

UNIVERSIDAD PARA LA COOPERACION INTERNACIONAL

(UCI)

PROPUESTA PARA MEJORAR LA GESTIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS
MUNICIPALES EN SU ETAPA DE ELABORACIÓN DEL COMPOSTAJE, PÉREZ
ZELEDÓN, SAN JOSÉ, COSTA RICA.



ÁLVARO FRANCISCO MURILLO MORA

PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN PRESENTADO COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OPTAR POR EL TITULO DE MASTER EN LIDERAZGO Y
GERENCIA AMBIENTAL

Pérez Zeledón, Costa Rica

Julio, 2023

UNIVERSIDAD PARA LA COOPERACION INTERNACIONAL

(UCI)

Este Proyecto Final de Graduación fue aprobado por la Universidad como
Requisito parcial para optar al grado de Máster en Liderazgo y Gerencia Ambiental

Daniel Gerardo Rodríguez Molina
PROFESOR TUTOR

Warren Humberto Umaña Cascante
LECTOR No.1

Sergio Musmanni Sobrado
LECTOR No.2

Álvaro Murillo Mora
SUSTENTANTE

DEDICATORIA

El presente proyecto de investigación es dedicado a mi familia, mi esposa Karen y mis hijas Scarlett y Marypaz, que son quienes me apoyan en las decisiones que he tomado de mejorarme académicamente. Por ellas, mis hijas, es que me propuse hacer un proyecto que viniera a impactar de manera positiva el ambiente en el que se desenvuelven y pudiera mejorar la calidad de vida; así como continuar desarrollándome para ser un ejemplo a seguir.

AGRADECIMIENTOS

El primer agradecimiento sin duda es a Dios, que en su misericordia me permite concluir mis estudios de maestría.

Agradezco a igualmente a mi familia, mi esposa que ha sido mi ayuda cuando más lo he requerido tanto durante el desarrollo del presente trabajo, así como durante todo el tiempo que tengo de conocerla. Por supuesto a mis padres y hermanos, que me han apoyado.

Agradezco a mis compañeros de trabajo, que se han convertido en una segunda gran familia y que, con su trabajo diario, motivan siempre a aspirar a algo mejor.

Por último, a mis profesores de maestría que a lo largo de estos más de dos años, me han enseñado y en especial a Daniel Rodríguez, mi profesor tutor.

INDICE

HOJA DE APROBACION	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
INDICE	v
INDICE FIGURAS	ix
INDICE CUADROS	xiii
RESUMEN EJECUTIVO	16
INTRODUCCIÓN	17
Antecedentes.....	21
Problemática.....	22
Justificación del problema.....	23
Supuestos.....	24
Restricciones	25
Objetivo general.....	25
Objetivos específicos.....	25
MARCO TEORICO.....	26
Marco referencial o institucional	26
Antecedentes de la Institución	31

Misión y visión	34
Estructura organizativa	36
Productos que ofrece.....	38
Otra teoría propia del tema de interés	45
MARCO METODOLOGICO	51
Área de Estudio	51
Fuentes a utilizar	54
Fuentes Primarias:	55
Fuentes Secundaria:.....	56
Técnicas de Investigación.....	56
Método de Investigación.....	58
Alcance	61
DESARROLLO.....	63
Diagnóstico	63
Organización general del centro de compostaje Municipal	63
Sitio para la recepción de los residuos sólidos orgánicos.....	63
Sitio para la descarga de los residuos sólidos orgánicos	65
Sitio para el compostaje	68
Sitio para el empacado y almacenamiento temporal	70
Procedimientos en la elaboración de compost.....	73
Control de la evolución de la temperatura	73

Regulación de la humedad	79
Regulación de la aireación en las pilas del compostaje municipal	84
Evaluación de la calidad del producto	87
Otros aspectos de interés	89
Requisitos técnicos y legales, nacionales o internacionales.....	90
Conocimiento del personal	102
Guía para la gestión del compostaje	111
CONCLUSIONES.....	123
RECOMENDACIONES	125
BIBLIOGRAFIA	127
ANEXOS	132
Anexo 1: Chárter.....	132
Anexo 2: Encuesta aplicada a los funcionarios de la Municipalidad de Pérez Zeledón que laboran directamente en la gestión del residuo orgánico.....	135
Anexo 3: Protocolo evaluación de parámetros del Compost.	137
Anexo 4: Control de Inventario	140
Anexo 4: Infografía del proceso de compostaje.....	141

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Objetivos de Desarrollo Sostenible. Fuente: (Objetivos de desarrollo sostenible Objetivos de desarrollo sostenible, s. f.).....	19
Figura 2. Pirámide de lo deseable. Fuente: (Mora, s. f.)	20
Figura 3. Escudo de la Municipalidad de Pérez Zeledón	34
Figura 4. Organigrama de la Municipalidad de Pérez Zeledón. Fuente: (Municipalidad de Pérez Zeledón, 2022).....	37
Figura 5. Mapa del Cantón de Pérez Zeledón. (Fuente: Mapa de Pérez Zeledón, 2022).	52
Figura 6. Sitio de manejo del compostaje municipal. Fuente: Propia.	53
Figura 7. Procesos identificados para el compostaje municipal	63
Figura 8. Sitio de romana de la Municipalidad de Pérez Zeledón.	64
Figura 9. Báscula y sitio de ingreso de camiones.	64
Figura 10. Vista frontal del sitio para descarga de residuos sólidos orgánicos.	65
Figura 11. Residuos orgánicos con envoltorios.....	66
Figura 12. Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales de lixiviados provenientes del compostaje.....	66
Figura 13. Maquinaria apoyando la apertura del residuo sólido orgánico.	67

Figura 14. Funcionario municipal realizando la apertura del residuo orgánico y retirando bolsas plásticas.....	68
Figura 15. Residuos orgánicos que han sido gestionados mediante el retiro de sus envoltorios.....	68
Figura 16. Pilas de compostaje.....	69
Figura 17. Vista frontal del sitio de compostaje.....	70
Figura 18. Pilas de compostaje.....	70
Figura 19. Trommel rotativo para el colado del compost.....	71
Figura 20. Compost listo para ser empacado.....	72
Figura 21. Sacos en proceso de cosido para el almacenamiento temporal.....	72
Figura 22. Sitio de almacenamiento temporal del compostaje Municipal.....	73
Figura 23. Instrumento tipo termómetro para la medición de temperatura en el Centro de Transferencia de la Municipalidad de Pérez Zeledón.....	78
Figura 24. Funcionario de la Municipalidad de Pérez Zeledón tomando la temperatura.	78
Figura 25. Colocación de aspersores para humedecimiento del compost.....	83
Figura 26. Humedecimiento de las pilas de compost con manguera.....	83
Figura 27. Compost recién volteado. Se puede observar la salida de vapor.....	86

Figura 28. Cargador municipal volteando el compost.	86
Figura 29. Equipo de laboratorio.	87
Figura 30. Personal municipal realizando la medición del potencial de hidrógeno (pH) en una de las pilas de compost.	88
Figura 31. Equipo para la medición del potencial de hidrógeno.	88
Figura 32. Bolsas y otros materiales extraídos del residuo orgánico.	90
Figura 33. Gráfica de pregunta N°1 de la encuesta.	103
Figura 34. Gráfica de pregunta N°2 de la encuesta.	104
Figura 35. Gráfica de pregunta N°3 de la encuesta.	104
Figura 36. Gráfica de pregunta N°4 de la encuesta.	106
Figura 37. Gráfica de pregunta N°5 de la encuesta.	107
Figura 38. Gráfica de pregunta N°6 de la encuesta.	108
Figura 39. Gráfica de pregunta N°7 de la encuesta.	109
Figura 40.- Gráfica de pregunta N°8 de la encuesta.	110
Figura 41. Capacitaciones previas en materia de compost.	113
Figura 42. Sitios recomendados para el muestreo.	117
Figura 43. Ejemplo de la prueba del puño.	119

Figura 44. Medición de oxígeno en una de las pilas de compost..... 120

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Datos de temperatura Pila A, I Semestre 2023.	74
Cuadro 2. Datos de temperatura Pila B, I Semestre 2023.	75
Cuadro 3. Datos de temperatura Pila D, I Semestre 2023.	75
Cuadro 4. Datos de temperatura Pila E, I Semestre 2023.	76
Cuadro 5. Datos de temperatura Pila F, I Semestre 2023.....	77
Cuadro 6. Datos de temperatura Pila G, I Semestre 2023.	77
Cuadro 7. Datos de temperatura Pila H, I Semestre 2023.	77
Cuadro 8. Datos de aplicación de agua, Pila A, I Semestre 2023.	79
Cuadro 9. Datos de aplicación de agua, Pila B, I Semestre 2023.	80
Cuadro 10. Datos de aplicación de agua, Pila D, I Semestre 2023.....	81
Cuadro 11. Datos de aplicación de agua, Pila E, I Semestre 2023.	81
Cuadro 12. Datos de aplicación de agua, Pila F, I Semestre 2023.	81
Cuadro 13. Datos de volteo de pilas de compost, Pila A, I Semestre 2023.	84
Cuadro 14. Datos de volteo de pilas de compost, Pila B, I Semestre 2023.	85
Cuadro 15. Datos de volteo de pilas de compost, Pila D, I Semestre 2023.	85
Cuadro 16. Datos de volteo de pilas de compost, Pila E, I Semestre 2023.	85

Cuadro 17. Datos de volteo de pilas de compost, Pila F, I Semestre 2023.....	86
Cuadro 18. Detalle de ingreso de residuos sólidos orgánicos y los empaques que contenían este material. Fuente: (Municipalidad de Pérez Zeledón, 2012).....	89
Cuadro 19. Análisis de aspectos legales, Constitución Política.	91
Cuadro 20. Análisis de aspectos legales, Acuerdo de París.	92
Cuadro 21. Análisis de aspectos legales, Ley para la Gestión Integral de Residuos.	93
Cuadro 22. Análisis de aspectos legales, Reglamento Fábricas de Composte	95
Cuadro 23. Análisis de aspectos legales, Reglamento General a la Ley para la Gestión Integral de Residuos.	96
Cuadro 24. Análisis de aspectos legales, Reglamento general para permisos sanitarios de funcionamiento, permisos de habilitación y autorización para eventos temporales de concentración masiva de personas, otorgados por el Ministerio de Salud.....	97
Cuadro 25. Análisis de aspectos legales, Plan Nacional de Descarbonización.	98
Cuadro 26. Análisis de aspectos legales, I Plan Nacional de Compostaje.....	99
Cuadro 27. Análisis de aspectos legales, Reglamento Autónomo para el Tratamiento Integral de Residuos Ordinarios del Cantón de Pérez Zeledón.....	100
Cuadro 28. Análisis de aspectos legales, Manual de Compostaje del Agricultor	101
Cuadro 29. Detalle de las respuestas de la pregunta N°9 de la encuesta.	111

Cuadro 30. Detalle de la recopilación de información al ingreso del material a compostar.....	114
Cuadro 31. Detalle de la recopilación de información en la zona de descarga de material.....	116

RESUMEN EJECUTIVO

Como parte de las acciones ambientales que desarrolla la Municipalidad de Pérez Zeledón, se encuentra la separación de la fracción orgánica de los residuos sólidos y gestionarla hasta que se convierta en compostaje. Esta acción se desarrolla en el Centro de Transferencia ubicado en Las Juntas de Pacuar de esta localidad.

Los esfuerzos que realiza el municipio en materia de la gestión integral de los residuos se ven recompensados en un aumento de los indicadores ambientales y así mismo en una disminución de la factura que se cancela por importe del acarreo y disposición final que este cantón realiza para la gestión de los residuos sólidos no valorizables. Sin embargo, se identificó que se manejan alrededor de 1300 toneladas anuales, lo que hace que una inadecuada gestión venga a desfavorecer todo el proceso que se ha tenido para el desarrollo de esta tecnología limpia, de modo que se propuso el diseño de una propuesta para mejorar la gestión de estos residuos sólidos y que el proyecto pueda ser sostenible. Precisamente para esto se elabora uno de los objetivos específicos, siendo este el análisis de las condiciones que dispone actualmente la Municipalidad para la elaboración del compostaje municipal.

Pese a los esfuerzos que se han realizado, la oficina de Gestión Ambiental no dispone actualmente de una guía práctica que le permita alcanzar una correcta gestión de los residuos sólidos, siendo que, al realizar una fase de diagnóstico, se logra determinar varios aspectos que deben ser mejorados por el municipio, tanto a nivel de operación como a nivel de documentación y trazabilidad de los datos, esto por cuanto no se tiene una relación entre los datos que se anotan con los resultados que se esperan tener. Es por esta razón que se pretende como parte del alcance del presente trabajo de investigación, el realizar una guía práctica que permita a la Municipalidad de Pérez Zeledón mejorar la gestión de aquellos residuos sólidos orgánicos que ya se recuperan en las diferentes rutas del servicio de recolección de residuos sólidos, siendo diseñada específicamente para las condiciones particulares del municipio y del cantón en general y siendo la primera de su clase a nivel municipal. Tampoco se dispone de una herramienta que permita validar y poner en perspectiva de la institución, todos aquellos requisitos técnicos - legales, que debe cumplir la Municipalidad de Pérez Zeledón, asumiendo que la gestión y elaboración del compostaje, requieren se asocian al cumplimiento de normas internacionales (acuerdos principalmente) y de normativa nacional, así como otra documentación que tiene vinculación como planes nacionales, entre otros. Es por esta razón que este documento recopila aquellos requisitos legales que incorporan aspectos técnicos para el funcionamiento del centro de compostaje municipal, esto con el fin de que se pueda prever el cumplimiento de los mismos para evitar sanciones de entes reguladores.

De esta manera, se logra realizar una guía práctica para que la Municipalidad pueda alcanzar una correcta gestión de los residuos sólidos orgánicos que son separados para la elaboración del compostaje municipal, esto con el fin de mejorar los indicadores ambientales en los cuales ya trabaja el departamento de Gestión Ambiental.

Esta guía práctica, vendrá a mejorar todo el manejo en las diferentes áreas identificadas en las que se va desarrollando y generando el compostaje municipal, provee así mismo, los datos y análisis que debe realizarse para que la persona encargada del centro de transferencia, mismo que atiende el centro de compostaje, verifique la evaluación del proceso de gestión del residuo orgánico y crea varios valores alerta con el fin de evitar estados no deseados del compostaje y que por ende esto ponga en riesgo la salud pública y del ambiente en general, así como la calidad del producto que se está elaborando.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día nuestro planeta está afrontando un serio problema relacionado con la inadecuada gestión de nuestros residuos, sean líquidos, sólidos o gaseosos; esto al grado que ha degradado la salud ambiental y por ende ha venido a afectar la salud de la población al hacer más recurrentes las enfermedades relacionadas con la contaminación ambiental. Nuestra sociedad debe buscar e implementar alternativas para reducir la contaminación ambiental y que las acciones que desarrolle sean en beneficio de toda la sociedad. Por esta razón, las Naciones Unidas han visto la necesidad de instaurar la Agenda 2030, en la cual 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y un total de 169 metas, que buscan establecer una estrecha relación entre las tres dimensiones del desarrollo sostenible, siendo estas la dimensión económica, social y ambiental. En este sentido, los residuos sólidos vienen a ser un componente que contemplan los residuos arriba mencionados, ya que generan emisiones de gases efecto invernadero y también residuos líquidos, como son los lixiviados. Por este motivo, la gestión del compostaje viene de la mano con los objetivos de desarrollo sostenible especialmente con la meta 11.6 del objetivo 11 que indica “Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles: De aquí a 2030, reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, incluso prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales y de otro tipo”. Así como con la meta 12.5 del objetivo 12, que indica “Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles: De aquí a 2030, reducir considerablemente la

generación de desechos mediante actividades de prevención, reducción, reciclado y reutilización”; sin embargo el valor agregado que tiene el compostaje, también viene a relacionarse con las metas 2.4 del objetivo 4 que indica “Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible” y la meta 6.3 del objetivo 6, que indica “Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos: De aquí a 2030, mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos, reduciendo a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar y aumentando considerablemente el reciclado y la reutilización sin riesgos a nivel mundial”. En la figura N°1, podemos ver todos los objetivos de Desarrollo Sostenible que las Naciones Unidas han definido para el trabajo de los diferentes países involucrados.



Figura 1. Objetivos de Desarrollo Sostenible. Fuente: (Objetivos de desarrollo sostenible | Objetivos de desarrollo sostenible, s. f.)

Y es que todo este preámbulo, evidencia la necesidad que tiene nuestra sociedad de gestionar correctamente sus residuos sólidos sean con el fin de que se minimice el impacto ambiental que pueda generarse al medio ambiente y es que precisamente al gestionar los residuos orgánicos de manera correcta, logra reducir las emisiones de gases efecto invernadero que se generan desde los rellenos sanitarios o vertederos y consecuentemente se reduce el impacto ambiental por emisiones producto del transporte y acarreo del residuo orgánico desde los diferentes cantones hacia el relleno sanitario; se reducen los lixiviados y se puede incidir en una economía circular, de acuerdo con las apreciaciones de Mercado y Rivera (2021), este proyecto podría categorizarse dentro del marco ReSOLVE, una

estrategia que permite a los gobiernos y organizaciones, tener herramientas para generar estrategias circulares e iniciativas de crecimiento. Dentro de esta estrategia, la gestión del Compost de Pérez Zeledón, puede ajustarse a la acción Re que significa regenerar, esto por cuanto se pretende un cambio a tecnologías renovables y elaboración de materiales sostenibles que se desarrollan a partir de materia prima que se obtiene de la separación de residuos sólidos. Basado en el manejo y gestión que se debe tener para los residuos sólidos, en la figura N°2, se presenta la pirámide deseable de la gestión integral de residuos del Centro Nacional de Producción Más Limpia en alianza con otras organizaciones, donde este proyecto de investigación se ubica en la sección media, donde se obtienen nuevos productos de material prima para desecho.



Figura 2. Pirámide de lo deseable. Fuente: (Centro Nacional de Producción más Limpia (CNP+L).)

Por esto, la importancia de este proyecto final de investigación ya que, si bien es cierto, la Municipalidad de Pérez Zeledón realiza una recolección diferenciada de los residuos sólidos orgánicos, se debe garantizar que estos se gestionen correctamente mediante la elaboración de una propuesta para que los indicadores ambientales del cantón de Pérez Zeledón sean positivos.

Antecedentes

La Municipalidad de Pérez Zeledón, contó hasta el año 2013 con un vertedero a cielo abierto ubicado en la comunidad de Lomas de Cocorí, hasta ese momento, no existió en el cantón de Pérez Zeledón un programa para la gestión de residuos sólidos orgánicos, sino que este tipo de residuos se disponía en el vertedero municipal, generando contaminación por lixiviados, generación de gases, propagación de vectores, malos olores, entre otros aspectos.

El Ministerio de Salud y el Tribunal Ambiental Administrativo, habían intentado sin éxito, la clausura de dicho sitio y no hasta que la comunidad cerró el paso de los camiones recolectores a este sitio, que el Municipio tuvo que iniciar las gestiones para de una vez por todas, suspender el uso de este inmueble y utilizar los servicios de un gestor autorizado para el tratamiento de los residuos sólidos generados en este cantón.

Debido a que la Municipalidad contaba con un sitio propio para disponer sus residuos y que el costo de operación era relativamente bajo considerando la nula inversión de infraestructura salvo los trabajos de excavación de celdas y la colocación de alambre de púas, la gestión de los residuos orgánicos no era una prioridad para el municipio, fue sino hasta que se generó esta clausura del vertedero, que debido a los costos económicos de llevar los residuos al relleno sanitario Tecnoambiente en el cantón de Montes de Oro, la oficina de Promoción y

Divulgación Ambiental de la Municipalidad de Pérez Zeledón, inició un plan piloto en las instalaciones de la Finca Municipal, para la elaboración de compostaje a partir de los residuos orgánicos que se generaban en el mercado municipal, esto mediante la colocación de estos residuos en pilas que pronto acabarían con colapsar el espacio que se tenía para este fin. Fue debido al aumento de la demanda y a la necesidad de expandir el servicio de recolección de residuos orgánicos, que la Municipalidad decidió trasladar el sitio de compostaje de la Finca Municipal al antiguo matadero municipal, tiempo después convertido en el Centro de Transferencia de Residuos Sólidos. De este modo, el servicio comenzó a expandirse rápidamente entre los barrios del cantón, ya que la gestión del residuo orgánico generaba un importante ahorro económico a la Municipalidad debido a que, para ese entonces, se estimaba que cerca del 50% de los residuos generados en los hogares del cantón eran orgánicos.

