio es a menudo también un problema por asunto de olores.
- f) ¿Qué alternativas o soluciones propone para iniciar la recolección de residuos orgánicos diferenciada?
Empezar con los mayores productores puntuales: mercados, parques y jardines municipales, Tratar implicar estos productores en el financiamiento de los costos adicionales de recolección, transporte y tratamiento.
- g) ¿Qué aspectos considera ventajosos en este contexto que podamos aprovechar y cuales son factores de riesgo que debemos atender?
Personal - o empresa - interesado a organizar y manejar la recolección adicional y el tratamiento.
Apoyo político fuerte (para sitio y costo adicional)
Buena comunicación a la población - empresas - productores mayores

Nombre: Ramon Plana

Biografía: (www.maestrocompostador.es) Experto internacional en gestión de residuos orgánicos. Tiene más de 25 años de experiencia en el sector y desde septiembre de 2007 trabaja como consultor internacional independiente realizando proyectos de asesoramientos de empresas, administraciones y organismos públicos, diseño y puesta en marcha de instalaciones de muy diferentes escalas, formación de personal, así como impartiendo cursos y conferencias y participando como profesor en varios másteres de universidades. Su actividad profesional incluye diferentes países de Europa, América, África, Asia y Oriente Medio. Dentro de su trayectoria profesional ha trabajado en proyectos de investigación, gestión y/o tratamiento de una amplia variedad de residuos orgánicos (municipales, agrícolas, ganaderos e industriales) entre los que destacan: lodos de la industria agroalimentaria, purines y estiércoles, residuos agrícolas, biorresiduos de origen municipal (tanto doméstico como de generadores singulares: mercados, HORECA, centros educativos...) , lodos de depuradoras urbanas,... Tiene patentados varios equipos de tratamiento de residuos orgánicos mediante procesos biológicos aerobios y anaerobios. Es miembro del Grupo de Trabajo de Residuos Orgánicos de ISWA (International Solid Waste Association) y colaborador habitual de ACR+ (Asociación de Ciudades y Regiones por la gestión sostenible de Recursos). Es uno de los fundadores de la Asociación profesional para la prevención, gestión y tratamiento de residuos "Fertile Auro" (www.fearesiduos.com).

3. Preguntas Abiertas:

- a) ¿Cuáles son las consideraciones clave que deben tenerse en cuenta al seleccionar un método de transporte para los residuos orgánicos?
 Como se hace el acopio de los residuos en la vivienda (en cubo, en bolsa de plástico...)
 La tipología de vivienda y la densidad de población.
 Los sistemas de recolección más individualizados, como el puerta a puerta, son los que consiguen una mayor calidad y cantidad de residuos orgánicos, por los que deberían priorizarse. Hay diferentes modelos de recogida puerta a puerta, con lo que se debería buscar el más adecuado a las circunstancias de la municipalidad.
 Los vehículos deberían ser de fácil acceso para aportar el residuo, con caja hermética para evitar derramar lixiviados en el suelo durante su transporte.
- b) ¿Qué factores o consideraciones cree usted que son fundamentales al evaluar la efectividad y sostenibilidad en la recolección diferenciada y tratamiento de residuos orgánicos en un entorno municipal?
 Es necesario desarrollar indicadores que permitan evaluar el servicio y diagnosticar problemas o debilidades, pudiendo introducir criterios de mejora continua de la recolección.
- cantidad recolectada (bruta y neta)
 - captación por habitante
 - calidad (% de contaminantes en la fracción orgánica)
 - cantidad recolectada por ruta / km
 - coste del servicio
 - etc..
- c) ¿Como recomienda incentivar en cambio de habito y fomentar la participación ciudadana?
 Concursos en cada rubro o área de trabajo
- d) ¿Qué incentivos recomienda para iniciar la recolección en hoteles y restaurantes?
 Placa de reconocimiento
- e) ¿cuáles son los principales desafíos o problemas asociados con la gestión de residuos orgánicos en el punto de transición de recolección mixta a recolección diferenciada?
 Garantizar la calidad de la fracción orgánica, es decir, la minimización de la presencia de elementos no-orgánicos (plásticos, metal, vidrio...) mezclados con los restos orgánicos. Eso exige que el modelo de recolección sea estudiado teniendo en cuenta los hábitos de la población, alcanzando un consenso con esta y realizando un fuerte esfuerzo en campañas de concienciación ciudadana paralelamente al estudio de cuál es, desde el punto de vista técnico, el mejor sistema de recolección diferenciada.