Hoy en día, el Centro de Transferencia de Residuos Sólidos de la Municipalidad de Pérez Zeledón, gestiona en promedio 225 toneladas de residuos orgánicos al mes, lo que representa para el año 2023, según datos aportados por la Municipalidad de Pérez Zeledón, un ahorro de al menos ¢89,047,229.4 (Ochenta y nueve millones cuarenta y siete mil doscientos veintinueve con cuarenta céntimos), lo que repercute en un ahorro para el municipio y posteriormente este ahorro se refleja en el cobro que realiza el departamento. Este servicio se encuentra a disposición de cerca de 17 mil usuarios con una recolección dos veces a la semana en los barrios de la zona urbana del cantón y con una frecuencia diaria (lunes a viernes) en el centro de San Isidro de El General específicamente en la zona comercial. (Municipalidad de Pérez Zeledón, 2012)

Problemática.

La Municipalidad de Pérez Zeledón cuenta con el servicio de recolección de residuos sólidos orgánicos y la Actividad de Tratamiento de Residuos Sólidos, se encarga de elaborar acciones para que este tipo de residuo se convierta en

compostaje, mismo que se utiliza en jardinería tanto en sitios públicos del cantón como parques, polideportivo, plazas de deportes, entre otros lugares.

Al no tener un procedimiento determinado para los controles y la elaboración del compostaje municipal, se pone en riesgo que las mediciones no sean fiables y que el producto no tenga las condiciones óptimas para utilizado en las actividades de jardinería para las que usualmente se utiliza y que, de igual modo, pueda existir un porcentaje del producto que sea utilizado en labores agrícolas y que consecuentemente ponga en riesgo la salud de la población.

Justificación del problema

De acuerdo con la herramienta de Gestión de Datos 2023, la Municipalidad de Pérez Zeledón, para el año 2022 logró recolectar un total de 15.347,12 toneladas a través del servicio de recolección de residuos sólidos, de estos, un total de 3036,52 toneladas, son de residuos orgánicos, representando un 20% del total de residuos recolectados. Es esta condición por lo que se hace necesario garantizar que el manejo de estos residuos se realice de manera adecuada, sustentando este trabajo mediante una guía práctica que optimice las actividades que actualmente se realizan y de la misma forma, que prevenga prácticas que pongan en riesgo la salud y el ambiente. El municipio en la actualidad no posee personal operativo con conocimientos en gestión ambiental, por lo que una inadecuada gestión de los residuos orgánicos tendría repercusiones sobre la salud pública y la calidad de vida de los habitantes de las comunidades vecinas al Centro de Transferencia de Residuos Sólidos, espacio físico donde se realiza el compostaje. Por último, se han establecido desde la jefatura del departamento de Gestión Ambiental, indicaciones referentes a las actividades en torno al manejo y gestión de los residuos a compostar, por ejemplo, tomas de temperaturas, volteos realizados con un cargador de llanta, mediciones de pH, entre otros; no obstante, no existe ningún documento que sirva de guía y las actividades cotidianas podrían realizarse bajo la subjetividad

de una indicación verbal y en caso de cambios de personal, podrían omitirse actividades esenciales.

Otro aspecto de especial interés, es que este tipo de tratamiento de residuos sólidos genera menos emisiones de gases efecto invernadero que el tratamiento de residuos orgánicos en un relleno sanitario producto de la degradación anaerobia en los rellenos sanitarios, esto por cuanto la cantidad de emisiones que calcula el municipio, contempla inclusive el acarreo que conlleva una distancia de 340 kilómetros, con el consecuente consumo de combustibles, lubricantes, repuestos y otros aspectos asociados al traslado, por lo que se debe mejorar el proceso de compostaje municipal con el fin de poder dar un mayor valor agregado al subproducto de orgánico.

Considerando el tema de las emisiones atmosféricas, para el año 2022, tomando como base el documento de Factores de Emisión de gases de efecto invernadero, se tiene que, para una gestión de 3036,52 toneladas de residuos orgánicos, el municipio evitó un total de 6,69 toneladas de dióxido de carbono equivalente, esto al evitar el acarreo y disposición final en relleno sanitario de este residuo orgánico, aportando de esta manera a la consecución del Objetivo de Desarrollo Sostenible N°13.

Supuestos

Existe un interés generalizado para adoptar propuestas para una mejor gestión de los residuos sólidos como parte de las funciones de las Municipalidad de Pérez Zeledón.

Otro de los supuestos que se tienen para el presente proyecto, es la actualización del Reglamento municipal de gestión de residuos sólidos, así como del Plan de Gestión Integral de Residuos, instrumentos del rango de política pública que se vinculan con los objetivos del presente documento.

Restricciones

Al trabajarse en una institución pública, siempre se tienen diferentes limitantes, las cuales son:

- Se tiene la limitante del tiempo de la elaboración del Proyecto de Investigación.
- Hay limitaciones presupuestarias por lo que este proyecto final de graduación no contemplará mediciones ni evaluaciones de ningún tipo en su etapa de propuesta.
- La herramienta enfocará indicadores en valores teóricos y en las recopilaciones de la evaluación de las condiciones actuales.
- Hay una imposibilidad para poder evaluar y dar seguimiento a la puesta en práctica de la guía que se propone elaborar.

Objetivo general

Diseñar una propuesta para mejorar la gestión de Residuos Orgánicos Municipales en su etapa de elaboración del compostaje, Pérez Zeledón, San José, Costa Rica.

Objetivos específicos

- Analizar las condiciones actuales que tiene la Municipalidad de Pérez Zeledón para la gestión del compostaje municipal mediante visitas de campo, a fin de realizar una evaluación integral del proceso.
- Determinar los requisitos técnicos y legales, nacionales o internacionales, que permitan crear una propuesta para la elaboración de compostaje.
- Elaborar una guía práctica que permita alcanzar una correcta gestión de los residuos orgánicos de la Municipalidad de Pérez Zeledón en su etapa de elaboración del compostaje, que permita mejorar los indicadores ambientales del cantón de Pérez Zeledón, San José, Costa Rica; en materia de gestión de residuos sólidos orgánicos.

MARCO TEORICO

Marco referencial o institucional

El documento que guía la institución es el Plan de Desarrollo de la Municipalidad de Pérez Zeledón 2022-2026, mismo que se encuentra en ejecución. De acuerdo con este documento, se establece la misión de la institución como “Somos el Gobierno Local, efectivo y transparente en la prestación de obras y servicios públicos, que genera oportunidades de desarrollo a quienes habitan en el cantón”, a su vez, se define la visión institucional como “Seremos el gobierno local, que lidera el desarrollo integral y sostenible del cantón, mediante el uso de tecnología adecuada y prestación de servicios efectivos y oportunos”.

El Plan de Desarrollo de la Municipalidad de Pérez Zeledón 2022-2026, define a su vez los valores institucionales, esto bajo la condición de que los valores con parte de las características deseables, valores y comportamiento esperado, tanto de manera individual como social y de sus instituciones, estos valores son culturalmente contruidos y transmitidos y son definidos de la siguiente manera:

- Honestidad y lealtad: Vistos como la capacidad del servidor o funcionario municipal, de ser noble, honrado y que realiza sus labores con rectitud, además que dentro de su labor aplica los valores morales y éticos, creando un vínculo de confianza y respeto con sus compañeros y la ciudadanía.
- Respeto: Visto como un valor fundamental, por medio del cual, cada colaborador y autoridad municipal, debe tener presente a la hora de

interactuar con las personas en su entorno, el valorar sus intereses y necesidades, para tal fin, deberá buscar en todo momento, una relación de trato digno a la ciudadanía, reciprocidad, respeto y reconocimiento mutuo.

- **Solidaridad:** Visto como el sentimiento que impulsa a prestarnos ayuda mutua, adoptando una forma de comportamiento que genere beneficios para la vida individual e institucional.
- **Transparencia:** Rendir cuentas de forma permanente por nuestro trabajo y el uso de los recursos disponibles en la institución.
- **Compromiso:** Es la actitud que identifica la lealtad, dedicación personal y organizacional de los colaboradores y autoridades municipales; es sentir, vivir como propio los objetivos y metas institucionales, responsabilizándose por el logro de los mismos, brindando bienes y servicios de forma oportuna, atendiendo las necesidades e intereses de los munícipes.
- **Liderazgo:** Es el principal motor que da a la gestión pública municipal, una visión de lo que puede llegar a ser y su capacidad para traducir esa visión en realidad.
- **Ética:** Mantener una disposición que demuestre rectitud y buena fe en el ejercicio de las potestades que por ley se nos confiere, garantizando la satisfacción del interés público en el cantón.
- **Libertad:** Es un valor superior de nuestro ordenamiento jurídico, que establece el criterio de actuación de todos los poderes públicos, que han de

respetar y que corresponde a la libertad de los ciudadanos y la imposibilidad de violentarla, más allá de lo que sea necesario para el mantenimiento de orden social y el interés general.

De igual modo, los principios institucionales son establecidos por el Plan de Desarrollo de la Municipalidad de Pérez Zeledón 2022-2026. Estos principios se consideran como actitudes, juicios, decisiones y orientaciones para la acción práctica que permite concretar, materializar determinados valores y son definidos de la siguiente forma:

- **Búsqueda de la excelencia:** La excelencia es sinónimo de máxima calidad, se entiende como un concepto que va más allá de lo físico, pues implica la aplicación de valores, actitudes mentales y una nueva forma de pensamiento, la calidad debe estar presente en todos los actos y procesos, su expresión final se sintetiza en la atención del munícipe, quien es la verdadera razón de ser de la institución.
- **Trabajo en equipo:** Es la ayuda mutua entre dos personas o dependencias, en donde cooperan y colaboran entre sí, para lograr los objetivos propuestos, por lo cual se debe promover permanentemente el compañerismo y una cultura integradora de esfuerzos entre los colaboradores de la Municipalidad.
- **Equidad con justicia:** La justicia tanto conmutativa como distributiva y especialmente en la distribución de oportunidades entre los seres humanos.

- Mejora continua: Proceso sistemático y permanente por medio del cual se elevan los estándares de trabajo.

La Municipalidad de Pérez Zeledón, trabaja bajo cinco ejes estratégicos, estos concentran las acciones de la institución y de conforman de la siguiente manera:

1. Eje Gestión Desarrollo Económico Sostenible.

- Administración Hacendaria.
- Programa Gestión vial.
- Programa Gestión turística.
- Programa Simplificación de trámites.
- Programa Promoción del comercio y empleo.
- Programa Infraestructura comunal.
- Programa de gestión de servicios públicos municipales.

2. Eje Gestión Ambiental y Manejo Sostenible de Recursos Productivos

- Programa de Manejo Integral de Residuos Sólidos.
- Programa de Promoción y Divulgación Ambiental.

3. Eje Gestión Desarrollo Integral del Ciudadano y Mejoramiento de la Calidad de Vida.

- Programa Servicios económicos Sociales.
- Programa de Coordinación interinstitucional.

-
- Programa de Seguridad y Atención Ciudadana.
 - Programa Gestión Cultural.
 - Programa de Deporte y recreación.
4. Eje Gestión del Ordenamiento Territorial.
- Plan Regulador catastro y control urbano.
5. Eje Gestión Eficiente, Transparencia y Rendición de Cuentas
- Programa Transparencia y Rendición de Cuentas.
 - Programa Control Interno.
 - Programa Gestión de Riesgos y Atención de Emergencias.
 - Programa Gestión documental y sistemas de información.
 - Programa Gestión de Desarrollo del Talento Humano.
 - Programa Gestión de la planificación estratégica –operativa.

De los ejes estratégicos que se mencionan, se vinculan directamente dentro del proyecto en el Eje de gestión desarrollo económico sostenible, la administración hacendaria quien es la dependencia que fija las tarifas del servicio de recolección y depósito de residuos sólidos, rubros de donde se nutre el presupuesto del presente proyecto, así como el programa de gestión de servicios públicos municipales, esto al constituirse a Gestión Ambiental como un servicio municipal. En cuanto al eje dos, Gestión Ambiental y Manejo Sostenible de Recursos Productivos, los dos

programas, es decir, Manejo Integral de Residuos Sólidos y Promoción y Divulgación Ambiental, tienen una vinculación directa con el presente proyecto al encontrarse inmerso en el departamento que alberga esta gestión. Por último, el eje directamente involucrado es el cuarto, de ordenamiento territorial, esto por cuanto el Plan Regulador catastro y control urbano determinan las condiciones de operación de todo lo relativo a la gestión del compostaje municipal.

Antecedentes de la Institución

El cantón de Pérez Zeledón, fue fundado el 9 de octubre de 1931 en la Administración del presidente Cleto González Víquez, esto mediante la promulgación de la Ley “Crea el Cantón de Pérez Zeledón” N°31, antes de que esto sucediera, Pérez Zeledón perteneció al cantón de Dota como Distrito Ureña.

Originalmente el cantón de Pérez Zeledón se constituyó en cantón de la provincia de San José, con cuatro distritos; el cual fue inaugurado el 1 de enero de 1932. Fue desde esta fecha que inicia la historia de la Municipalidad de Pérez Zeledón como gobierno local.

De acuerdo con el Censo 2022 del Instituto Nacional de Estadística y Censo, el cantón Pérez Zeledón, cuenta con un total de 156,917 habitantes, siendo de esta población un total de 80,643 hombres y 76,297 mujeres, así mismo, así mismo, cuenta con una extensión territorial de 1905.51 km² lo que significa que ocupa el 38.42% del territorio provincial y el 3.33% del territorio nacional. Conjugando los

datos del presente párrafo, cuenta con una densidad poblacional de 83 habitantes por kilómetro cuadrado.

Los principales productos del cantón son: café, ganado, tabaco, caña de azúcar, granos básicos como frijoles y maíz, naranja dulce, hortaliza, aguacate, macadamia, mora. Así también se da la ganadería porcina y bovina, las actividades avícola, industrial y comercial.

De acuerdo con Marín Valverde (2007), el Régimen Municipal tiene su nacimiento en la Constitución Política, dándosele autonomía a los municipios para actuar en beneficio de la buena administración de los servicios e intereses locales y, por tanto, el bienestar de sus habitantes.

La Constitución Política (1949) define que “La administración de los intereses y servicios locales en cada cantón, estará a cargo del Gobierno Municipal, formado de un cuerpo deliberante, integrado por regidores municipales de elección popular, y de un funcionario ejecutivo que designará la ley”. Se puede apreciar en la figura N°3, el escudo de la Municipalidad de Pérez Zeledón.

Para crear un municipio es esencial contar con elementos materiales, a saber, una población, un territorio y un órgano administrador de los bienes que posee la sociedad. Por tal razón, la municipalidad se convierte en esa organización encargada de velar por el desarrollo de los vecinos, y estos a su vez, conforman esa población, el territorio viene a ser el cantón.

Se puede afirmar que la existencia de gobiernos locales se debe a dos razones principales:

Razón política: Con el fin de lograr la participación activa de los vecinos en la toma de decisiones, promover la defensa de los derechos ciudadanos y sensibilizar los deberes, así como plantear las situaciones que aquejan al pueblo y buscar en conjunto posibles soluciones a tales problemas, elegir los representantes o postularse para trabajar en el gobierno local.

Razón administrativa: Relacionada con la descentralización de servicios, obras y deberes gubernamentales para poder brindarlos mejor, pues la calidad en la prestación del mismo aumenta a nivel local en comparación con el nivel nacional, además de facilitar la supervisión económica de los recursos por los afectados directos, o sea, los munícipes.

A todos los municipios se les otorgan derechos, al igual para lograr los objetivos impuestos por la legislación vigente, estos deben cumplir funciones y deberes, tales como:

- Establecer el Presupuesto, aprobarlo y llevarlo a cabo.
- Cobrar y administrar los tributos e ingresos municipales, en su posición de administración tributaria.
- Dictar los Reglamentos necesarios para alcanzar con éxito y orden los fines de la organización.

- Suministrar los servicios municipales establecidos por la legislación vigente.



Figura 3. Escudo de la Municipalidad de Pérez Zeledón. Fuente: (Municipalidad de Pérez Zeledón, 2022).

Misión y visión

La Misión es el propósito que el cantón tiene que cumplir, distinguiéndolo de los demás cantones del país, precisamente esta misión le permite formular las estrategias y formular objetivos. Para el caso del Cantón de Pérez Zeledón, se ha formulado la siguiente misión para el cantón:

“Pérez Zeledón es un cantón multiétnico y pluricultural, caracterizado por el espíritu emprendedor de su población, que ha logrado posicionarse en distintas actividades económicas, donde sobresale la agricultura en una gran diversidad de productos, lo que ha generado un alto valor por el campesinado y su identidad local; con abundantes recursos naturales, especialmente en riqueza hídrica y belleza esencia,

liderados por el Cerro Chirripó; con organizaciones dedicadas al desarrollo autogestionario de sus comunidades a partir de un incansable sentido de superación y lucha por una mejor calidad de vida para sus habitantes” (Municipalidad de Pérez Zeledón, 2022a).

La visión es aquello que la organización espera ser a futuro, por esta razón, la Municipalidad ha formulado la siguiente visión para el cantón:

“Ser un cantón que promueve el desarrollo humano de su población, con servicios públicos e infraestructura adecuados a las necesidades locales lo que garantiza la calidad de vida de sus habitantes, a través de la integración equitativa y solidaria, generando espacios democráticos para la participación social, potenciando oportunidades educativas y fuentes de empleo dignos, donde se desarrollan actividades autogestionarias de proyectos agroindustriales, productivos y artesanales de pequeñas y medianas empresas locales y se promueven actividades económicas en una relación sostenible con los recursos naturales, para beneficio de las distintas poblaciones y el medio que las sustenta” (Municipalidad de Pérez Zeledón, 2022a).

Por su parte, el Plan de Desarrollo Municipal 2022 – 2026, definió la misión institucional, definiéndola como:

“Somos el Gobierno Local, efectivo y transparente en la prestación de obras y servicios públicos, que genera oportunidades de desarrollo a quienes habitan en el cantón”.

En cuanto a la misión institucional, el Plan de Desarrollo Municipal 2021-2025, la define como:

“Seremos el gobierno local, que lidera el desarrollo integral y sostenible del cantón, mediante el uso de tecnología adecuada y prestación de servicios efectivos y oportunos”.

Estructura organizativa

Las municipalidades son organizaciones que cuentan con un alcalde y concejales electos popularmente, para ello la Municipalidad de Pérez Zeledón tiene el Concejo Municipal y por el otro la Alcaldía Municipal, con funciones establecidas según el Código Municipal.

Referente a la estructura organizacional de la Municipalidad de Pérez Zeledón, el Concejo Municipal mediante acuerdo TRA-0261-22-SCC, estableció que la organización se encuentra dividida en cuatro niveles: Nivel político, Nivel control y fiscalización, Nivel Asesoría y Nivel Ejecución. En la figura N°4, se puede visualizar el organigrama aprobado por el Concejo Municipal para su organización interna.

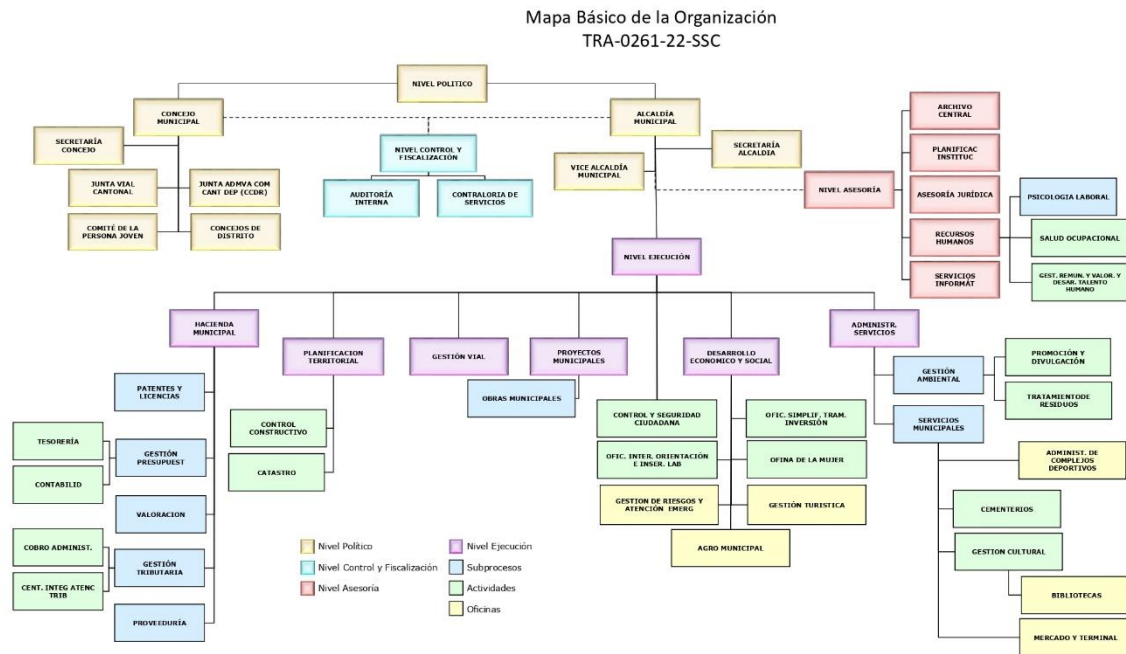


Figura 4. Organigrama de la Municipalidad de Pérez Zeledón. Fuente: (Municipalidad de Pérez Zeledón, 2022).

El Nivel político se refiere al Concejo Municipal, que se conforma de la Secretaría del Concejo, Junta Vial Cantonal, Junta Administrativa del Comité Cantonal de Deportes, Comité de la Persona Joven y Concejos de distrito. En este mismo nivel se ubica la Alcaldía Municipal que incluye la Secretaría de Alcaldía y la Primera Vice Alcaldía Municipal.

El Nivel de Control y fiscalización, contiene la Auditoría Interna y la Contraloría de Servicios. Este nivel es el encargado de evaluar el buen desempeño de la organización, así como de verificar que la municipalidad se ajuste al marco jurídico.

El Nivel Asesoría depende directamente del alcalde Municipal y aseguran el correcto funcionamiento de la organización, compuesto las oficinas de Archivo Central,

Planificación Institucional, Asesoría Jurídica, Servicios Informáticos y Recursos Humanos.

El cuarto nivel de la estructura organizacional de la Municipalidad de Pérez Zeledón concentra el nivel de Ejecución, el cual está dividido en seis Procesos de Ejecución con sus respectivos Subprocesos, Actividades y oficina. El primero de ellos es Proceso de Hacienda Municipal, Administración de Servicios, Planificación Territorial, Proyectos Municipales, Gestión Vial y Desarrollo Económico y Social.

Productos que ofrece

Los productos que ofrece la Municipalidad de Pérez Zeledón se circunscriben al nivel de ejecución, por lo que se describe a continuación los servicios que ofrece la Municipalidad de Pérez Zeledón por tipo de Proceso:

- Proceso de Hacienda Municipal: responsable de todas las actividades financiero –contables de la institución,
 - Patentes y Licencias: Es la oficina encargada de otorgar los permisos para la operación de establecimientos comerciales y de eventos temporales.
 - Gestión Presupuestaria: Es la oficina encargada de realizar los presupuestos de la Municipalidad de Pérez Zeledón.
 - Tesorería Municipal: es la dependencia encargada de gestionar los pagos a lo interno y externo de la institución.

-
- Contabilidad: Es la dependencia encargada de las transacciones contables del municipio, así como de llevar el control de todos los activos municipales.
 - Bodega: Es la oficina que se encarga del resguardo de los materiales que se adquieren en la Municipalidad para ser posteriormente entregada a las oficinas solicitantes. Es la que se encarga de la recepción de los bienes.
 - Valoración: Es la encargada de la fiscalización de los valores de los bienes inmuebles del cantón.
 - Proveduría: Es la oficina encargada de gestionar las compras de bienes y servicios de la Municipalidad de Pérez Zeledón y es la que media entre el proveedor y la oficina solicitante.
 - Gestión Tributaria: Se encarga de realizar los estudios de costos de los servicios municipales con el fin de determinar las tasas de los servicios municipales.
 - Cobro Administrativo: Con el fin de dar cumplimiento al Artículo 68 del Código Municipal, esta oficina es la encargada de identificar aquellos contribuyentes atrasados con el pago de sus obligaciones, así como administrar la recaudación de impuestos, tasas y contribuciones.

-
- Centro Integrado de Atención Tributaria: Es la dependencia encargada de la atención de los munícipes y de poder gestionar las solicitudes que estos requieren.
 - Planificación Territorial: Es la oficina encargada de la planificación del territorio.
 - Control Constructivo: Dependencia encargada de todos los permisos de construcción en la Municipalidad.
 - Catastro: Es la oficina que se encarga de mantener actualizado el catastro municipal.
 - Gestión Vial: Es el departamento que ejecuta los recursos de la Ley 8114, misma que tiene entre sus funciones el mantenimiento y construcción de vías públicas y todos sus componentes.
 - Proyectos Municipales: Es la oficina que se encarga de atender las necesidades de las comunidades y de distribuir recursos para el desarrollo de estas.
 - Obras Municipales: Es la oficina que se encarga de las actividades de construcción dentro de la Municipalidad de Pérez Zeledón y de espacios públicos municipales.
 - Administración de Servicios: Bajo esta oficina se desarrollan varios servicios públicos, según se detalla:

-
- **Gestión Ambiental:** Es la oficina de dar cumplimiento a la Ley 8839 y Ley 7554. Bajo esta oficina se desarrollan los servicios de aseo de vías y sitios públicos, recolección de residuos sólidos, así como el servicio de tratamiento y disposición de residuos sólidos. Bajo la misma égida se desarrollan acciones de protección al medio ambiente a través de la administración de la Fincas Municipal. Este es el departamento que tiene bajo su responsabilidad, la gestión integral de los residuos sólidos, más allá de la gestión tradicional de los residuos sólidos y se involucra de manera directa con el comportamiento ciudadano conforme a la jerarquía de la gestión de residuos según se mostró en la Figura 3, tiene la función de poder desarrollar nuevas estrategias y nuevas medidas de protección ambiental.
 - **Tratamiento de Residuos Sólidos:** Es la dependencia encargada de dar una correcta gestión a los residuos municipales. En este departamento es que se deben desviar la mayor parte de los residuos sólidos y respetar la jerarquización de los mismos a través de diferentes procesos, reduciendo los costos operativos por esta gestión diferenciada, que anualmente entre todos los residuos sólidos gestionados diferenciadamente superan los cien millones de colones según datos aportados por la Municipalidad de Pérez Zeledón, y

contribuyendo a una mejor calidad ambiental del cantón en general al disminuir la contaminación. Esto repercute de igual modo en un alargamiento en la vida útil de los rellenos sanitarios.

- Promoción y Divulgación Ambiental: Es la dependencia encargada de dar capacitación en temas ambientales.
- Servicios Municipales: Es la oficina encargada de atender todas las áreas verdes propiedad de la Municipalidad, salvo aquellas que están bajo la dirección de otro departamento. Esta oficina administra los parques municipales.
 - Complejos deportivos: Administra el polideportivo con toda su infraestructura para el uso de los vecinos del cantón. Administra el Estadio Municipal de Pérez Zeledón.
 - Cementerio: Administra dos cementerios municipales.
 - Gestión Cultural: Es la encargada de administrar el Complejo Cultural. Desarrolla actividades culturales en todos los distritos.
 - Biblioteca: Administra la biblioteca pública Municipal y el laboratorio de Innovación Tecnológica.

-
- Mercado y Terminal: Administra el mercado municipal en la ciudad de San Isidro, así como la Terminal Municipal de autobuses.
 - Desarrollo Económico y Social: Bajo esta oficina se desarrollan los principales servicios sociales de la Municipalidad.
 - Oficina de la Mujer: Es el departamento que establece mecanismos de acciones y programas para la promoción, defensa y cumplimientos de los derechos de las mujeres. Así mismo en brindar asesoramientos, capacitaciones y atención psicológica de forma individual y grupal a mujeres, niños y el núcleo familiar.
 - Oficina de Turismo: Es el departamento que se encarga de la promoción del turismo y de apoyo a los emprendimientos locales en materia de turismo.
 - Oficina Agro Municipal: Es el departamento que, junto con el Ministerio de Agricultura y Ganadería, se encarga de apoyar al sector agropecuario del cantón.
 - Gestión de Riesgos y Atención de Emergencias: Es la oficina que se encarga de desarrollar y ejecutar acciones de prevención y atención de emergencias en conjunto con la

Comisión Nacional de Emergencias. Operativiza la Comisión Local de Emergencias.

- Oficina de intermediación, orientación e inserción laboral: Se encarga de mantener bases de datos de personas que requieren un empleo y de coordinar con los potenciales empleadores para la contratación de personal. Se encarga de buscar alianzas para la atracción de inversión y fuentes de empleo.
- Oficina de la Persona Adulta Mayor y Persona con Discapacidad (OPAMDIS)¹: Es la oficina que se encarga de la promoción de los derechos de las personas adultas mayores y con discapacidad.
- Seguridad Ciudadana (Pertenece a la Alcaldía Municipal): Es la dependencia encargada de regular el servicio de estacionómetros en el casco central de la ciudad de San Isidro de El General.

¹ La sesión ordinaria 148-2022, acuerdo 4), celebrada el 06 de diciembre de 2022, el Concejo Municipal aprobó, el cambio de nomenclatura de la oficina de Simplificación de Trámites de Inversión por Oficina de la Persona Adulta Mayor y Persona con Discapacidad (OPAMDIS).

Otra teoría propia del tema de interés

Los residuos sólidos, llamados basura hasta la década de los años 70, son un elemento de preocupación de nuestra sociedad ya que su presencia es prácticamente inevitable debido al nivel de desarrollo económico en el que nuestra sociedad se encuentra inmerso. La composición de los residuos sólidos se muestra de manera muy heterogénea y dependiendo de su composición y características, así será el nivel de impacto que esta genere sobre el medio ambiente y a su vez sobre la misma sociedad, sin embargo, los modelos tradicionales de la gestión de estos residuos se basan en recolectar y disponer en algún lugar, sin que necesariamente medie un modelo de gestión integral de los residuos sólidos.

Rodríguez Herrera (2012), hace referencia sobre que la gestión integral de residuos sólidos debe ser entendida como una disciplina que se asocia al adecuado manejo de los residuos y que se debe implementar a todas las etapas de las cuales se compone propiamente el ciclo de estos residuos, el cuál en la prevención desde la fuente, el cual se identifica en nuestra legislación como el evitar y reducir, la recolección diferenciada de los residuos así como el reciclaje y aprovechamiento energético de los mismos, finalizando en el tratamiento y la disposición final; es así como la gestión integral se compone tanto del comportamiento de la sociedad (modelos de consumo, comportamiento frente a la separación desde la fuente) así como de los mecanismos de recolección y disposición final de los diferentes municipios y personas físicas y/o jurídicas autorizadas en esta etapa de la gestión, finalizando.

Cuando se menciona que el primer eslabón de la gestión integral de los residuos sólidos es la concientización de la población y en esta etapa de gestión se trata de que los gobiernos locales instauren políticas de gestión de residuos sólidos de acuerdo con la naturaleza de las diferentes poblaciones y según Castro Merizalde (2000), se parte generalmente de la elaboración y aprobación de programas educativos que logren la disminución de las carencias de la población en general, respecto a los problemas socioambientales que consecuentemente se tienen debido a una mala gestión de los residuos sólidos; en este sentido se deben abordar temas relativos a aspectos jurídicos, de responsabilidad del generador y poder brindar habilidades y herramientas para que las personas puedan actuar permanentemente bajo una estrategia de una adecuada gestión. Para esta gestión, debe considerarse no solamente a los actores institucionales, sino que debe considerarse diferentes actores sociales como organizaciones no gubernamentales, asociaciones, fundaciones, entre otros, que permitan coadyuvar en el proceso de esta mejora pretendida.

No todos los residuos pueden gestionarse de la misma manera, y es que de acuerdo con Peralta Quito y Encalada Ochoa (2012), los residuos pueden clasificarse por su composición en inorgánicos, siendo estos los que “su descomposición requiere de muchos años incluso de siglos, esta clase de desechos tiene un crecimiento muy significativo que se vincula directamente con el consumismo global, entre los materiales inorgánicos y que sin dudar cada uno de nosotros de manera inconsciente contribuimos a este crecimiento esta: papel, cartón, plástico, envases

de diferente material, vidrios, ropa, metales, latas.”; orgánicos, identificándolos como aquellos que son “de origen biológico, alguna vez estuvo vivo o fue parte de un ser vivo, por ejemplo: hojas, ramas, cáscaras y semillas de frutas, hueso y sobras de animales, etc. Estos se descomponen en corto tiempo debido a la acción de microorganismos, como pueden ser bacterias, hongos, lombrices y deben ser aprovechados para el compostaje.”; peligrosos, siendo estos los que “que requieren un tratamiento especial por el peligro potencial que significa, pueden ser de origen biológico o no, entre ellos tenemos: instrumental médico infeccioso, radiactivo, sustancias químicas corrosivas, ácidos, etc.”.

En el caso de la Municipalidad de Pérez Zeledón, se identifican los residuos por valorizables, los cuales son conocidos popularmente como reciclables e incluyen aquellos productos que tienen mercado para valorización tales como papel, cartón, plástico, vidrio, tetra pack, aluminio, entre otros. Otro tipo de residuo clasificado en la municipalidad es el orgánico, el cual incluye restos de alimentos procesados y sin procesar, tales como cáscaras de todo tipo, alimentos cocidos, trozos de alimentos crudos, así como residuos de jardín y por último los residuos no valorizables que incluyen todos aquellos que no se contemplaron en las identificaciones anteriores, incluyéndose restos de embalajes, toallas sanitarias, residuos contaminados, entre otros.

La correcta gestión de los residuos sólidos influye de manera directa en la calidad de vida y salud pública de los habitantes inclusive del mundo entero, esto por cuanto Rojas Wang (2014), identificó que para el año 2013, “en el caso particular de los

residuos sólidos domiciliarios, el material biodegradable constituye cerca del 50% de todos los residuos, medidos con base en su peso”, precisamente este alto porcentaje de material biodegradable,

Para efectos de calentamiento global, el problema lo constituye precisamente este alto porcentaje de material biodegradable, principalmente por su falta de aprovechamiento y mala gestión; y es que, para el caso de estudio, el cantón de Pérez Zeledón, de acuerdo con Retana Chavarría (2021), se identificó que el 23% de total de los residuos generados en el comercio son orgánicos y en el caso de las viviendas este tipo de residuos sube a un 41,75% del total de residuos sólidos generados.

Precisamente la descomposición del material biodegradable genera metano como principal gas de efecto invernadero, mismo que de acuerdo con el IPCC (2007), tiene un Potencial de Calentamiento Global a 100 años de 25, lo que significa que una tonelada de gas metano que se libera a la atmósfera, es equivalente a 25 toneladas de dióxido de carbono. En este sentido, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América, (EPA), estableció que los residuos sólidos son los responsables de entre el 3% y 4% de las emisiones antropogénicas a nivel mundial, lo que podría significar 2000 millones de toneladas de dióxido equivalente al año solamente por la gestión de los residuos. En el caso de Costa Rica, las emisiones de dióxido de carbono equivalente para el año 2017, significaban un 14,8% del total de emisiones generadas por actividades, generando

una emisión de 2138,5 toneladas de CO_{2equiv} por año (Instituto Meteorológico Nacional & Ministerio de Ambiente y Energía, 2017).

En el caso del proyecto que nos ocupa, se logra evidenciar la importancia de gestionar de manera diferenciada los residuos sólidos orgánicos mediante tratamientos biológicos, como lo es en este caso el compostaje, esto por cuanto los valores de generación de metano son inferiores en este tipo de tratamiento que en un relleno sanitario, sin embargo, este tipo de tratamiento genera óxido nitroso, el cual tiene un potencial de calentamiento a 100 años de 310 (Instituto Meteorológico Nacional, 2022).

Aguilar Arteaga et al. (2019), mencionan que el manejo de los residuos sólidos tiene una estrecha relación con la salud de la población y que la gestión de los residuos sólidos puede incidir directamente en la salud de la población y del medio ambiente en general, esto por cuanto existe un riesgo de transmisión de enfermedades vectoriales tales como dengue, zika, cikungunya, malaria, entre otras; como bacterianas como la leptospirosis, esto por cuanto la mala gestión de los residuos puede ocasionar criaderos de vectores y sitio de reproducción y hábitat de roedores, cucarachas, entre otros animales. Un segundo aspecto de potencial riesgo, es el de las lesiones a personas o animales, por cuanto residuos con bordes filosos o punzantes, podrían poner en riesgo la integridad física de aquellos que entren en contacto con los mismos, además de poder ser una fuente de propagación de enfermedades como el tétano. Por otro lado, la inadecuada gestión de los residuos para su disposición final causa un impacto negativo al medio ambiente, ya que los

residuos son lanzados a las calles, lotes baldíos, ríos o inclusive son quemados. Es en esta fase que los residuos inclusive llegan a los mares producto de la escorrentía por lluvias e inclusive al ser lanzados a los ríos o quebradas directamente, afectando la flora y fauna acuática, así como de la fauna terrestre que depende de estos cuerpos de agua ya sea para la caza, consumo de agua u otras interacciones.

MARCO METODOLOGICO

Área de Estudio

El cantón de Pérez Zeledón (ver mapa del cantón en la figura N°5), es el número 19 de la provincia de San José, cuenta con una población de 134.535 habitantes, de los cuales 65.389 son hombres (49%) y 69.145 son mujeres (51%), según información obtenida del X Censo Nacional de Población y VI de Vivienda: Resultados Generales / Instituto Nacional de Estadística y Censos realizado en el año 2011. La extensión del Cantón de Pérez Zeledón es de 1905.51 kilómetros, la cual representa un 38.42% del territorio de la provincia San José y a su vez un 3.33% del Territorio Nacional (Vargas Retana et al., 2021).



Figura 5. Mapa del Cantón de Pérez Zeledón. (Fuente: Mapa de Pérez Zeledón, 2022).

El cantón de Pérez Zeledón se funda en octubre del año 1931 y es que en ese momento nace la Municipalidad, iniciando con las funciones constitucionales y otras que son atribuidas a los gobiernos locales. La ubicación del edificio municipal en cuanto a sus oficinas centrales, conocido como el Palacio Municipal, se han ubicado por más de noventa años en la ciudad de San Isidro de El General, entre avenida 2 y calle 1, costado sur de la catedral de la Diócesis de San Isidro Labrador. Posteriormente se han ido desarrollando otras oficinas que se ubican fuera del edificio principal pero ubicados únicamente en el distrito primero (San Isidro de El General) tal es el caso de los dos cementerios, Oficina de Turismo, Complejo

Cultural que a su vez alberga a la Biblioteca Pública Municipal, Oficina Agro Municipal y Oficina de la Persona Adulta Mayor y Persona con Discapacidad. Los edificios ubicados en el distrito tercero (Daniel Flores) son el Plantel Municipal, Bodega Municipal, Finca Municipal y Centro de Transferencia de Residuos Sólidos. Por su parte, el área donde se gestiona el compostaje Municipal es el Centro de Transferencia de Residuos Sólidos, ubicado en Las Juntas de Pacuar en el Distrito de Daniel Flores, contando con cerca de 3500 metros cuadrados de sitio para la gestión del residuo orgánico. En la figura N°6, se puede apreciar el espacio que tiene a su disposición la Municipalidad de Pérez Zeledón para la elaboración del compostaje.



Figura 6. Sitio de manejo del compostaje municipal. Fuente: Propia.