- f) ¿Qué alternativas o soluciones propone para iniciar la recolección de residuos orgánicos diferenciada? Comenzar siempre con los grandes generadores singulares. En su caso, mercados, hoteles, restaurantes y centros de enseñanza. Son conocidos, están identificados, se puede acceder a las personas responsables de la gestión de residuos y comunicar los cambios que se desean implementar. Se pueden establecer incentivos a la calidad de los residuos orgánicos que separen y la cantidad. Estos incentivos pueden ser tanto negativos (cobrar una tasa de residuos por las cantidades que generen sin separar) como positivos, que siempre son más recomendables. Entre los positivos se recomienda hacer un reconocimiento público a su participación mediante distintivos identificativos que puedan poner en sus establecimientos que muestren a sus clientes que ellos participan en la separación de sus residuos y las mejoras al medio ambiente en la localidad. La administración pública, a su vez, debe dar difusión de esta actividad y participación de los establecimientos. De esta forma, se podrá crear y desarrollar una campaña sobre el nuevo modelo de gestión de residuos antes de comenzar la recolección en domicilios.
- g) ¿Qué aspectos considera ventajosos en este contexto que podamos aprovechar y cuales son factores de riesgo que debemos atender?
El pequeño tamaño de la población les permite desarrollar un modelo a su medida, adaptándolo a las circunstancias y necesidades de su localidad. La cercanía a la población, la posibilidad de tener una comunicación más directa en todos los sentidos es una gran ventaja si se sabe aprovechar. Las condiciones ambientales también son favorables para el modelo de compostaje local.
El principal factor de riesgo es comenzar sin contar con todos los elementos técnicos y personales (encargados con formación específica) y sin una buena comunicación y consenso con la población acerca del nuevo modelo a desarrollar. Por eso es recomendable comenzar con los generadores singulares,

Nombre: Gonzalo Mondaca

Biografía: Estudié en la Universidad Católica de Cochabamba, tengo 13 años de experiencia profesional en Gestión Integral de Residuos Sólidos, apoyo técnico a sistemas autogestionados de agua potable en zonas periurbanas, construcción de procesos de gestión participativa en cuencas afectadas por contaminación del agua, aplicación de herramientas para la adaptación al Cambio Climático en municipios rurales. Trabajo en la gestión de residuos sólidos en el control de operaciones logísticas y de procesos en la empresa concesionaria del Servicio de Aseo Urbano de la Ciudad de La Paz – Bolivia. Recomiendo revisar la tesis de Juan José Valenzuela de febrero 2022, titulada: "Propuesta para la gestión de residuos sólidos orgánicos generados en funciones de directa responsabilidad del Gobierno Autónomo Municipal de Quillacollo"

4. Preguntas Abiertas:

- a) ¿Cuáles son las consideraciones clave que deben tenerse en cuenta al seleccionar un método de transporte para los residuos orgánicos?

En áreas concentradas aumentar la eficiencia del equipo disponible (Ej. Incorporar remolques) y, si es posible, optar por una recolección con vehículos no motorizados (la disponibilidad y el costo del combustible, probablemente sean un problema en el corto plazo).

En áreas dispersas invertir en infraestructura para el acopio diferenciado y el procesamiento in situ de residuos orgánicos. La primera opción es la capacitación y el seguimiento de apoyo para el procesamiento in situ. Solamente allí donde las condiciones no son las adecuadas y además existe riesgo de daño ambiental, el GAM debería intervenir con un sistema de recolección bisemanal o mensual debe ser planificada con un recorrido que aproveche al máximo la capacidad de los vehículos motorizados.

- b) ¿Qué factores o consideraciones cree usted que son fundamentales al evaluar la efectividad y sostenibilidad en la recolección diferenciada y tratamiento de residuos orgánicos en un entorno municipal?

Son factores de evaluación:

- Porcentaje de residuos (en peso) desviados al compostaje.
- In situ.
- Luego de la recolección.
- Porcentaje de reducción (en volumen) de residuos destinados a la disposición final.
- Monitoreo de la calidad de los RO seleccionados.
- Calidad del compost.

- c) ¿Como recomienda incentivar en cambio de hábito y fomentar la participación ciudadana?

Una combinación de capacitaciones, microconcursos y luego concursos más grandes. La normativa viene luego, una vez conocidas las capacidades y condiciones exigibles.