Fuentes a utilizar

Existen documentos como libros, artículos de revistas científicas y ponencias o trabajos presentados en congresos, simposios y eventos similares, que pueden ser utilizadas como fuentes primarias para el desarrollo del marco teórico. A nivel nacional, la Asociación Centroamericana para la Economía, la Salud y el Ambiente (ACEPESA), ha desarrollado diferentes documentos en cuanto a la gestión de residuos sólidos orgánicos, lo mismo sucede con la academia y el Instituto Nacional de Aprendizaje, que han venido trabajando el desarrollo de estrategias para que el conocimiento que han desarrollado pueda estar a disposición de la población, mejorando en todos los ámbitos de la gestión ambiental. Es por esto que este tipo de insumos tendrán que ser consultados para el desarrollo del marco teórico.

De igual modo, dentro de las fuentes primarias que se utilicen, deberemos realizar entrevistas y realizar consultas a las personas que regularmente realizan la gestión del residuo orgánico y compostaje, para conocer la experiencia que estos durante los años, han venido desarrollando, de modo tal que permita conjugar tanto la teoría como la experiencia, siendo esta última la que muchas veces se impone inclusive a la teoría; por esto es que mencionaba al inicio que aspectos como la variedad del material de entrada, temperatura y humedad ambiente, horas y exposición al sol, entre otras condiciones que hacen único este proyecto de investigación, por lo que la teoría podría venir a dar fundamentos, muy necesarios claro está, sin embargo, es el desarrollo de los trabajos cotidianos que se realizan en campo, como podrían de alguna manera, crear nueva teoría de la investigación y realmente ese es el

campo que nos ocupa en la actualidad, poder generar nuevos documentos que sirvan como base a otros trabajos de investigación y a generar conocimiento.

Parte de la información que se tiene que utilizar, es la que ya dispone la misma municipalidad, en este caso se refiere a las hojas de datos, reportes anteriores o análisis de laboratorio previos a la realización del presente trabajo de investigación e inclusive los datos que se tengan podrán ser utilizados como una línea base que permitirá al investigador tener un escenario de cómo se encontraba el proyecto de compostaje municipal previo a la elaboración de este trabajo de investigación, así como cuando se realice el entregable que se pretende.

Fuentes Primarias:

Dentro de las fuentes primarias que se tienen para el desarrollo de la presente investigación, se encuentran la aplicación de entrevistas a todos los funcionarios que laboran directa o indirectamente con la gestión integral de los residuos sólidos y que tienen de alguna manera interacción en el proceso. Otra fuente primaria es la observación que se hace en todo el proceso de gestión del compostaje en el Centro de Transferencia de Residuos Sólidos.

Se contemplaron como fuentes primarias los registros primarios, así como las bases de datos del Subproceso de Gestión Ambiental de la Municipalidad de Pérez Zeledón.

Fuentes Secundaria:

Las fuentes secundarias que se utilizaron son investigaciones, reseñas, manuales, ensayos, proyectos de graduación o similares de terceras personas relativas a la gestión de los residuos sólidos orgánicos. Otra fuente secundaria de información son datos o documentos oficiales de la Municipalidad de Pérez Zeledón.

Técnicas de Investigación

El presente documento se trabaja en un enfoque mixto, esto bajo la premisa de que se realiza un análisis cuantitativo y cualitativo. El primero de ellos referente a datos de laboratorio o valores de tonelaje, el segundo irá orientado a datos meramente descriptivos de la apariencia, olor y otros del compostaje municipal.

Es importante destacar que, bajo esta perspectiva, se pretende realizar una recolección, análisis e integración de los datos que podamos recopilar sean cualitativos como cuantitativos. Con este enfoque de investigación, se pretende que la misma sea más holística, este tipo de investigaciones nos permite una perspectiva mucho más amplia de lo que representa la gestión del compostaje para la Municipalidad de Pérez Zeledón, así mismo, se persiguen otras características como el obtener datos de investigación que sean más dinámicos, exploratorios y que permitan desarrollar nuevas destrezas en cuanto a la dinámica de la gestión de los residuos ordinarios. Esto ya que en la actualidad existen muchas investigaciones que se basan principalmente en análisis de datos y resultados de manejos de residuos experimentales, es decir, en condiciones controladas; sin embargo, en el

caso que nos ocupa, la investigación claramente iría dirigida a desarrollar algo completamente nuevo, algo que aunque se haya intentado realizar en otro sitio, no representaría la misma condición en variedad del material de entrada, temperatura y humedad ambiente, horas y exposición al sol, entre otras condiciones que hacen único este proyecto de investigación pues podría decirse que ningún otro proyecto de compostaje, podría tener las mismas condiciones del que tiene la Municipalidad de Pérez Zeledón.

Precisamente desde la concepción de este proyecto, se tiene ya intrínseco un planteamiento de enfoque mixto por lo que es igual de importante los valores como nutrientes, pH, cantidad de amoníaco o dióxido de carbono emitido, se encuentren en un punto “ideal” tal y como la prueba del puño, la textura, el color, la homogeneidad del producto y todo lo que relaciona a la apariencia final; esto por cuanto un producto podría ser claramente muy bueno en calidad físico – química pero si la imagen del mismo no es agradable, podría no tener el mercado esperado. Así mismo, hay muchos parámetros que deben ser medidos mediante la observación y es esta observación la que determinaría si el proceso se está realizando de manera exitosa o si por el contrario se deben realizar ajustes para la obtención de los mejores resultados probables. Esta es la razón por la que se plantea este tipo de enfoque y no solamente se ajusta o se pretende la realización de uno cualitativo “puro” o solo cuantitativo.

Método de Investigación.

Por el tipo de estudio, muchos de los datos que se requieren serán de laboratorio, por ejemplo, se requiere que, para la descomposición de los residuos orgánicos, se tenga una fase termófila claramente definida y que los valores de temperatura se encuentren en un rango determinado, es por esto que continuamente se deberá realizar ensayos de campo que permitan conocer la temperatura a la cual se encuentran las pilas de compostaje. Otro dato que resulta necesario es la cantidad de dióxido de carbono y de metano que generan nuestras pilas de compostaje, esto determinaría si la misma se encuentra lo suficientemente aireada y que nuestro proceso se mantenga como aerobia y que esta misma aireación mantenga vivas a las bacterias que ocupamos para la descomposición del material, al mismo tiempo, estos volteos ayudan a la reducción de temperaturas extremas que usualmente vienen a dañar la gestión del compostaje, en este caso, la determinación se realizaría de manera cualitativa mediante la detección de olor. Otro dato que debemos cuantificar a la hora de realizar los ensayos en campo es el potencial de hidrógeno, con el fin de conocer que nuestra pila de compost no se nos vuelva muy ácida o básica según corresponda. A esto se le complementa la prueba del puño para determinar la cantidad de humedad que tiene nuestra pila de compost.

Adicional a estos ensayos que se deben realizar en campo, se tiene estudios complementarios como análisis de laboratorios de nitritos, nitratos y amonio, así como otros ensayos complementarios para medir la calidad del producto que queremos compostar.

Adicional a todo esto, es necesario conocer la percepción del personal municipal que realiza la gestión de los residuos sólidos, cinco ejemplos de preguntas podrían ser las siguientes:

¿Sabe cómo realizar las mediciones rutinarias (temperatura, pH, prueba humedad, entre otras) en campo? Esta es una pregunta cerrada, sí o no y determinará si el personal conoce o no sobre la gestión del levantamiento de la información de los productos que se encuentran en proceso de compostaje y permitirá conocer que tanto debemos establecer canales de capacitación para que estos funcionarios conozcan la implementación de buenos métodos de toma de muestras, con el fin de que los datos que se obtengan de las mediciones sean realmente válidos para los trabajos que pretendemos realizar y no que nos demos cuenta avanzado el tiempo, que el funcionario desconocía como tomar muestras para laboratorio o que no se calibraban los medidores de potencial de hidrógeno o bien que la temperatura sea tomada en otros puntos diferentes al núcleo y que esta no sea representativa, solo por mencionar ejemplos.

¿Qué aspectos podría mejorar en la gestión del compostaje municipal? Esta es una pregunta abierta y bastante, y es que muchas veces tenemos a personas “expertas” en algún tema, aunque no necesariamente signifique que tengan un grado académico que los acredite como profesionales o técnicos en alguna materia. Muchas veces los trabajadores operativos no son del todo escuchados y sus sugerencias son sumamente válidas a efectos de poder mejorar algún aspecto de un proceso cualquiera o simplemente siguen una instrucción o manual elaborado

por un tercero sin que se les permita algún espacio para que estas indicaciones puedan ser retroalimentadas a como realmente merece ser. En este aspecto, es importante hacer mención sobre la importancia de los procesos de observación y que exista un acompañamiento de personal especializado que puedan interpretar estas observaciones y dar recomendaciones y oportunidades de mejora para esta gestión del compostaje.

¿Conoce cuál es el objetivo de la gestión del compostaje municipal? Podría verse como pregunta cerrada o abierta, en el tanto la persona sea sincera con su respuesta, ya que después podría consultarse de ¿Cuál es el objeto de esta gestión? O ¿Cuál cree que sea el objeto de esta gestión? Esto analizando si la respuesta fue afirmativa o negativa tiene la oportunidad de poder ampliarla y es que, en muchas ocasiones, realizamos trabajos o participamos en organizaciones o proyectos, donde no tenemos claro cuál es el norte y los objetivos que tenemos que cumplir y solo nos limitamos a hacer tareas, pero desconocemos el para qué ayuda el trabajo que nosotros realizamos. Considero que un buen trabajador debe estar enterado de los objetivos de las organizaciones y sobre todo del proceso, en el caso del compostaje, el objetivo es mejorar los indicadores medioambientales de Pérez Zeledón y que esto se traduzca en una mejor calidad de vida de los vecinos, esto genera identidad en los colaboradores. Precisamente es en esta interrogante donde surge la oportunidad que se tiene de la vinculación con las políticas públicas institucionales que la Municipalidad pretende actualizar, esto pues la gestión que se

realiza desde el plano operativo municipal, debe encontrarse vinculada con políticas que orienten el desarrollo de todas las acciones que se ejecuten en esta línea.

Otra pregunta que puede generar el presente proyecto de investigación es ¿Qué puede observar en el proceso de descomposición y maduración del compostaje? Esta pregunta es abierta y nos permite ir recopilando información de como se muestra el compostaje en cuanto a coloración, olor, presencia de hongos, entre otros aspectos que nos permita ir identificando el estado en que se va desarrollando el proceso de descomposición de nuestros residuos sólidos orgánicos para la elaboración del compostaje.

Alcance

El estudio que se realiza con la gestión de los residuos orgánicos de la Municipalidad de Pérez Zeledón se cataloga de alcance exploratorio, pues si bien es cierto, si hay material de estudio de compostaje, las características del cantón, de la composición de los residuos que se gestionan y del contexto social donde se lleva a cabo, hace que esta sea una investigación exploratoria. Para el caso que nos ocupa, el estudio exploratorio se considera pues el objeto de investigación ha sido poco estudiado, tomando como base las particularidades ya expuestas en este documento. Generalmente este tipo de investigación abordan temas poco investigados y que generalmente no ha sido ampliamente abordados en el pasado, al menos para el cantón de Pérez Zeledón, sería el primer estudio de compostaje municipal, lo que hace que el estudio sea pionero para las condiciones particulares de la región. Este

tipo de estudios, particularmente pueden llegar a tener un alto valor científico por adentrarse en un campo poco explorado, así mismo, pueden servir como plataforma para que surjan otras investigaciones más completas que es el especial interés que se tiene, que este documento pueda venir a servir para generar conocimiento.

DESARROLLO

Diagnóstico

Parte del buen funcionamiento de una planta de compostaje y con el fin de que la misma cumpla con la función de garantizar la calidad del producto, es que el flujo de material se encuentre dividido por áreas que se encuentren debidamente delimitadas y que garanticen el principio básico de que el flujo del material vaya siempre de la materia prima que recién se les recolecta a los generadores hacia el compost terminado. De igual manera, debe existir una gestión del proceso del compostaje que permita asegurar la calidad del producto, de manera que no se ponga en riesgo la salud de aquellas personas que utilizan el compost, así como de que los resultados sean los mejores esperados.

Organización general del centro de compostaje Municipal

Las áreas de los procesos identificadas en la Municipalidad de Pérez Zeledón son las que se muestran en la figura que a continuación se muestra:



Figura 7. Procesos identificados para el compostaje municipal.

Sitio para la recepción de los residuos sólidos orgánicos

La Municipalidad de Pérez Zeledón, cuenta con una romana de peso por ejes, en la cual se registran todos los datos de ingreso de residuos sólidos y los mismos se tabulan. La figura N°8 muestra la sección administrativa del Centro de Transferencia de Residuos Sólidos y la figura N°9 muestra la romana por ejes en la cual se pesan todos los vehículos que ingresan a este inmueble municipal.



Figura 8. Sitio de romana de la Municipalidad de Pérez Zeledón.



Figura 9. Báscula y sitio de ingreso de camiones.

Sitio para la descarga de los residuos sólidos orgánicos

La Municipalidad de Pérez Zeledón, cuenta con un espacio adaptado para la recepción de los residuos sólidos orgánicos. Este sitio cuenta con dos espacios anexos, ambos techados, con piso impermeabilizado y con cerramiento perimetral, a efectos de que se evite el ingreso de aves de rapiña o bien otros animales carroñeros que puedan ser atraídos por el material orgánico. La siguiente imagen muestra el sitio donde se realiza la descarga del material orgánico por parte de los camiones municipales y particulares, en esta misma zona da inicio la fase termófila o de aumento de temperatura para la generación del compost.



Figura 10. Vista frontal del sitio para descarga de residuos sólidos orgánicos.

Este espacio cuenta con canales perimetrales y con desnivel en sus pisos, de manera que los lixiviados que se generan en el mismo son conducidos hacia un sistema de tratamiento de aguas residuales tipo humedal artificial. En la figura N°11, se puede observar el material ya descargado en el suelo para poder ser manipulado por el personal municipal, así mismo y al ser un sitio autorizado por las autoridades sanitarias, las aguas residuales de tipo lixiviados son tratadas en un humedal artificial que se muestra en la figura N°12.



Figura 11. Residuos orgánicos con envoltorios.



Figura 12. Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales de lixiviados provenientes del compostaje.

Este sitio para la recepción de los residuos sólidos orgánicos cuenta con dos funcionarios peones y un operador de maquinaria especial. Este personal es requerido ya que al menos un 80% de los residuos sólidos orgánicos, ingresan con envoltorios ya sean sacos o bolsas plásticas, por lo que el material debe ser removido de previo para poder, una vez abierto, disponer los residuos orgánicos en la parte posterior de ese mismo inmueble, donde comienza la fase termófila y se drena de los lixiviados. En la figura N°13 y 14, se puede observar las labores de

apertura de los envoltorios que contienen en su interior residuos sólidos, a su vez la imagen N°15 muestra el material orgánico una vez que el personal ha procedido con su apertura.



Figura 13. Maquinaria apoyando la apertura del residuo sólido orgánico.

Las condiciones sanitarias del sitio son adecuadas, se cuenta con acceso al agua potable para el lavado y aseado de las instalaciones, así como para la limpieza de los mismos funcionarios.

Se debe mejorar la infraestructura ya que el piso se encuentra deteriorado y el techo de la parte posterior se encuentra muy bajo por lo que no hay una correcta circulación de aire, generando que haya poca ventilación y aumento de la temperatura del sitio de trabajo.

De igual modo, debe invertirse en mejorar las condiciones de salud ocupacional de los colaboradores, de manera que no realicen posturas o cargas que vayan a lesionarlos o eventualmente a desmejorar su calidad de vida; esto por cuanto las instalaciones en las que se trabajan, no necesariamente fueron pensadas en el desarrollo de estos trabajos de manejo de residuos sólidos.



Figura 14. Funcionario municipal realizando la apertura del residuo orgánico y retirando bolsas plásticas.



Figura 15. Residuos orgánicos que han sido gestionados mediante el retiro de sus envoltorios.

Sitio para el compostaje

La Municipalidad de Pérez Zeledón, cuenta con un espacio de aproximadamente 2000 m² para la práctica del compostaje. En este sitio, el compost se gestiona en pilas (Ver figuras N°16 y N°18) y el mismo se encuentra ordenado, de modo que no se mezclan pilas de compostaje para evitar el aumento de la fase termófila.

Este espacio se encuentra completamente techado y cuenta con canales perimetrales que se vierten en el sistema de tratamiento de aguas residuales (Ver Figura N°17).



Figura 16. Pilas de compostaje.

Este espacio cuenta con capacidad para la gestión de hasta 10 pilas de compostaje, mismas que pueden oscilar entre 20 y 30 toneladas de peso una vez se trasladan desde la fase anterior.

En cuanto a la infraestructura es adecuada ya que los pisos se encuentran impermeabilizados y en excelente estado de conservación, así mismo, la infraestructura se encuentra en muy buen estado y la altura permite la correcta circulación de aire y evita que la maquinaria pueda golpear las cerchas de la estructura.



Figura 17. Vista frontal del sitio de compostaje.

Al igual que la fase anterior, esta zona utiliza un cargador municipal, de placa SM-3110, mismo que se encarga de brindar asistencia a un funcionario que se encarga de las gestiones de orden, limpieza, manejo y otras, que se realizan en este espacio.



Figura 18. Pilas de compostaje.

Sitio para el empacado y almacenamiento temporal

El sitio para empacado y almacenamiento temporal, se ubica en dos espacios distintitos, el primero de ellos, el empacado actualmente se realiza en el mismo sitio donde se ubica el proceso anterior (Sitio para las pilas de compost), esto por cuanto

las pilas cumplen seis meses, en ese mismo espacio se tamizan a través de un trommel rotativo, mismo que se muestra en la figura N°19, de esta fase se obtiene el compost listo para ser empacado (Ver Figura N°20) y residuos no valorizables.



Figura 19. Trommel rotativo para el colado del compost.

Una vez el compost ha pasado por el trommel, se empaca en sacos individuales de 25 kg tal y como se muestra en la figura N°21; Estos se cosen para ser posteriormente almacenados en una bodega que se muestra en la figura N°22. Este proceso se realiza de igual manera en el sitio donde se realiza la fase anterior, no obstante, la zona donde se realiza el procesamiento del material se encuentra completamente libre de otros residuos orgánicos en proceso, por lo que se descartó la contaminación cruzada.



Figura 20. Compost listo para ser empacado.



Figura 21. Sacos en proceso de cosido para el almacenamiento temporal.

En cuanto al almacenamiento temporal, se ubica en una bodega elaborada a partir de latas de zinc, su interior no tiene piso impermeabilizado y su estado es malo. En este sitio de almacenamiento, los sacos de compost procesado se sitúan en la parte

posterior de la bodega, mientras que al frente de la misma se ubican herramientas y otros elementos propios del proceso de gestión del compostaje.



Figura 22. Sitio de almacenamiento temporal del compostaje Municipal.

Con el fin de complementar esta sección, se elabora en el Anexo 5 una infografía que puede ser colocado en diferentes zonas del área de trabajo, con el fin de que los colaboradores conozcan los procesos que tienen en la gestión y pueda servir de igual modo de guía en casos de visitas de terceras personas.

Procedimientos en la elaboración de compost

Control de la evolución de la temperatura

La Municipalidad de Pérez Zeledón, dispone de una persona que se encarga de realizar los procedimientos de control de la evolución de la temperatura. Durante este proceso el funcionario realiza la medición en el medio de la pila de compost, realizando al menos tres mediciones distintas.

Durante el primer semestre del año 2023, se han tenido un total de 7 pilas de compostaje, las cuales tienen muestreo constante de la temperatura en tres diferentes puntos de dicha pila. Considerando el control de registros del cuál se dispone en el Centro de Transferencia, se logran obtener los datos que se muestran

en los Cuadros N°1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7, mismos que se diferencian por pila, mismos que se muestran a continuación.

Cuadro 1. Datos de temperatura Pila A, I Semestre 2023.

FECHA	TEMPERATURA °C	TEMPERATURA °C	TEMPERATURA °C
26/1/2023	65,1	55,1	64,9
30/1/2023	60,4	63,8	64,7
3/2/2023	61,2	64,9	63,2
6/2/2023	61,2	62,2	69,5
10/2/2023	64,5	64,6	77,5
14/2/2023	71,5	70	76,5
17/2/2023	64,8	66	71,8
20/2/2023	72,4	78,5	66,8
24/2/2023	68	73,8	61,2
27/2/2023	66,2	65,7	58,3
2/3/2023	68,7	66,2	61,2
8/3/2023	71,1	64	69,6
10/3/2023	68,9	61,9	70,2
21/3/2023	67,3	68,5	73,2
24/3/2023	64,8	66,5	71,2
27/3/2023	61,2	63,4	68,9
31/3/2023	58,8	57,9	66,8
12/4/2023	60,9	56,8	62,9
17/4/2023	60,8	67,8	69,9
25/4/2023	66,5	70,9	72,7
11/5/2023	63,5	70,8	68,4
17/5/2023	62	66,8	69,8
22/5/2023	63	59,9	71,2
31/5/2023	64	62	68
9/6/2023	55,5	61,8	62,3
12/6/2023	54	59,4	63,5

Cuadro 2. Datos de temperatura Pila B, I Semestre 2023.

FECHA	TEMPERATURA °C	TEMPERATURA °C	TEMPERATURA °C
10/2/2023	61,5	53	51,5
14/2/2023	52	63,2	68,8
17/2/2023	53	61,1	63,3
20/2/2023	57,7	61,5	55,1
24/2/2023	59,8	64,7	59,2
27/2/2023	59,9	63,1	54,1
2/3/2023	55,8	64,2	51,19
8/3/2023	70	65,1	66,9
10/3/2023	66,1	63,2	60,4
21/3/2023	72,7	69,7	64
24/3/2023	68,7	66,2	59,8
27/3/2023	66,7	67,4	58,9
31/3/2023	63,8	62,6	53
12/4/2023	61,9	60,8	54,6
17/4/2023	68	68,9	56,1
25/4/2023	74,9	74,1	67,2
11/5/2023	71,8	62,4	59,8
17/5/2023	69,2	64,8	61,9
22/5/2023	63,9	61,8	62,2
31/5/2023	61,9	58,2	64,8
9/6/2023	59,2	69,7	57,8
12/6/2023	55	65,8	60,9
23/6/2023	57,8	62,9	63,2
27/6/2023	51,2	64,2	60,2

Cuadro 3. Datos de temperatura Pila D, I Semestre 2023.

FECHA	TEMPERATURA °C	TEMPERATURA °C	TEMPERATURA °C
8/3/2023	55,2	54,2	56,7
14/3/2023	53,2	65,4	60,8
21/3/2023	64,5	65,4	63
24/3/2023	63,5	66,4	60

27/3/2023	61,8	62,3	63,8
31/3/2023	60,9	63,1	61,8
14/4/2023	62,1	60,2	59,8
17/4/2023	60,2	68,9	61,1
18/4/2023	69	71	68,8
25/4/2023	71,8	71,4	68,8
11/5/2023	73,8	71,2	71,6
17/5/2023	70,8	68,2	63,8
22/5/2023	68,2	72	61,1
31/5/2023	63,8	66	60
9/6/2023	53,3	69,5	71,1
12/6/2023	50,8	64,9	70
23/6/2023	62	59,8	66,5
27/6/2023	60,9	63,2	62,6

Cuadro 4. Datos de temperatura Pila E, I Semestre 2023.

FECHA	TEMPERATURA °C	TEMPERATURA °C	TEMPERATURA °C
14/4/2023	65,8	54,7	61,1
17/4/2023	62,9	63,8	68,2
25/4/2023	71,4	71,1	68,2
11/5/2023	54,7	48	51,9
17/5/2023	56,8	51,2	57,1
22/5/2023	54,8	56,2	52,1
31/5/2023	56,2	60	57,8
9/6/2023	50	76,4	67,1
12/6/2023	50,2	74,8	68,2
23/6/2023	52,8	71,8	66,1
27/6/2023	57	73,1	62,2

Cuadro 5. Datos de temperatura Pila F, I Semestre 2023.

FECHA	TEMPERATURA °C	TEMPERATURA °C	TEMPERATURA °C
31/5/2023	65,8	67,1	62,8
9/6/2023	72,5	74	74
12/6/2023	70	72,8	70,9
27/6/2023	68,2	73,1	69,2

Cuadro 6. Datos de temperatura Pila G, I Semestre 2023.

FECHA	TEMPERATURA °C	TEMPERATURA °C	TEMPERATURA °C
9/6/2023	56,5	66,5	54
12/6/2023	58,1	64,2	57,7
23/6/2023	59,1	60,2	59,1
27/6/2023	60,2	61,2	63

Cuadro 7. Datos de temperatura Pila H, I Semestre 2023.

FECHA	TEMPERATURA °C	TEMPERATURA °C	TEMPERATURA °C
23/6/2023	58	53,3	51,2

La toma de temperaturas en el proceso de la elaboración de compostaje es esencial ya que, al analizar los datos obtenidos, se puede determinar que la temperatura ha sido superior a 55°C durante al menos 3 semanas, con esto se considera que el compost es higiénicamente seguro. La medición de temperatura se realiza mediante un equipo tipo termómetro que se muestra en las figuras N°23 y 24 y esta medición se encuentra a cargo de un funcionario operativo del municipio.

Es importante indicar que las pilas de compostaje se van añadiendo conforme el sitio de recepción de residuos valorizables se va llenando de material recibido, esto se logra evidenciar en los cuadros presentados, donde la Pila A supera en mediciones a la Pila H, siendo esta la última en añadirse al proceso que se brinda en el sitio del compostaje.



Figura 23. Instrumento tipo termómetro para la medición de temperatura en el Centro de Transferencia de la Municipalidad de Pérez Zeledón.



Figura 24. Funcionario de la Municipalidad de Pérez Zeledón tomando la temperatura.

Regulación de la humedad

En la actualidad, se indica por parte de los funcionarios municipales que se realiza la prueba del puño a efectos de conocer el estado de la humedad que presenta el compostaje municipal, no obstante, no hay evidencia de registros de las pruebas. Únicamente se registra por parte de la Municipalidad, las horas de aplicación de humedecimiento de las diferentes pilas de compost, esto se realiza mediante la colocación de aspersores de jardín sobre una de las pilas y se contabiliza la cantidad total de horas por pila sobre el tiempo de aporte de agua.

Se presentan los cuadros N°8, 9, 10, 11 y 12 con la información recopilada sobre la aplicación del agua, ya que es el único registro de la regulación de la humedad que actualmente se lleva para las diferentes pilas de compostaje.

Cuadro 8. Datos de aplicación de agua, Pila A, I Semestre 2023.

FECHA	HORAS DE APLICACIÓN DE AGUA
25/1/2023	1,5
26/1/2023	3
30/1/2023	3,5
2/2/2023	3
13/2/2023	2
17/2/2023	1,5
21/2/2023	3
10/3/2023	4
14/3/2023	4
20/3/2023	5
21/3/2023	2
24/3/2023	2
27/3/2023	1
14/4/2023	4
18/4/2023	1
26/4/2023	5
2/5/2023	4
11/5/2023	3

12/5/2023	5
17/5/2023	3
22/5/2023	1
25/5/2023	4
30/5/2023	4
7/6/2023	7
8/6/2023	3
13/6/2023	8

Cuadro 9. Datos de aplicación de agua, Pila B, I Semestre 2023.

FECHA	HORAS DE APLICACIÓN DE AGUA
13/2/2023	3
17/2/2023	1
21/2/2023	3
14/3/2023	3,5
20/3/2023	3
24/3/2023	1
27/3/2023	3
14/4/2023	3
18/4/2023	3
2/5/2023	3
25/5/2023	4
30/5/2023	4
7/6/2023	7
8/6/2023	3
13/6/2023	8
20/6/2023	6
21/6/2023	3
27/6/2023	3

Cuadro 10. Datos de aplicación de agua, Pila D, I Semestre 2023.

FECHA	HORAS DE APLICACIÓN DE AGUA
30/3/2023	2
18/4/2023	2
16/5/2023	3
30/5/2023	2
6/6/2023	6
8/6/2023	3
14/6/2023	6
16/6/2023	7
20/6/2023	6
21/6/2023	6
23/6/2023	3

Cuadro 11. Datos de aplicación de agua, Pila E, I Semestre 2023.

FECHA	HORAS DE APLICACIÓN DE AGUA
18/4/2023	1
16/5/2023	3
25/5/2023	2
6/6/2023	6
8/6/2023	3
14/6/2023	6
16/6/2023	7
20/6/2023	6
21/6/2023	6
23/6/2023	3

Cuadro 12. Datos de aplicación de agua, Pila F, I Semestre 2023.

FECHA	HORAS DE APLICACIÓN DE AGUA
30/5/2023	4
6/6/2023	6
8/6/2023	3
14/6/2023	6

15/6/2023	6
20/6/2023	6
21/6/2023	6
23/6/2023	3
27/6/2023	4

Los registros consultados, no demuestran la necesidad o no de la aplicación de agua para la gestión del compostaje, es decir, se indica la cantidad de horas de humectación o aplicación de agua, sin embargo, no se logra determinar si de previo a la aplicación de agua, se realizó alguna prueba o similar para poder determinar la necesidad real de la aplicación de agua a determinada pila de compost. Es importante mencionar que, si existe aplicación directa mediante manguera (Ver figura N°26, sin embargo, esto ocurre solamente en casos especiales, siendo la regla la colocación de aspersores según se muestra en la figura N°25. Por ello, es necesario que se adopten mecanismos adecuados para llevar a un valor óptimo la humedad con el fin de favorecer y maximizar el proceso aerobio que es el que se pretende tener en todo el proceso de gestión, y de esta manera evitar el proceso que compite. El exceso de humedad desmejora significativamente la calidad del producto que se produce y a su vez las condiciones sanitarias y ambientales de las zonas de compostaje.



Figura 25. Colocación de aspersores para humedecimiento del compost.



Figura 26. Humedecimiento de las pilas de compost con manguera.

Regulación de la aireación en las pilas del compostaje municipal

El volteo de las pilas de compost, tienen el papel fundamental de proveer oxígeno, así como controlar la temperatura de las pilas de compostaje. En el Centro de Transferencia de Residuos Sólidos de la Municipalidad de Pérez Zeledón, se cuenta con un cargador de llantas, mismo que se encarga de semanalmente voltear las pilas de compostaje, de modo que al menos una vez a la semana, estas pilas reciben aireación y evita la formación de bloques de compost que se formen a causa de la compactación del mismo, producto del peso que conlleva la gestión como tal. Las figuras N°27 y 28, muestran una de las pilas de compost que recién ha sido volteadas.

La Municipalidad lleva, al igual que en los casos anteriores, un control con las fechas del volteo de cada una de las pilas de compostaje, los días de las fechas de volteos se muestran en los cuadros N°13, 14, 15, 16 y 17.

Cuadro 13. Datos de volteo de pilas de compost, Pila A, I Semestre 2023.

FECHA	OBSERVACIONES
19/1/2023	VOLTEO
26/1/2023	VOLTEO
3/2/2023	VOLTEO
16/2/2023	VOLTEO
23/2/2023	VOLTEO
16/3/2023	VOLTEO
23/3/2023	VOLTEO
30/3/2023	VOLTEO
20/4/2023	VOLTEO
19/5/2023	VOLTEO
25/5/2023	VOLTEO
3/6/2023	VOLTEO
12/6/2023	VOLTEO

Cuadro 14. Datos de volteo de pilas de compost, Pila B, I Semestre 2023.

FECHA	OBSERVACIONES
16/2/2023	VOLTEO
16/3/2023	VOLTEO
23/3/2023	VOLTEO
30/3/2023	VOLTEO
13/4/2023	VOLTEO
20/4/2023	VOLTEO
19/5/2023	VOLTEO
25/5/2023	VOLTEO
3/6/2023	VOLTEO

Cuadro 15. Datos de volteo de pilas de compost, Pila D, I Semestre 2023.

FECHA	OBSERVACIONES
16/3/2023	VOLTEO
23/3/2023	VOLTEO
30/3/2023	VOLTEO
20/4/2023	VOLTEO
19/5/2023	VOLTEO
25/5/2023	VOLTEO
3/6/2023	VOLTEO
15/6/2023	VOLTEO

Cuadro 16. Datos de volteo de pilas de compost, Pila E, I Semestre 2023.

FECHA	OBSERVACIONES
20/4/2023	VOLTEO
19/5/2023	VOLTEO
3/6/2023	VOLTEO
15/6/2023	VOLTEO

Cuadro 17. Datos de volteo de pilas de compost, Pila F, I Semestre 2023.

FECHA	OBSERVACIONES
19/5/2023	VOLTEO
25/5/2023	VOLTEO
3/6/2023	VOLTEO



Figura 27. Compost recién volteado. Se puede observar la salida de vapor.



Figura 28. Cargador municipal volteando el compost.

Evaluación de la calidad del producto

El Subproceso de Gestión Ambiental, unidad organizativa que se encuentra a cargo de la gestión del residuo orgánico para la fabricación de compost, dispone de un laboratorio para la medición de los parámetros de nitrito, nitratos y amonio (Ver figura N°29); no obstante, a la fecha dichos ensayos no se realizan. El laboratorio es de reciente construcción y se encuentra equipado con centrífuga, equipo de cristalería y plástico, hornos, entre otros insumos requeridos para esta determinación.



Figura 29. Equipo de laboratorio.

El personal a cargo de la gestión del compostaje municipal, realiza constantemente medición del potencial de hidrógeno (pH), con el fin de evaluar que el proceso para la elaboración del mismo avance de manera exitosa, sin embargo, no existen registros de la medición de este parámetro por lo que no se podría analizar la situación de variación en las pilas de compost. En las figuras N°30 y 31, se puede

observar a un funcionario municipal realizando un muestreo de potencial de hidrógeno mediante la lectura en un phmetro.



Figura 30. Personal municipal realizando la medición del potencial de hidrógeno (pH) en una de las pilas de compost.



Figura 31. Equipo para la medición del potencial de hidrógeno.

Otros aspectos de interés

El material de orgánico que proviene de las casas de habitación viene generalmente contenido en bolsas plásticas u otro tipo de material no orgánico, por lo que, en el segundo proceso identificado, existe personal que se encarga de gestionar todo ese material y comenzar una separación manual de las bolsas y el residuo orgánico como tal. Las bolsas u otros elementos retirados son pesados y posteriormente dispuestos para su envío al relleno sanitario según se puede observar en la figura N°32. Precisamente para el año 2022, se logró extraer del compostaje un total de 262.15 toneladas de bolsas plásticas (Municipalidad de Pérez Zeledón, 2012) (Ver el Cuadro N°18), lo que supone un gran reto para la gestión de este residuo.

Cuadro 18. Detalle de ingreso de residuos sólidos orgánicos y los empaques que contenían este material. Fuente: (Municipalidad de Pérez Zeledón, 2012)

Mes	Orgánico sin bolsa	Orgánico con bolsa
Enero	198,65	262,63
Febrero	184,94	242,48
Marzo	209,89	259,79
Abril	240,88	285,5
Mayo	261,88	307,99
Junio	278,96	278,96
Julio	282,33	282,33
Agosto	352,38	352,38
Septiembre	263,55	263,55
Octubre	259,44	259,44
Noviembre	246,85	246,85
Diciembre	256,77	256,77
TOTAL	3 036,52	3298,7



Figura 32. Bolsas y otros materiales extraídos del residuo orgánico.

Requisitos técnicos y legales, nacionales o internacionales

El presente apartado, pretende realizar un análisis sobre los requisitos técnicos y legales que debe tener el proyecto de investigación, esto a efectos de poder cumplir con las condiciones regulatorias que la gestión del residuo orgánico debe cumplir dentro de su gestión para la elaboración del compostaje. Es importante indicar que el análisis que se presenta a en este apartado, pretende recopilar no solamente los aspectos legales de las diferentes normas o documentos que se analizan, sino que se vinculan con el objeto del proyecto de investigación y de igual modo se hace una reseña de si en la actualidad se encuentra cumplido o no, esto a modo de análisis. Los cuadros del 19 al 28, hacen una recopilación de toda la normativa que aplica a este proyecto, así como los aspectos y la condición actual en el centro de compostaje.

Cuadro 19. Análisis de aspectos legales, Constitución Política.

Nombre del documento:	Constitución Política de la República de Costa Rica	
Tipo de documento:	Constitución	
Aspecto legal	Vinculación con el proyecto	Condición actual
El artículo 50 constitucional, establece que todas las personas tenemos derecho a un ambiente sano y ecológicamente equilibrado.	El propósito de este proyecto es mejorar la gestión del compostaje que realiza la Municipalidad de Pérez Zeledón; con esto se pretender realizar acciones que vengán a favorecer la gestión ambiental de este proceso y consecuentemente se aporta al cumplimiento de la Constitución Política.	Se cumple.

Cuadro 20. Análisis de aspectos legales, Acuerdo de París.

Nombre del documento:	Acuerdo de París	
Tipo de documento:	Acuerdo Internacional	
Aspecto legal	Vinculación con el proyecto	Condición actual
<p>El Acuerdo de París, solicita a los estados parte, establecer mecanismos para contribuir a la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero y apoyar el desarrollo sostenible.</p>	<p>Directamente el proyecto no tiene relación con el tema de emisiones de gases efecto invernadero, sin embargo, si se pretende dentro de los alcances mejorar la gestión del compostaje municipal de Pérez Zeledón y que, a su vez, este contribuya con una mejora en los indicadores ambientales del cantón. El tema de la gestión responsable y adecuada de los residuos sólidos impacta de manera directa en la calidad del aire, suelo y agua, por eso es que se puede vincular de manera indirecta con el Acuerdo de París.</p>	<p>Se cumple en el presente documento.</p>

Cuadro 21. Análisis de aspectos legales, Ley para la Gestión Integral de Residuos.

Nombre del documento:	Ley para la Gestión Integral de Residuos N°8839	
Tipo de documento:	Ley	
Aspecto legal	Vinculación con el proyecto	Condición actual
Es objetivo de la ley, Fomentar el desarrollo de mercados de subproductos, materiales valorizables y productos reciclados, reciclables y biodegradables, así como evitar que el inadecuado manejo de los residuos impacte la salud humana y los ecosistemas, contamine el agua, el suelo y el aire, y contribuya al cambio climático.	Al establecer dentro del alcance del proyecto una guía para la gestión de los residuos sólidos orgánicos pro medio de la valorización mediante el compostaje, se logra dar cumplimiento a los objetivos de la ley, esto por cuanto se pretende realizar un procedimiento para llevar a cabo la gestión de residuos de forma ordenada, evitando de esta manera daños al ambiente y haciendo el proceso sostenible a fin de evitar que los residuos mal gestionados deban ser enviados a rellenos sanitarios.	Se cumple en el presente documento.

<p>La ley establece en cuanto a la jerarquización de los residuos sólidos, que se debe valorizar los residuos sólidos, así como tratarlos antes de que puedan ser enviados a su disposición final para reducir la cantidad de residuos dispuesta en los rellenos sanitarios del país.</p>	<p>Al establecer dentro del alcance del proyecto una guía para la gestión de los residuos sólidos orgánicos pro medio de la valorización mediante el compostaje, se logra dar cumplimiento a los objetivos de la ley, esto por cuanto se pretende realizar un procedimiento para llevar a cabo la gestión de residuos de forma ordenada, evitando de esta manera daños al ambiente y haciendo el proceso sostenible a fin de evitar que los residuos mal gestionados deban ser enviados a rellenos sanitarios.</p>	<p>Se cumple en el presente documento.</p>
---	--	--

Cuadro 22. Análisis de aspectos legales, Reglamento Fábricas de Composte

Nombre del documento:	Reglamento de Fábricas de Composte N°15	
Tipo de documento:	Decreto Ejecutivo	
Aspecto legal	Vinculación con el proyecto	Condición actual
El reglamento establece la distancia mínima de instalación para los lugares de composte rural.	En el caso del sitio de compostaje de la Municipalidad de Pérez Zeledón, se establece una distancia mínima de 50 metros del perímetro de poblaciones en la misma ruta de los vientos prevalecientes. Este aspecto legal debe ser vinculante en caso de que se pretenda proponer una ampliación del sistema de tratamiento de residuos orgánicos.	Se cumple.
El artículo 05 establece que la acumulación de residuos sólidos no puede permanecer por más de veinticuatro horas, pasado este tiempo deberá cubrirse con	El proceso identificado de recepción de los residuos sólidos orgánicos recibe material cinco días a la semana (de lunes a viernes) por lo que el aspecto de la acumulación es un riesgo inminente en caso de que el material se acumule por más de un día.	Parcial. Se identifican momentos en que no es posible realizar la apertura de manera diaria a causa de incapacidades o ausencias de funcionarios.

materiales como tierra, paja o aserrín.		
---	--	--

Cuadro 23. Análisis de aspectos legales, Reglamento General a la Ley para la Gestión Integral de Residuos.