- d) ¿Qué incentivos recomienda para iniciar la recolección en hoteles y restaurantes?

Dotar de contenedores

- e) ¿cuáles son los principales desafíos o problemas asociados con la gestión de residuos orgánicos en el punto de transición de recolección mixta a recolección diferenciada?

Los principales retos son:

- El diseño de un plan general de mediano a largo plazo y la asignación de presupuestos crecientes (Programa Municipal de Gestión Integral de Residuos Sólidos).
- Hay tres aspectos críticos:
 - Sitio de disposición final.
 - Consenso para una tasa de aseo.
 - Consenso político para incrementar las inversiones municipales.
- Un programa específico para el tratamiento de residuos orgánicos.
- La capacitación y el consenso de objetivos escalonados entre el GAM y cada uno de los diferentes

tipos de generadores.

- El cálculo de las inversiones y su programación en el mediano y largo plazo.
- El consenso con las juntas vecinales y comunidades rurales de la planificación de mediano y largo plazo, ello suele incluir un proceso paralelo de capacitación.
- El desarrollo de acuerdos de apoyo técnico y financiero con terceros (GAD, MMAyA, ONG's, cooperación internacional, universidades e institutos técnicos), para el cumplimiento del Programa Municipal.

- f) ¿Qué alternativas o soluciones propone para iniciar la recolección de residuos orgánicos diferenciada? Diseñar una estrategia de escalamiento que considere las diferencias de los grandes generadores. Por ejemplo, empezar por el procesamiento de residuos orgánicos (RO) generados en actividades municipales (mataderos, viveros, servicio de mantenimiento de parques y jardines, cementerios, mercado municipal). Luego de probar los procesos seleccionados, utilizar la experiencia e infraestructura municipal para la capacitación y el desarrollo de consensos con otros grandes generadores, por ejemplo, hoteles y restaurantes. Consolidados los procesos municipales y con grandes generadores privados, iniciar el diseño de propuestas para los generadores domiciliarios, consensuando con las juntas vecinales u OTB's, un proceso paulatino de incorporación de la recolección diferenciada considerando que las capacidades logísticas también deberán mejorarse. Es preciso tener cuidado con el dimensionamiento, balanceando entre la capacidad municipal de procesar RO y el incentivo de las capacidades de los propios generadores; si un generador tiene las condiciones para procesar sus RO, es mejor capacitarlo y hacerle seguimiento de apoyo para que aplique el método más adecuado in situ.

No es recomendable intentar abarcar a todos los generadores, hay que ver al municipio como un sistema completo, por lo que el GAM también puede identificar -con apoyo en estudios específicos de las universidades-, alternativas para mejorar el manejo de los RO generados por las actividades agrícolas. Una vez conocidas las prácticas agrícolas de manejo de RO de cosecha y barbecho, proponer mejoras en su procesamiento en procesos de capacitación y solamente proponer la recolección cuando los productores no tengan las posibilidades de procesarlas in situ.

- g) ¿Qué aspectos considera ventajosos en este contexto que podamos aprovechar y cuales son factores de riesgo que debemos atender?
- El alto porcentaje de RO es una ventaja importante. También las condiciones ambientales favorecerán los procesos de compostaje. Si existe voluntad política y la capacidad de llegar a consensos con los actores clave: juntas vecinales, comunidades, gremios, asociaciones, etc., entonces se tiene otra ventaja importante. Ello tiene que ser aprovechado para organizar la planificación de un sistema de gestión integral de mediano y largo plazo.

Entre los riesgos mayores está el no lograr consolidar un sitio de disposición final que cumpla con las normas técnicas y cuente con el consenso ciudadano, esto puede perjudicar la búsqueda de financiamiento externo. Otro riesgo importante es no lograr consenso para el establecimiento de una tasa de aseo, este es otro antecedente importante para la obtención de apoyo externo y la planificación de la sostenibilidad financiera.

Nombre: Dennis García

Biografía: Soy Ingeniero Ambiental de profesión. También cuento con un título de Operador de Planta de Compostaje (emitido por el Ministerio de Educación). He realizado estudios de Diplomado en Gestión Integral de Residuos Sólidos con Enfoque de Circularidad (UMSA), Especialización en Gestión de Residuos de Construcción y Demolición (UMSA) y Maestría en Planificación y Gestión Municipal Urbana (UMSS). Actualmente, trabajo como Director de Tratamiento de Residuos en la Empresa Municipal de Gestión de Residuos Sólidos "GERES" del Municipio de Sacaba.