Nombre del documento:	Reglamento General a la Ley para la Gestión Integral de Residuos N°37567-S-MINAET-H	
Tipo de documento:	Decreto Ejecutivo	
Aspecto legal	Vinculación con el proyecto	Condición actual
Se establecen los requisitos legales para poderse acreditar como gestor de residuos sólidos, y se define como gestor autorizado cualquier persona o figura, que se dedicada a la gestión integral total o parcial de los residuos, no obstante, se exonera a las Municipalidades de registrarse.	Esta exoneración de registro es vinculante ya que el centro de compostaje es municipal y gestionado directamente por la Municipalidad de Pérez Zeledón, por lo que no es necesario el registro.	Se cumple.

Cuadro 24. Análisis de aspectos legales, Reglamento general para permisos sanitarios de funcionamiento, permisos de habilitación y autorización para eventos temporales de concentración masiva de personas, otorgados por el Ministerio de Salud.

Nombre del documento:	Reglamento general para permisos sanitarios de funcionamiento, permisos de habilitación y autorización para eventos temporales de concentración masiva de personas, otorgados por el Ministerio de Salud N°43432-S.	
Tipo de documento:	Decreto Ejecutivo	
Aspecto legal	Vinculación con el proyecto	Condición actual
Se establece las condiciones generales que debe tener todo establecimiento en el país. En este caso los centros de compostaje se encuentran dentro de los establecimientos que deben registrarse en el Ministerio de Salud y obtener una licencia previa para su funcionamiento.	La obtención de los permisos es de importancia para el proyecto, ya que de estos dependen del desarrollo de las actividades que se realizan en el contexto de este trabajo de investigación. Para el caso concreto de la Municipalidad de Pérez Zeledón, se cuenta con el Permiso Sanitario de Funcionamiento y con las condiciones de operación descritas en dicha norma.	Se cumple.

Cuadro 25. Análisis de aspectos legales, Plan Nacional de Descarbonización.

Nombre del documento:	Plan Nacional de Descarbonización 2018-2050	
Tipo de documento:	Plan Nacional	
Aspecto legal	Vinculación con el proyecto	Condición actual
La actividad 7.3.3, indica que se debe fortalecer las capacidades en las municipalidades y menciona la creación de bases de datos para que posteriormente, estas puedan servir de intercambio de buenas y malas prácticas.	El alcance del presente proyecto no contempla el intercambio de conocimiento con otras organizaciones públicas o privadas, si alcanza la gestión de la información por cuanto se puede integrar este aspecto del Plan Nacional de Descarbonización pues, precisamente se pretende generar registros que puedan servir como punto de partida para mejoras continuas que tenga a futuro el proyecto municipal.	Se incumple, los datos se muestran incompletos o del todo ausentes.

Cuadro 26. Análisis de aspectos legales, I Plan Nacional de Compostaje.

Nombre del documento:	I Plan Nacional de Compostaje 2020-2050	
Tipo de documento:	Plan Nacional	
Aspecto legal	Vinculación con el proyecto	Condición actual
<p>Acción 3.2. Esta acción establece acciones concretas sobre el seguimiento al comportamiento de gestión del compostaje en las Municipalidades. Establece que las municipalidades puedan reportar el peso de compost obtenido, así como otros datos de interés en la gestión del residuo.</p>	<p>La gestión documental que pueda realizar la Municipalidad de Pérez Zeledón debe ser abierta de modo tal que la iniciativa de gestión del producto orgánico pueda ser replicado por otros municipios. En este caso, la información permitirá a la Municipalidad tener indicadores y poder realizar acciones de mejora continua que debe imperar en la administración de un proyecto.</p>	<p>Se incumple, los datos se muestran incompletos o del todo ausentes.</p>
<p>Acción 4.5. Esta acción en la tarea 4.5.1, establece una revisión del estado tanto de las</p>	<p>Esta acción es parte del objetivo específico 1 del presente proyecto, de modo que se pueda realizar un diagnóstico de las condiciones de la infraestructura</p>	<p>Se cumple en el presente documento.</p>

<p>infraestructuras y equipamiento de producción de compost.</p>	<p>en general, así como de las condiciones de equipamiento y otras que dispone la Municipalidad de Pérez Zeledón, de manera que este diagnóstico sirva como insumo para la elaboración de la guía que pretende este proyecto.</p>	
--	---	--

Cuadro 27. Análisis de aspectos legales, Reglamento Autónomo para el Tratamiento Integral de Residuos Ordinarios del Cantón de Pérez Zeledón.

<p>Nombre del documento:</p>	<p>Reglamento Autónomo para el Tratamiento Integral de Residuos Ordinarios en el Cantón de Pérez Zeledón</p>	
<p>Tipo de documento:</p>	<p>Reglamento Municipal</p>	
<p>Aspecto legal</p>	<p>Vinculación con el proyecto</p>	<p>Condición actual</p>
<p>Establece condiciones de operación tanto a nivel de permisos para el funcionamiento de sitios para el compostaje, así como</p>	<p>Este es el reglamento municipal que regula la gestión de las plantas de producción de compostaje en el Cantón de Pérez Zeledón, es por esta razón que se debe cumplir con el reglamento local que se encuentra en concordancia con los alcances de</p>	<p>Se cumple</p>

<p>de condiciones sanitarias y laborales que debe tener el sitio de gestión de residuos orgánicos.</p>	<p>la Ley para la Gestión Integral de Residuos N°8839.</p> <p>La aplicación de este reglamento es vinculante, máxime que la Municipalidad debe regular las condiciones de otros sitios de compostaje que se sitúen dentro del cantón de Pérez Zeledón.</p>	
--	--	--

Cuadro 28. Análisis de aspectos legales, Manual de Compostaje del Agricultor

<p>Nombre del documento:</p>	<p>Manual de Compostaje del Agricultor, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)</p>	
<p>Tipo de documento:</p>	<p>Manual (No obligatorio)</p>	
<p>Aspecto</p>	<p>Vinculación con el proyecto</p>	<p>Condición actual</p>
<p>Se explican fundamentos teóricos del proceso de compostaje, así como caracteriza las diferentes fases del compostaje (Mesófila, Termófila, Mesófila II y Maduración).</p>	<p>Este contenido teórico es vinculante con el proyecto de graduación ya que permite entender mejor la gestión del compostaje, así como el proceso que se sigue para poder realizar compost. Este tipo de información permite la elaboración de guías, así como de permitir que el</p>	<p>No se cumple.</p>

	proceso de compostaje se vuelva más técnico.	
Se indican los diferentes monitoreos que puede el proceso de elaboración del compost, tales como mediciones de dióxido de carbono, temperatura, potencial de hidrógeno (pH), humedad, entre otros.	Este contenido teórico es vinculante con el proyecto que se desarrolla, ya que permite entender mejor la gestión del compostaje, así como el proceso que se sigue para poder realizar compost. Este tipo de información permite la elaboración de guías, así como de permitir que el proceso de compostaje se vuelva más técnico y permitiría eventualmente que la calidad del producto sea óptima ya que se tiene una referencia técnica.	No se cumple.

Conocimiento del personal

Mediante la aplicación de una encuesta, se logró determinar el conocimiento del personal tanto operativo como administrativo que tiene a su cargo alguna de las etapas de la gestión de residuos sólidos orgánicos dentro de la Municipalidad de Pérez Zeledón. Para ello, se procedió a aplicar un instrumento con el fin de determinar el conocimiento que tienen sobre el tema.

La primera de las preguntas busca determinar el puesto que desempeña, obteniéndose los siguientes resultados:

Tipo de puesto desempeñado

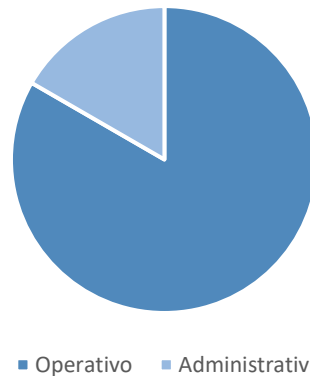


Figura 33. Gráfica de pregunta N°1 de la encuesta.

De lo figura N°33 se desprende que se cuenta con 5 personas ocupando puestos operativos (83% del personal) mientras que solamente una persona ocupa un puesto administrativo (17%). Con estos datos registrados, es necesario que la Administración Municipal evalúe las necesidades del servicio con el propósito de poder fortalecer, así mismo, da una perspectiva del conocimiento que puedan tener desde la posición laboral en la que se ubican dentro de la Municipalidad de Pérez Zeledón. De igual modo, este gráfico muestra que la principal fuerza laboral que atiende la gestión del compostaje es principalmente operativa.

La segunda pregunta, se orientaba en consultar si conocía cuales eran las etapas o procesos de la gestión del compostaje, obteniéndose los siguientes resultados:

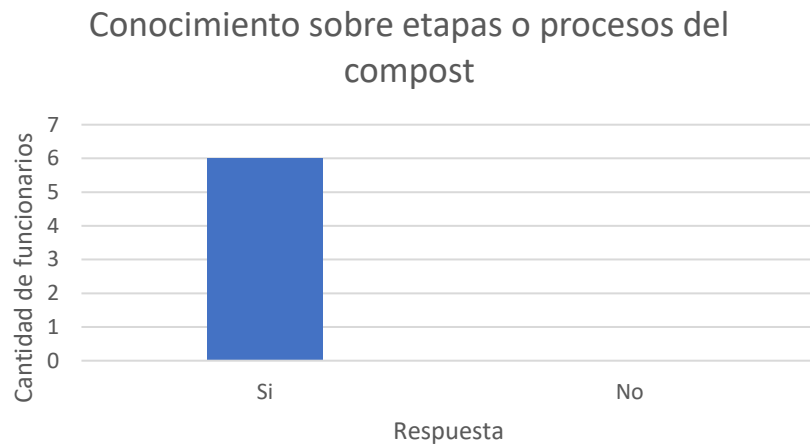


Figura 34. Gráfica de pregunta N°2 de la encuesta.

En la pregunta que se grafica en la figura N°34, los seis funcionarios involucrados en la gestión del compostaje conocían sobre los procesos de la elaboración del compost, para un 100% de respuestas afirmativas.

Dado que todo el personal respondió que sí conocía sobre las etapas o procesos del compost, se procedió a consultar sobre cuáles de etapas conocían, obteniéndose las siguientes respuestas:

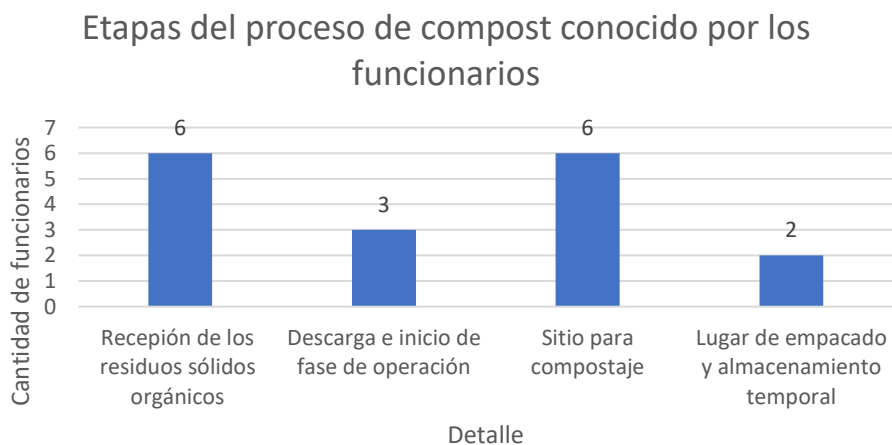


Figura 35. Gráfica de pregunta N°3 de la encuesta.

De la figura N°35 se puede desprender, que dos de las etapas están muy bien posicionadas y tienen un 100% de respuestas por parte de los funcionarios en cuanto al conocimiento de las mismas, en contraparte, las fases de descarga e inicio de fase de operación y la del lugar de empacado y almacenamiento temporal, tuvieron un 50% y 33,33% de respuestas afirmativas respectivamente. En cuanto a la segunda fase y cuarta fase, los funcionarios tienden a no reconocerlas por lo que se debe mejorar la demarcación para que estas fases puedan ser claramente identificadas. En este caso, se refleja la necesidad de que todos los funcionarios del departamento, deben conocer y manejar los procedimientos de las diferentes partes de la gestión del compostaje municipal para favorecer la continuidad en el proceso y evitar la dependencia de los funcionarios, esto podría realizarse mediante la rotación de los colaboradores para que todos conozcan sobre los procesos y se evite una incorrecta gestión que derive en desmejora de la calidad del producto o bien en un deterioro de las condiciones ambientales y de salud pública que se vinculan al proyecto.

La cuarta pregunta, referente al conocimiento del personal a cargo de la gestión del compostaje, hacía referencia a conocer aquellas características que presenta el compostaje cuando se está manejando correctamente, son aquellos indicadores cualitativos que en campo pueden dar una mejor percepción sobre el estado del proceso de manejo que se brinda. Ante esta consulta, se tuvieron los siguientes resultados.

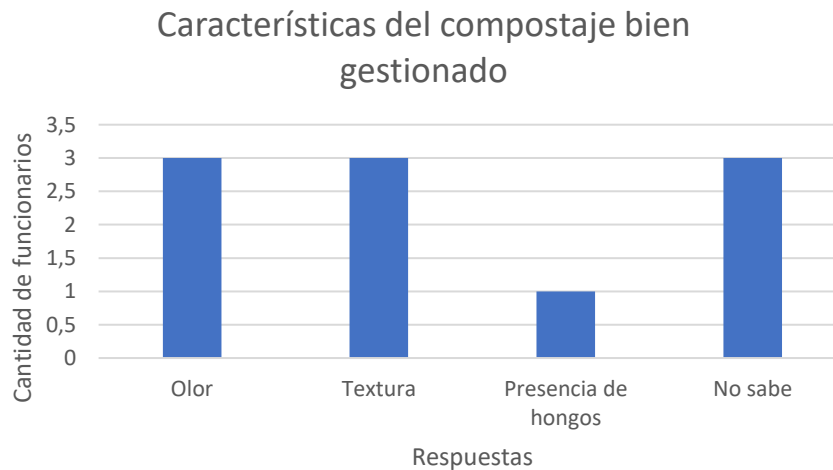


Figura 36. Gráfica de pregunta N°4 de la encuesta.

Con relación con la pregunta graficada en la figura N°36, es importante que los funcionarios conozcan sobre las condiciones cualitativas, que permiten conocer si el compost se encuentra bien manejado o si por el contrario debe revisarse el procedimiento de manejo que se realiza para mejorar la calidad del mismo y evitar afectación a la salud pública y al medio ambiente, sobre esta consulta, la mitad del personal (50%) desconocía sobre cualquier característica que funcionara de indicador, en este caso se identificó que todos los que respondieron que no sabían, eran operativos; en el caso del olor, dos de las respuestas indicaban que no debía oler a amoníaco y una adicional que no debía oler “como a huevo podrido”, haciendo referencia a compuestos azufrados. La presencia de hongos, que se encuentra presente en la etapa Mesófila II, fue indicada únicamente por un funcionario operativo. En esta etapa, es esencial que el personal involucrado en las etapas de gestión del compost, conozcan aquellos indicadores cualitativos y que puedan alertar sobre cualquier acción que involucre pérdida de calidad.

En cuanto a la quinta pregunta que hacía referencia a si conocían parámetros, pruebas o ensayos que se puede realizar al compostaje, se obtuvieron las siguientes respuestas:

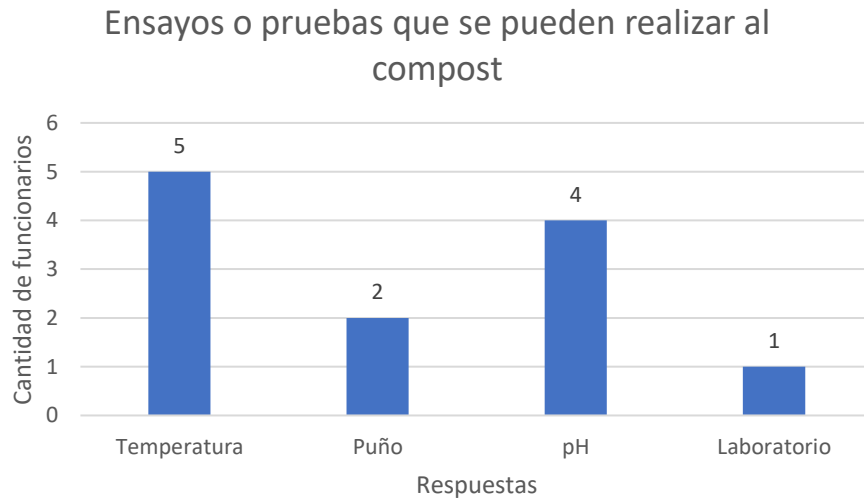


Figura 37. Gráfica de pregunta N°5 de la encuesta.

En este caso, se puede apreciar según lo muestra la figura N°37, que los ensayos más consolidados son los de temperatura y potencial de hidrógeno, esto pues la mayoría de los funcionarios han tenido que practicarlos en algún momento, en ambos casos, se tuvo más del 50% de los funcionarios que conocían de estas pruebas. En el caso de la prueba de puño se obtuvo de la persona administrativa y del operativo que se vincula diariamente la toma de pruebas en las pilas de compost; por último, la respuesta de laboratorio fue indicada por el funcionario administrativo. Es por esta razón que es necesario que los funcionarios conozcan el tipo de pruebas que se realizan para la gestión del compostaje, así como lo que sus resultados demuestran en la realidad.

La sexta pregunta, requería conocer sobre los principales aspectos socioambientales de la gestión del compost municipal, esto con el fin de conocer la importancia del trabajo que cotidianamente realizan, obteniéndose estas respuestas:

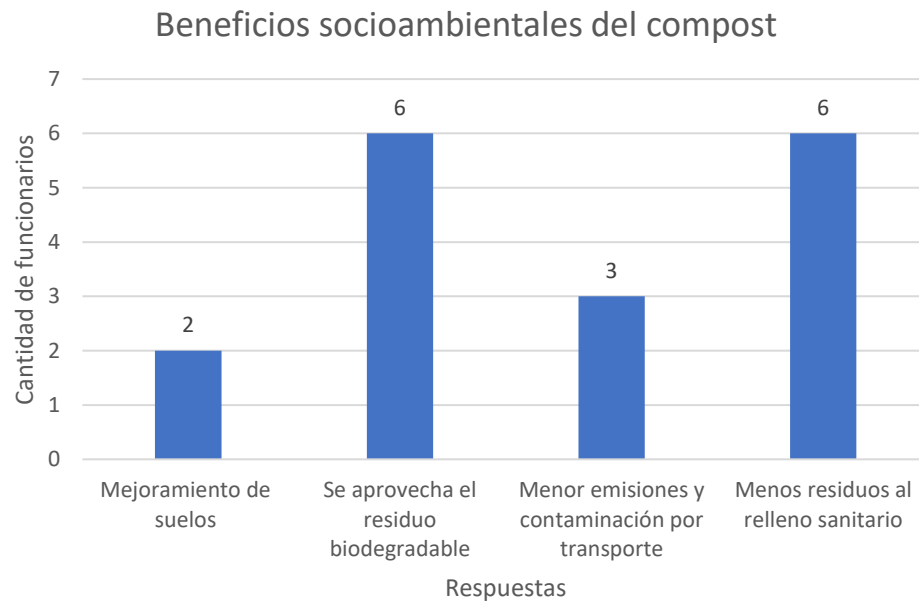


Figura 38. Gráfica de pregunta N°6 de la encuesta.

Se puede apreciar en la figura N°38, que todos los encuestados pudieron identificar que, al gestionar el residuo sólido orgánico, se envían menos residuos sólidos al relleno sanitario y asociado a esto que se aprovecha el residuo biodegradable. Estas respuestas son propias de uno de los objetivos de la Ley para la Gestión Integral de Residuos N°8839, y precisamente hay un componente social importante en estas respuestas. La mitad de los funcionarios (tres) identificaron que, asociado a la disminución de residuos en el relleno sanitario, había una disminución de emisiones de gases efecto invernadero producto de este manejo. Por último, dos personas mencionaban que servía de mejorador de suelos, pero hacían referencia a donaciones para utilizarlo en espacios públicos.

En cuanto a las disposiciones de uso del compost municipal, es importante hacer mención que, durante los años 2021 y 2022, se utilizó el producto para realizar experimentos en tomate, lechuga, culantro, chile dulce y café. Se desarrolló en forma paralela en tres lugares diferentes: 1) la Finca Municipal de Pérez Zeledón, 2) la finca del Sr. Bolívar Ureña y 3) la finca del Sr. Giovanni Mora, como

representantes del sector de agricultura de la región, lo que ha permitido ir desarrollando conocimiento sobre el uso de este compost en aplicaciones agrícolas. En cuanto a la séptima pregunta, se hace referencia a si conoce las aplicaciones en las que se puede utilizar el compostaje, y se obtuvieron las siguientes respuestas:

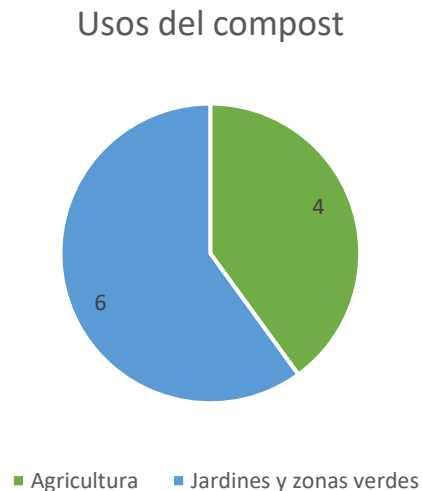


Figura 39. Gráfica de pregunta N°7 de la encuesta.

Sobre la consulta realizada en la gráfica de la figura N°39, todos los encuestados indicaron que el compost se puede utilizar en la jardinería, inclusive mencionaban que se podría tener mejores áreas verdes en el cantón si se utilizara este producto. Cuatro personas adicionales, mencionaron de igual modo el uso en la agricultura.

Al realizar la octava consulta, se intentó dejar abierta la opción de que los encuestados pudieran determinar si conocen sobre algún procedimiento para llevar a cabo la gestión de los residuos sólidos orgánico, a efectos de poder obtener el compostaje, ante esta consulta se obtuvo la siguiente respuesta:

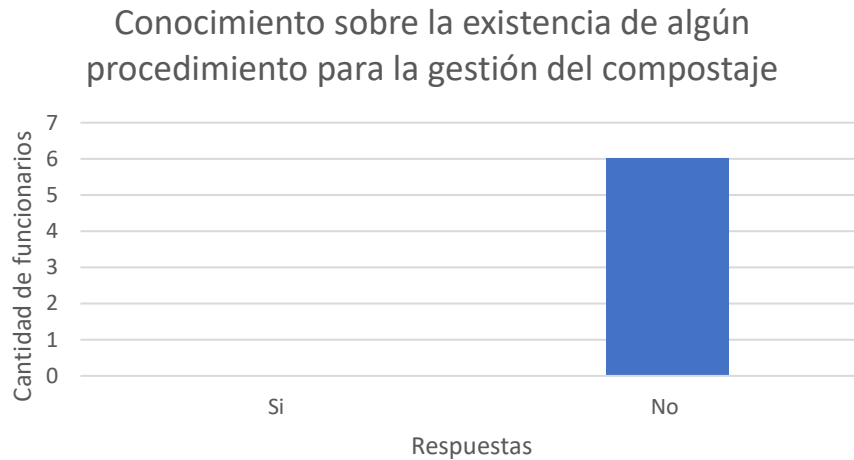


Figura 40.- Gráfica de pregunta N°8 de la encuesta.

Al analizar las figura N°40, se encontró una encuesta que indicaba que conocía, no obstante, con la indicación que anotó, se podía ver claramente que no conocían sobre la existencia de un procedimiento o bien algún orden para el manejo de los residuos orgánicos en el Centro de Transferencia de Residuos Sólidos.

La novena y última pregunta, es referente al reconocimiento de limitaciones que se tienen para la elaboración del compostaje Municipal, en este apartado todos los funcionarios dieron respuestas diferentes, haciendo el proceso más enriquecedor pues las observaciones vienen desde las diferentes estaciones de trabajo (Ver Cuadro N°29). De esta manera, las limitaciones y recomendaciones para la mejora del manejo de los residuos son las siguientes:

Cuadro 29. Detalle de las respuestas de la pregunta N°9 de la encuesta.

Limitaciones	Recomendaciones
Poco espacio físico para el manejo del orgánico.	Construir nuevos espacios.
Maquinaria muy antigua.	Mejorar la maquinaria mediante la adquisición de herramientas nuevas.
Poca claridad en el orden del compostaje	Aplicación de microorganismos.
Poco volteo y poco humedecimiento	Mejoramiento del proceso.
	Mejorar el sistema de riego.

Aunque no todas las observaciones se encuentran dentro del alcance del proyecto, se analizará como poder incorporarlas dentro del entregable a efectos de que, a nivel de la administración municipal, pueda tomarse las medidas necesarias para la optimización del proceso.

Guía para la gestión del compostaje

Una vez realizado el diagnóstico, analizadas las condiciones técnico – legales en las cuales se encuentra inmerso el Proyecto de Investigación, así como el análisis del conocimiento de los funcionarios que se encuentran inmersos directamente en la gestión del compostaje de la Municipalidad de Pérez Zeledón; se procedió a realizar sesiones de trabajo con el personal a fin de poder buscar alternativas que permitan mejorar la gestión de los residuos sólidos orgánicos de la Municipalidad de Pérez Zeledón y que a su vez puedan ser aplicables y garanticen que la gestión de estos residuos podrá realizarse de manera efectiva.

La guía práctica que se presenta en este apartado es una propuesta que se realiza al Subproceso de Gestión Ambiental de la Municipalidad de Pérez Zeledón y que permite que todos los funcionarios que se encuentren laborando, conozcan el proceso para que el compost pueda manejarse correctamente. Pretende de igual modo, estandarizar el proceso de fabricación de compost, misma que podrá usar como guía de calidad del compost la última versión del US Composting Council, así como las guías del Gobierno de Chile, mismas que han avanzado en esta materia. Precisamente la elaboración de la guía práctica pretende alcanzar una correcta gestión del compostaje Municipal y a que, a su vez, permita mejorar los indicadores ambientales en materia de gestión integral de residuos sólidos.

De igual modo, este proyecto de investigación vendrá a complementarse con el proceso de mejora en el compost municipal, realizado por la Asociación Centroamericana para la Economía, la Salud y el Ambiente en conjunto con otras instancias de gobierno y organizaciones no gubernamentales, que brindó herramientas técnicas al personal de Gestión Ambiental. En la figura 41, se observa cómo ha existido un proceso de capacitación previa en el tema de gestión del compost.



Figura 41. Capacitaciones previas en materia de compost.

Recepción de los residuos sólidos orgánicos

La información debe ser recopilada en la báscula o romana que dispone el Centro de Transferencia de Residuos Sólidos. Para este caso al recibir material únicamente de camiones municipales, se propone la siguiente recopilación de datos, indicados en el cuadro 30:

Cuadro 30. Detalle de la recopilación de información al ingreso del material a compostar.

Municipalidad de Pérez Zeledón Subproceso de Gestión Ambiental	
Número de placa:	
Ruta de donde provienen los residuos:	
Cantidad de residuos ingresada (peso lleno – peso vacío):	
Presencia de material no deseado (indicar):	

Es importante que todo el material que ingrese al centro de compostaje ingrese por la romana y se llenen los datos descritos. Estos datos permitirán conocer los tonelajes de ingreso de residuos sólidos, así como otros datos de interés como los sitios que aportan más o menos residuos, los barrios que aportan más material contaminado, los camiones con más capacidad, entre otros que puedan servir al municipio para la toma de decisiones.

Sitio para la descarga e inicio de fase de preparación

Un aspecto que se había determinado en el diagnóstico, es que parte del material que ingresa al sitio de compostaje, contiene material tipo plástico o similar, que contiene en su interior los residuos orgánicos mientras estos son recolectados por el personal municipal, es por esta razón que este material debe ser abierta de manera inmediata con cuchillo, vaciarse y retirar el material no deseado (plásticos,

sacos, entre otros). Este material que se desecha debe ser medido a efectos de permitir una medición certera de la cantidad de residuos orgánicos que ingresan al sitio de compostaje y una vez cuantificado, debe ser depositado junto con los demás residuos ordinarios para disponerse en el relleno sanitario.

Por otro lado, el material que ingresa fresco de las diferentes rutas de recolección de residuos sólidos se mantiene generalmente con exceso de humedad y con poca estructura, esto genera que tengan poca aireación. Por lo anterior siempre es necesario mantener disponibles materiales como las fibras de cáscaras de coco trituradas o ramas de horticultura o residuos de podas o jardinería, pues este tipo de material conforma estructura a las pilas de compost y ofrecen también un beneficio. Parte del material de los sobrantes de cribado (restos de troncos de madera y otros materiales) pueden ser utilizados como mezcla para ofrecer estructura y a su vez capturan el exceso de humedad y de esta manera reducimos la cantidad de lixiviados. Estas mezclas no deben superar el 30% del total del peso en las fibras o ramas y de un 10% del total del peso en sobrantes del cribado.

Para esta fase, la recopilación de información de que se requiere es la que se indica en el cuadro N°31.

Cuadro 31. Detalle de la recopilación de información en la zona de descarga de material.

Municipalidad de Pérez Zeledón Subproceso de Gestión Ambiental	
Fecha (día/mes/año):	
Cantidad de producto no deseado retirado del compost:	
Cantidad de material de mezcla añadido:	
Fecha de retiro de material (Aplica solamente para las fechas en que se traslada material al sitio de compostaje)	

Debido a que, en esta zona, el material permanece al menos 22 días para que todo el lixiviado se pueda conducir al sistema de tratamiento de aguas residuales, en esta zona no se procederá a realizar ensayos o muestreos ya se pretende que el exceso de humedad pueda ser removido para las siguientes fases.

Sitio para el compostaje

Esta es la zona donde se realiza, por al menos cinco meses, diferentes procesos para lograr que el residuo orgánico se convierta finalmente en compost, por esta razón se propone la realización de las mediciones que a continuación se mencionan.

El tamaño de la pila, no debe ser superior a los 30 metros de largo, 3 metros de ancho y 1,5 metros de altura, esto para poder garantizar que una pila de material, tienen un tiempo de no más de un mes de diferencia.

La temperatura debe monitorearse con una sonda tipo K al menos a un metro de profundidad, buscando el centro de la pila de compost, como mínimo una vez por semana y se debe registrar en el protocolo que se señala en el Anexo 3. El registro de la temperatura es el que garantiza si el producto es higiénico o no, para ello se determina la temperatura sea superior a 55 °C durante al menos 3 semana, o bien por encima de 65 °C durante al menos 7 días. En la figura N°42, se pueden apreciar en puntos amarillos, la zona donde se debe realizar el control de la temperatura, para estos efectos, se debe tener un termómetro que permita la toma al menos a un metro, para ello la sonda debe ser lo suficientemente resistente para evitar doblarse cuando se toma la temperatura. La medición debe realizarse al menos en tres secciones de la pila de compost (inicial, media y final), esto según se aprecia en la figura N°42 con líneas rojas, esto con el fin de poder tener una medición más representativa de dicha pila de compost.



Figura 42. Sitios recomendados para el muestreo

En cuanto a la medición de acides debe monitorearse al menos una vez por semana y se debe registrar en el protocolo que se señala en el Anexo 3, para esta medición, se ha establecido que el producto debe encontrarse cerca del valor neutro, tomándose como valores óptimos los registrados entre 6 y 8.5. Debido a que no se encontró en el mercado medidores de pH con sonda, se recomienda realizar al menos un muestreo entres puntos, en las mismas condiciones que se realiza para la temperatura, sin embargo, para esta condición no podrá llegarse al centro de la pila de composto por lo que idealmente esta medición deberá realizarse en el momento después del volteo de material, esto con el fin de tener una muestra más heterogénea de la pila.

La última prueba que debe realizarse en este sitio es la de control de humedad mediante la prueba del puño. Tal y como se muestra en la figura N°43, la prueba de puño es aquella en la que cualitativamente, podemos determinar si el compost está en condiciones óptimas de humedad, de esta manera, cuando con la mano tomamos un puñado de compost y al abrir ligeramente la mano, este se desborona cayendo de la misma, significa que el compost se encuentra muy seco y requiere aplicación de agua; por otro lado, cuando tomamos un puñado de compost y al apretarlo (hacerlo un puño), este derrama líquidos, significa que el mismo se encuentra muy húmedo y requiere que no se le aplique agua; mientras que aquel compost que al tomarlo y comprimirlo (hacerlo un puño), no se desborona ni derrama líquidos, se encuentra en condición óptima de humedad, misma que garantiza una adecuada característica esencial para la elaboración de este producto.



Figura 43. Ejemplo de la prueba del puño.

En este sentido, el riego debe contemplarse y documentarse en litros, para esto se debe cuantificar la cantidad de litros de agua que se aplican por minuto y extrapolar este caudal al tiempo de aplicación en cada una de las pilas de compost, no obstante, debe estarse realizando continuamente la prueba del puño en la aplicación de agua con el propósito de evitar aplicación extra o bien de dejar el producto muy seco.

En este proceso, es fundamental la aireación que se brinde a las pilas de compost, esto no solamente porque favorece la actividad biológica, sino que también permite el control de la temperatura y la eliminación de los bloques, mismos que suelen formarse producto del peso que se genera en las pilas.

Con el fin de garantizar suficiente aporte de oxígeno a las pilas de compost, se debe garantizar una frecuencia de volteo de una a dos veces por semana, siendo lo recomendable dos veces por semana para las pilas más frescas pues su actividad biológica está aumentada y de una vez a la semana las pilas más maduras, pues su actividad biológica se encuentra disminuida, esto ha sido determinado a través de las mediciones de oxígeno tal y como se muestra en la figura N°44.



Figura 44. Medición de oxígeno en una de las pilas de compost.

Debido a que la Municipalidad de Pérez Zeledón dispone de un cargador de llanta (maquinaria) para el volteo del compost, se recomienda continuar realizando la función del volteo con este equipo, pero deberá agitarse el cucharón del mismo con el fin de eliminar bloques de compost.

Durante esta fase del compost, el material estará completamente maduro y listo para su disposición o uso. Es importante que, en todo el proceso de degradación, se realice un análisis cualitativo del olor, basándose en si es suave o fuerte y si es tolerable o no tolerable (Ver Anexo 3). Los olores fuertes generalmente se encuentran asociados a la poca aireación del producto, pues en caso de oler similar al huevo podrido, se podría deducir que hay generación de sulfuro (H_2S), así mismo la falta de oxígeno provoca la generación de amoníaco. Los olores fuertes son signos de alerta, máxime si persisten después de lavarse las manos. Cuando se obtienen valores mayores o iguales a 7 en la identificación del Anexo 3, se debe reportar al encargado del Centro de Transferencia para una valoración más técnica y verificar la condición del compost.

Otro aspecto de interés para el desarrollo del compost, es su estado físico, es decir, si los materiales se han ido degradando al punto de que ya no se reconozcan los elementos que componen las pilas de compost. De esta manera, en la evaluación del Anexo 3, se podría deducir que el compost más fresco, tendrá material más fibroso (entero) y todavía podría identificarse los elementos que lo componen, por ejemplo, podrían verse trozos de verduras o pastos. Conforme las pilas de compost avancen en su degradación, la evaluación de este aspecto tenderá a acercarse al valor 10.

El último elemento de evaluación insitu que se realiza en el proceso de elaboración del compost, es el de la evaluación de la madurez, en este sentido las pilas más nuevas serán más jóvenes y conforme avanzan en el tiempo, hacia los seis meses de degradación, se tendrán más maduras. La manera más fácil de evaluar esta condición es mediante la búsqueda de una rama pequeña y poder ejercer sobre ella presión para romperla, al igual que su textura y color. Esto se evalúa en el Anexo 3.

Lugar para el empaclado y almacenamiento temporal

En este espacio, se deberá colar y empaclar solamente el material que ya se encuentre en edad madura y que haya finalizado su proceso de degradación. Esto se determina pues la temperatura baja hasta cerca de la temperatura ambiente y esto se debe principalmente a que la actividad microbiana finalizó. El compost ya colado se procederá a empaclar y cocer cada saco lleno de material, para efectos del presente proyecto de investigación, se determina una medida de 25kg de compost por saco.

En esta etapa es necesario tener un control de inventario, mismo que se muestra en el Anexo 4, de modo tal que se garantice conocer la cantidad de producto almacenado, así como que exista rotación del mismo, a fin de asegurar que el material más antiguo es el que se entrega primero para su uso y no el más nuevo.

Se debe tomar en consideración que en este sitio, no se debe colocar el producto directamente en el suelo, sino que debe colocarse en tarimas para evitar la contaminación del material.

CONCLUSIONES

La Municipalidad de Pérez Zeledón, ha venido desarrollando diferentes estrategias que le han permitido procurar el cumplimiento de la Ley para la Gestión Integral de Residuos N°8839, mediante acciones de fomento del desarrollo y gestión del subproducto de los residuos orgánicos en sus rutas de recolección municipal. Propiamente el desarrollo del compostaje municipal, viene a evitar que los desechos orgánicos, impacten negativamente la salud pública y en general el ecosistema tanto a nivel de aire, suelo como agua, esto por el tonelaje que el mismo municipio ha venido manejando para el desarrollo del mejorador de suelos.

Como parte de las actividades de control que ejecuta la oficina de Gestión Ambiental, ha venido documentando información acerca del proceso que se tiene para la elaboración del compostaje municipal, esto permite medir indicadores y poder establecer líneas base para el desarrollo de este proyecto de investigación y genera la base suficiente para que se pueda gestar toda una propuesta de mejora.

De acuerdo con registros aportados por la Municipalidad de Pérez Zeledón, visualizados en la herramienta de gestión de datos así como con la experiencia de los técnicos de Gestión Ambiental, obtenida a través de las visitas de campo realizadas, se muestran que se han venido realizando acciones de mejora continua y que tras diferentes asesorías que se han tenido a través de Organizaciones no Gubernamentales, esto tanto en prácticas como en registros que se implementan a la hora de manejar el compostaje, por lo que este proyecto de investigación viene a complementar todo el trabajo de campo que se ha venido realizando.

El personal del Subproceso, especialmente aquellas personas que están vinculadas directamente con la gestión del residuo orgánico, han sido previamente sensibilizadas y tienen conocimiento de temas relacionados a esta práctica atinente a la aplicación de tecnologías limpias; esto por cuanto al momento de aplicar el cuestionario que se presenta en el Anexo 2, se obtuvieron respuestas en muchos casos amplias y que demuestran que el personal se siente identificado con el

desarrollo de prácticas ambientalmente sostenibles. Si bien es cierto, la rotación del personal es un riesgo inminente, el ambiente bajo el que se desarrollan las tareas en el Centro de Transferencia de Residuos Sólidos, permite que el personal se involucre y conozca acerca las actividades que se desarrollan en este centro de trabajo.