5. Preguntas Abiertas:

- a) ¿Cuáles son las consideraciones clave que deben tenerse en cuenta al seleccionar un método de transporte para los residuos orgánicos?
- 1.- Capacidad financiera y administrativa de la institución a cargo (municipio, empresa u otro).
 - 2.- Distancia de los puntos de generación al sitio de tratamiento.
 - 3.- Nivel de educación ambiental y hábitos de la población.
 - 4.- Contexto social y político del sitio donde se implemente el tratamiento de los residuos (por posibles rechazos/bloqueos de la población).
 - 5.- Estudio de mercado para la venta/comercialización (o no) de los abonos producidos.
 - 6.- Existencia de normativa municipal que apoye/regule/fomente las acciones de separación y tratamiento diferenciado de los residuos sólidos municipales.
- b) ¿Qué factores o consideraciones cree usted que son fundamentales al evaluar la efectividad y sostenibilidad en la recolección diferenciada y tratamiento de residuos orgánicos en un entorno municipal?
Calcular el ÍNDICE DE APROVECHAMIENTO MUNICIPAL DE RESIDUOS ORGÁNICOS
- c) ¿Como recomienda incentivar en cambio de hábito y fomentar la participación ciudadana? actividades recreativas, charlas y capacitaciones, debidamente analizadas y planificadas en un PMGIR.
- d) ¿Qué incentivos recomienda para iniciar la recolección en hoteles y restaurantes?
Entrega de abono
- e) ¿cuáles son los principales desafíos o problemas asociados con la gestión de residuos orgánicos en el punto de transición de recolección mixta a recolección diferenciada?

Desde mi experiencia profesional, existen 3 desafíos principales asociados con la gestión de residuos orgánicos municipales:

- 1.- La concientización y educación ambiental de la población: Para lograr una óptima gestión de residuos orgánicos se requiere que éstos sean correctamente separados en origen (domicilios, mercados, instituciones, eventos populares, etc.). De lo contrario, la separación mecánica de residuos orgánicos mezclados con el resto, producirá un abono de menor calidad cuyas aplicaciones se verán limitadas por sus características. Por lo tanto, resulta fundamental trabajar de manera muy inteligente (bien planificada) con la población beneficiaria para que adquieran hábitos de separación en origen.
- 2.- La disponibilidad de recursos suficientes para implementar un adecuado sistema de almacenamiento temporal, recolección diferenciada y tratamiento de residuos orgánicos: Se necesita presupuesto de inversión para montar la Planta de Compostaje Municipal con su equipamiento mínimo (sistema de aireación forzada u otro, picadora industrial, homogenizadora, tromel de cribado), y tener la flota de vehículo(s) suficientes para la recolección diferenciada, además de implementar los contenedores o puntos de acopio de residuos orgánicos separados. Sin un sistema completo que apoye el cambio de hábitos de la población, no se obtendrán buenos resultados. Al contrario, se ocasionará un efecto contraproducente.
- 3.- La sostenibilidad económica del servicio: Es necesario garantizar los mecanismos para brindar una sostenibilidad financiera que equilibre los costos de inversión y operativos (CAPEX+OPEX) con los

ingresos que puedan generarse ya sea con la venta de los abonos producidos o algún tipo de tasa o pago por el servicio prestado.

- f) ¿Qué alternativas o soluciones propone para iniciar la recolección de residuos orgánicos diferenciada?
- 1° Se debe tener un Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales, para saber cuánto se genera, de qué tipos, quiénes, en qué lugares, etc., y así poder diseñar un proyecto adecuado para el tratamiento de los residuos sólidos orgánicos.
 - 2° Existen varias alternativas de tratamiento que pueden aplicarse y combinarse mutuamente:
 - Compostaje por aireación forzada
 - Compostaje por volteo (sin aireación forzada)
 - Lombricompostaje
 - Biodigestión
 - Composteras comunitarias y domiciliarias
 - 3° La selección de la o las alternativas más idóneas dependerá de las características del municipio y los datos que arrojen el Estudio de Caracterización.
- g) ¿Qué aspectos considera ventajosos en este contexto que podamos aprovechar y cuales son factores de riesgo que debemos atender?
- Ventajas:
- +Poca cantidad de residuos a tratar.
 - +Disponibilidad de espacio para el tratamiento.
 - +Elevado porcentaje de orgánicos en la composición física de los residuos sólidos municipales.
- Factores de riesgo:
- Limitada capacidad de las instituciones públicas.
 - Inexistencia de normativa específica (reglamento municipal de la Ley N°755).
 - Rechazo de la población por desconocimiento.
 - Mal uso del sistema por bajo nivel de educación ambiental.
 - Contaminación ambiental por manejo inadecuado de residuos sólidos municipales.

Nombre: Freddy Espejo

Biografía: soy ingeniero ambiental de profesión, con 19 años, retornando de cuartel Freddy inicie mi carrera en la gestión de residuos sólidos en la ciudad de La Paz, comenzando como barrendero. El 2009 comienzo mis estudios en ingeniería en gestión ambiental en la Universidad Bolivariana en Venezuela. Al regresar a Bolivia, trabaje en la gestión municipal de residuos sólidos. Posteriormente funde la empresa "Recojo" (Responsabilidad Ecológica de Jóvenes), esta empresa se dedica a la creación de escobas a partir de botellas PET, transformando residuos en productos útiles y generando empleo para los jóvenes. Trabaje también con lombrices californianas, las cuales generan humus que puede ser aprovechado como fertilizante orgánico para los suelos.

6. Preguntas Abiertas:

- a) ¿Cuáles son las consideraciones clave que deben tenerse en cuenta al seleccionar un método de transporte para los residuos orgánicos?
El equipamiento adecuado, la relación de costo beneficio y capacidad de procesamiento
- b) ¿Qué factores o consideraciones cree usted que son fundamentales al evaluar la efectividad y sostenibilidad en la recolección diferenciada y tratamiento de residuos orgánicos en un entorno municipal?
Un adecuado sistema de costeo y seguimiento de gestión, el comportamiento del usuario.
- c) ¿Como recomienda incentivar en cambio de hábito y fomentar la participación ciudadana?
A través de una normativa municipal en gestión de residuos sólidos.
- d) ¿Qué incentivos recomienda para iniciar la recolección en hoteles y restaurantes?
Placa de reconocimiento a las instituciones que colaboren con la gestión diferenciada.
- e) ¿cuáles son los principales desafíos o problemas asociados con la gestión de residuos orgánicos en el punto de transición de recolección mixta a recolección diferenciada?
La corresponsabilidad institucional, el cambio de comportamiento de la población y La falta de interés y conocimiento de las "autoridades"
- f) ¿Qué alternativas o soluciones propone para iniciar la recolección de residuos orgánicos diferenciada?
Comenzar siempre con los grandes generadores singulares. En su caso, mercados, hoteles, restaurantes y centros de enseñanza. Son conocidos, están identificados, se puede acceder a las personas responsables de la gestión de residuos y comunicar los cambios que se desean implementar. Se pueden establecer incentivos a la calidad de los residuos orgánicos que separen y la cantidad. Estos incentivos pueden ser tanto negativos (cobrar una tasa de residuos por las cantidades que generen sin separar) como positivos, que siempre son más recomendables. Entre los positivos se recomienda hacer un reconocimiento público a su participación mediante distintivos identificativos que puedan poner en sus establecimientos que muestren a sus clientes que ellos participan en la separación de sus residuos y las mejoras al medio ambiente en la localidad. La administración pública, a su vez, debe dar difusión de esta actividad y participación de los establecimientos. De esta forma, se podrá crear y desarrollar una campaña sobre el nuevo modelo de gestión de residuos antes de comenzar la recolección en domicilios.
- g) ¿Qué aspectos considera ventajosos en este contexto que podamos aprovechar y cuales son factores de riesgo que debemos atender?
La propiedad del terreno debe ser municipal, así se evita ingresos ajenos. El tamaño de la población les permite desarrollar un modelo a su medida, adaptándolo a las circunstancias y necesidades de su localidad. La cercanía a la población, la posibilidad de tener una comunicación más directa en todos los sentidos es una gran ventaja si se sabe aprovechar. Las condiciones ambientales también son favorables para el modelo de compostaje local.
El principal factor de riesgo es comenzar sin contar con todos los elementos técnicos y personales

(encargados con formación específica) y sin una buena comunicación y consenso con la población acerca del nuevo modelo a desarrollar. Por eso es recomendable comenzar con los generadores singulares,