La propuesta que se desarrolla en el presente documento de investigación, viene a mitigar uno de los principales riesgos que se pudieron identificar en el desarrollo del proyecto de investigación, el cual es el establecimiento de una propuesta para mejorar la gestión de Residuos Orgánicos Municipales en su etapa de elaboración del compostaje, esto pues al realizar el diagnóstico inicial, es posible evidenciar que si bien es cierto se cuenta con datos documentados, no hay una correlación entre ellos, de modo que no se cuenta con mecanismos de verificación, control o valores alerta que permitan al gestor ambiental a cargo de la supervisión del Centro de Transferencia, tomar acciones para mitigar cualquier práctica que haya venido a desfavorecer la correcta gestión de los residuos sólidos valorizables. Así mismo, es posible establecer que la propuesta diseñada, vendrá a mejorar el control documental dado que los datos que se registran actualmente, no siempre responden a consideraciones técnicas que deben ser anotadas para posteriores evaluaciones del proceso como tal, razón por la cual se establecen datos que técnicamente son indispensables para asegurar la calidad del producto así como del medio ambiente en general, propiciando la mejora de los indicadores ambientales que se vinculan a la práctica de la gestión integral de residuos sólidos.

Los impactos económicos, ambientales y sociales que genera el proyecto de compostaje del cantón de Pérez Zeledón, hacen de esta una iniciativa viable, procurando apoyo desde diversos sectores que benefician el desarrollo de la misma, esto por cuanto el ahorro económico del municipio por la propia gestión en el Centro de Transferencia, asciende al menos a un monto de ¢89,047,229.40 (Ochenta y nueve millones cuarenta y siete mil doscientos veintinueve con cuarenta céntimos), en el ámbito ambiental, se evitan emisiones de dióxido de carbono equivalente por

el orden de las 6,69 toneladas anuales y en cuanto al aspecto social, se tienen iniciativas para poder donar el producto a las comunidades y que estas puedan utilizarlo en áreas verdes comunales o bien en centros educativos, lo que permite poder conjugar dentro de estas tres importantes áreas este proceso de tecnologías limpias.

RECOMENDACIONES

- La implementación de las propuestas que se presentan en este proyecto de investigación, permitirá a la Municipalidad de Pérez Zeledón alcanzar una correcta gestión de los residuos orgánicos en su etapa de elaboración del compostaje, esto vinculado igualmente con la valoración y análisis de toda la jurisprudencia tanto nacional como internacional, que recae en el proceso de la gestión del compostaje que actualmente lleva a cabo el municipio.
- Si bien por el alcance de este proyecto de investigación, no se contemplan la capacidad de las instalaciones, así como las proyecciones de crecimiento del compostaje municipal, se recomienda a la Municipalidad de Pérez Zeledón realizar esta investigación, dado que, durante los procesos de visita, se mencionaba por parte de los colaboradores asociados a la gestión del compost, que una de las propuestas de mejora era precisamente la ampliación de la infraestructura existente.
- En la definición del alcance del presente proyecto, no se contempla el cálculo de las emisiones de gases efecto invernadero que se generan en la gestión del compostaje municipal ni las que se evitan generar al ambiente producto de esta gestión local. Por esto se recomienda a la Municipalidad de Pérez Zeledón realizar estos cálculos considerando que el tema de las emisiones de gases efecto invernadero son un indicador ambiental de especial interés al tema de la gestión integral de residuos sólidos.

- La puesta en práctica de la guía y las propuestas que se derivan del presente proyecto de investigación, favorecerán que la Municipalidad de Pérez Zeledón y en general todo el cantón, mejore los indicadores ambientales asociados a la gestión integral de residuos sólidos, esto por cuanto el municipio es capaz de superar los valores de separación de residuos sólidos que el Ministerio de Salud ha indicado en la Estrategia Nacional de Valorización solamente con la gestión del residuo orgánico. A esto se suma que la Municipalidad de Pérez Zeledón, cuenta con un galardón del Programa País Carbono Neutralidad al tener el inventario completo del cantón, por lo que las emisiones de gases efecto invernadero que se asocian en el proceso de compostaje en relación con las emisiones que se generarían al enviarlo desde el cantón de Pérez Zeledón hasta el cantón de Aserrí, donde se encuentra el relleno sanitario contratado para la disposición final de los residuos sólidos.
- En busca de mejorar los productos, servicios y operaciones que la Municipalidad de Pérez Zeledón tiene mediante los procesos estandarizados para la gestión del compostaje, se recomienda mantener un proceso constante de mejora continua, siendo que los procedimientos y la guía que se recomienda aplicar, se mantenga siempre ajustada a las cambiantes condiciones que la gestión del compostaje local requiere.
- Es necesario que la Municipalidad de Pérez Zeledón, dote el recurso humano y material que requiere el proceso de compostaje que actualmente se realiza, esto en miras de propiciar el avance del proyecto y la consolidación del mismo, así como evitar la constante rotación del personal con el fin de evitar desvíos en el proceso de compostaje.

BIBLIOGRAFIA

Aguilar Arteaga, R, et al (2019). Inadecuado uso de residuos sólidos y su impacto en la contaminación ambiental (21(4): 401-407, 2018). <https://doi.org/10.17268/sciendo.2018.044>

Castro Merizalde, G. B. (2000). Manual para el manejo adecuado de los residuos sólidos en medianos y pequeños municipios. | ISBN 978-9978-41-530-6 - Libro (1.a ed.). Cámara Ecuatoriana del Libro.

Constitución Política de Costa Rica, Artículo 50. 08 de noviembre de 1949.

Censo 2011. (s. f.). INEC. <https://inec.cr/estadisticas-fuentes/censos/censo-2011>

Decreto Ejecutivo N°15, Reglamento de Fábricas de Composte. 18 de junio de 1952.

Decreto Ejecutivo N°37567-S-MINAET-H, Reglamento General a la Ley para la Gestión Integral de Residuos. 20 de mayo del 2013. Gaceta 55, Alcance 52 del 19 de marzo del 2013.

Decreto Ejecutivo N°43432-S, Reglamento general para permisos sanitarios de funcionamiento, permisos de habilitación y autorización para eventos temporales de concentración masiva de personas, otorgados por el Ministerio de Salud. 24 de julio del 2022. Gaceta N°56, Alcance 60 del 23 de marzo del 2022.

Geovisor: Estimación de Población y Vivienda, junio 2022. (2023). INEC. Recuperado de <https://inec.cr/herramientas>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Licio, P. (2010). Metodología de la Investigación (5.a ed.). <https://omeka.campusuci2.com/biblioteca/files/original/d172af1637e0b384fb78bd42ffdb4e4c.pdf>

Instituto Meteorológico Nacional & Ministerio de Ambiente y Energía. (2017). Inventario Nacional de emisiones por fuentes y absorción por sumideros de Gases de Efecto Invernadero, Costa Rica, 1990-2017. En Dirección de Cambio Climático.

Recuperado de <https://cambioclimatico.go.cr/wp-content/uploads/2022/06/InventarioGEI2017.pdf>

Instituto Meteorológico Nacional. (2022). Factores de emisión de gases de efecto invernadero (Duodécima edición). Recuperado de <http://cglobal.imn.ac.cr/wp-content/uploads/2022/07/FactoresEmision-GEI-2022-1.pdf>

Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC. (2007). IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007. Recuperado de http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/en/contents.html

Ley N°8839, Para la Gestión Integral de Residuos. 26 de julio del 2016. Gaceta 135 del 13 de Julio del 2010.

Mapa de Pérez Zeledón. (2022). Recuperado de <https://www.perezzeledon.go.cr/index.php/turismo/informacion-interactiva/mapa-del-canton.html>

Marín Valverde, J. (2007). Plan Estratégico de Capacitación en la Municipalidad de Pérez Zeledón [Tesis de Licenciatura]. Universidad Metropolitana Castro Carazo.

Ministerio de Ambiente y Energía & a Dirección de Cambio Climático (DCC). (2019). Plan Nacional de Descarbonización 2018-2050. Recuperado de <https://cambioclimatico.go.cr/plan-nacional-de-descarbonizacion/>

Mercado, L., & Rivera, D. (2021). Guía Paso a Paso para Facilitar la Transición Hacia una Economía Circular desde los Gobiernos Locales. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/10830/Anexo%205_%20Herramientas_mas_Utilizadas%20_Final.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Mora, O. (s. f.). Principios de Gestión Integral de Residuos (GIR) para instituciones públicas [Diapositivas]. Ministerio de Salud. Recuperado de <https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/biblioteca-de-archivos-left/documentos-ministerio-de-salud/tecno-ciencia/inventario-de-tecnologias-en->

[girs/documentacion-tecnica-girs-tecno-ciencia/3990-principios-de-gestion-integral-de-residuos-gir-para-instituciones-publicas/file](#)

Municipalidad de Pérez Zeledón. (2012). Control de Tonelaje [Conjunto de datos; Base de Datos]. En Subproceso de Gestión Ambiental (V.2012).

Municipalidad de Pérez Zeledón. (2022a). Misión y Visión. Recuperado de [%20ORDER%20BY%201](https://www.perezzeledon.go.cr/index.php/canton/informacion-general/mision-y-vision.html?switch_to_desktop_ui=-7536%27)

Municipalidad de Pérez Zeledón. (2022). Organigrama. Recuperado de <https://www.perezzeledon.go.cr/index.php/municipalidad/municipalidad/organigrama.html>

Municipalidad de Pérez Zeledón. (2022). Plan de Desarrollo de la Municipalidad de Pérez Zeledón 2022-2026 (PDM_2022-2026).

Naciones Unidas. (2015). Acuerdo de París. <https://www.un.org/es/climatechange/paris-agreement>

Objetivos de desarrollo sostenible | Objetivos de desarrollo sostenible. (s. f.). Recuperado de <https://ods.cr/>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2013). Manual de Compostaje del Agricultor, Experiencias en América Latina. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Recuperado de <https://www.fao.org/3/i3388s/i3388s.pdf>

Peralta Quito, C. I., & Encalada Ochoa, M. F. (2012). Propuesta para la sensibilización ambiental en el manejo de residuos sólidos en los cantones Girón y Santa Isabel en el periodo 2010-2012 [Tesis de Maestría]. Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.

Reglamento Municipal RAM-003-19, Reglamento Autónomo para el Tratamiento Integral de Residuos Ordinarios en el Cantón de Pérez Zeledón. 13 de noviembre del 2019. Gaceta 285, Alcance 242 del 19 de diciembre del 2019.

Retana Chavarría, D. (2021). Estudio de Generación y Composición de los Residuos Sólidos del Cantón de Pérez Zeledón. En Archivo de Gestión 2021 (INF-002-21-SGA).

Rodríguez Herrera, H. (2012). Gestión Integral de residuos sólidos. Fundación Universitaria del Área Andina. Todavía no publicado. Recuperado de <https://digitk.areandina.edu.co/repositorio/handle/123456789/518>

Rojas Wang, J. P. (2014). Residuos sólidos y calentamiento global – Parte 1. Centro de Gestión Tecnológica e Informática Industrial (CEGESTI). Recuperado de http://www.cegesti.org/exitoempresarial/publicaciones/publicacion_254_310314_es.pdf

Secretaría Consejo Nacional Ambiental. (2020). I Plan Nacional de Compostaje 2020 2050. Recuperado de <https://cambioclimatico.go.cr/wp-content/uploads/2021/05/Plan-Nacional-de-Compostaje-2020-2050.pdf>

United States Environmental Protection Agency- EPA. (2013). Global Greenhouse Gas Emissions Data. Recuperado de <http://www.epa.gov/climatechange/ghgemissions/global.html>

Vargas Retana, A. L., Rojas Lizano, A., Mora Picado, J., Vindas Mejías, G., Carvajal Obando, I., & Fallas Montero, E. (2021). Plan de Desarrollo Municipalidad de Pérez Zeledón 2021- 2025.

ANEXOS

Anexo 1: Chárter



ACTA (CHARTER) DEL PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN (PFG)

Nombre y apellidos: Álvaro Francisco Murillo Mora.
Lugar de residencia: San Isidro de El General, Pérez Zeledón.
Institución: Municipalidad de Pérez Zeledón.
Cargo / puesto: Coordinador de Gestión Ambiental.

Información principal y autorización del PFG	
Fecha: 04 de junio del 2023.	Nombre del proyecto: Propuesta para mejorar la gestión de Residuos Orgánicos Municipales en su etapa de elaboración del compostaje, Pérez Zeledón, San José, Costa Rica.
Fecha de inicio del proyecto: 26 de julio 2022	Fecha tentativa de finalización: 26 de octubre 2022
Tipo de PFG: Tesina.	
Objetivos del proyecto:	
<p>General:</p> <ul style="list-style-type: none"> Diseñar una propuesta para mejorar la gestión de Residuos Orgánicos Municipales en su etapa de elaboración del compostaje, Pérez Zeledón, San José, Costa Rica. <p>Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Analizar las condiciones actuales que tiene la Municipalidad de Pérez Zeledón para la gestión del compostaje municipal mediante visitas de campo, a fin de realizar una evaluación integral del proceso. Determinar los requisitos técnicos y legales, nacionales o internacionales, que permitan crear una propuesta para la elaboración de compostaje. Elaborar una guía práctica que permita alcanzar una correcta gestión de los residuos orgánicos de la Municipalidad de Pérez Zeledón en su etapa de elaboración del compostaje, que permita mejorar los indicadores ambientales del cantón de Pérez Zeledón, San José, Costa Rica; en materia de gestión de residuos sólidos orgánicos. 	
Descripción del producto:	
El presente trabajo se baja en un enfoque mixto, bajo la premisa de que realiza análisis cuantitativos y cualitativos. El primero de ellos referente a datos de laboratorio o valores de tonelaje, el segundo irá orientado a datos meramente descriptivos de la apariencia, olor y otros del compostaje municipal.	



Podría definir este trabajo de graduación como exploratorio y descriptivo. Es exploratorio en el sentido de que no si bien existen estudios de manejo de compostaje, las condiciones particulares del cantón de Pérez Zeledón, no podrían compararse con el de otras regiones e incluso con el de otros países, de igual modo, la composición de los residuos sólidos orgánicos que se manejan, hace que el producto sea único; no obstante, se puede mencionar también que el alcance puede ser descriptivo, en el tanto si hay investigaciones que uno podría relacionar con el proyecto municipal.

El producto que se quiere elaborar, corresponde a la elaboración de una guía práctica que pretende realizar una adecuada gestión de los residuos sólidos orgánicos y que permita a la Municipalidad de Pérez Zeledón, alcanzar una gestión de los residuos sólidos orgánicos municipales, que cumpla con la normativa aplicable, garantizando que el proceso compostaje tenga impactos ambientales, sociales y productivos, tengan impactos positivos en su territorio y que hagan al municipio, referente en el tema de la gestión de este subproducto.

Se entiende que la Municipalidad realiza actualmente una gestión del residuo orgánico mediante la técnica del compostaje centralizado y la pretensión de la herramienta, es de coadyuvar al municipio a mejorar su gestión desde el momento en que los residuos sólidos son dispuestos para la elaboración del compostaje por lo que las demás etapas de gestión tales como la concientización, regulación y recolección, entre otras; se encuentran fuera del análisis que aquí se pretende. Esta limitación nace del tiempo que se tiene para la elaboración del proyecto de graduación y de los recursos disponibles (humano y económico).

Necesidad del proyecto: La Municipalidad de Pérez Zeledón, superó para el año 2022, más de 3000 toneladas de residuos orgánicos dispuestos para ser gestionados mediante compostaje centralizado. En la actualidad se registra la participación de más de 2500 viviendas y 1640 comercios de los dos distritos donde se brinda este servicio. Es por esta razón y ante la intensión de la Municipalidad de gestionar por separado sus residuos sólidos municipales, que se resalta la importancia de realizar un adecuado manejo de este tipo de residuos y que no ponga en riesgo la salud pública y el medio ambiente, realizando acciones para minimizar la generación de gases efecto invernadero.

Justificación de impacto del proyecto: Debido al impacto que se tiene en la Municipalidad de Pérez Zeledón, al ser una Municipalidad que cerca del 25% de los residuos que gestiona son orgánicos dispuestos a compostaje centralizado; lo que hace necesario garantizar que



<p>el manejo de estos residuos se realice de manera adecuada, sustentando este trabajo mediante una guía práctica que optimice las actividades que actualmente se realizan y de la misma forma, que prevenga prácticas que pongan en riesgo la salud y el ambiente. El municipio en la actualidad no posee personal operativo con conocimientos en gestión ambiental, por lo que una inadecuada gestión de los residuos orgánicos tendría repercusiones sobre la salud pública y la calidad de vida de los habitantes de las comunidades vecinas al Centro de Transferencia de Residuos Sólidos, espacio físico donde se realiza el compostaje.</p> <p>Por último, se han establecido desde la jefatura del departamento de Gestión Ambiental, indicaciones referentes a las actividades en torno al manejo y gestión de los residuos a compostar, por ejemplo, tomas de temperaturas, volteos, mediciones de pH, entre otros; no obstante, no existe ningún documento que sirva de guía y las actividades cotidianas podrían realizarse bajo la subjetividad de una indicación verbal y en caso de cambios de personal, podrían omitirse actividades esenciales.</p>	
<p>Restricciones: Hay una restricción por uso de presupuesto y por recurso humano. El acceso a la información es óptimo. Se cuenta con la restricción del tiempo, ya que el proyecto debe realizarse en un máximo de cuatro meses.</p>	
<p>Entregables: Proyecto Final de Graduación y como apéndice se entrega la propuesta para la gestión de Residuos Orgánicos Municipales en su etapa de elaboración del compostaje Pérez Zeledón, San José, Costa Rica.</p>	
<p>Identificación de grupos de interés: Cliente(s) directo(s): Municipalidad de Pérez Zeledón. Cliente(s) indirecto(s): Habitantes del cantón de Pérez Zeledón y usuarios que consumen compostaje municipal.</p>	
<p>Aprobado por (Tutor): Daniel Rodríguez Molina</p>	<p>Firma: DANIEL GERARDO RODRIGUEZ MOLINA (FIRMA) Firmado digitalmente por DANIEL GERARDO RODRIGUEZ MOLINA (FIRMA) Fecha: 2023.06.20 11:41:31 -06'00'</p>
<p>Estudiante: Álvaro Murillo Mora</p>	<p>Firma: ALVARO FRANCISCO MURILLO MORA (FIRMA) PERSONA FISICA, CPF-01-1378-0193. Fecha declarada: 19/06/2023 09:52:02 AM Esta es una representación gráfica únicamente, verifique la validez de la firma.</p>

Anexo 2: Encuesta aplicada a los funcionarios de la Municipalidad de Pérez Zeledón que laboran directamente en la gestión del residuo orgánico.



Encuesta para el diagnóstico del Proyecto Final de Graduación “Propuesta para mejorar la gestión de residuos orgánicos municipales en su etapa de elaboración del compostaje, Pérez Zeledón, San José, Costa Rica.”

Nombre del encuestado: _____

Fecha de la encuesta: ___/agosto/2023

1. ¿Qué puesto desempeña usted en la Municipalidad de Pérez Zeledón?

A () Operativo.

B () Administrativo.

2. ¿Conoce cuales son las etapas o procesos de la gestión del compostaje municipal? En caso de decir que sí, indicar cuáles etapas reconoce.

Si ()

No () Pase a la pregunta 4

3. Puede marcar las etapas o procesos que reconoce en el proceso de Compostaje de la Municipalidad de Pérez Zeledón. (Puede marcar más de una opción.)

Recepción de los residuos sólidos orgánicos ()

Descarga e inicio de fase de operación ()

Sitio para el compostaje ()

Lugar para empacado y almacenamiento temporal ()

4. ¿Cómo puedo saber si mi compostaje va por buen camino? ¿Qué características tiene el compostaje que se está manejando adecuadamente?



5. ¿Conoce qué parámetros, ensayos o pruebas, se pueden hacer al compostaje para saber la condición en la que se encuentran?

6. ¿Podría mencionar, cuáles son los principales beneficios socioambientales de que la Municipalidad de Pérez Zeledón gestione los residuos orgánicos?

7. ¿Cómo o en qué aplicaciones puedo aprovechar el compostaje que se genera en la Municipalidad de Pérez Zeledón? (Puede marcar más de una opción.)

8. ¿Conoce si existe algún procedimiento u orden para la gestión del compostaje? De ser una respuesta afirmativa, podría describirla.

Si () Indicar: _____

No ()

9. ¿Podría reconocer limitaciones en la gestión que actualmente se realiza a los residuos orgánicos y brindar recomendaciones para mejorar este manejo?

¡Muchas gracias!

Anexo 3: Protocolo evaluación de parámetros del Compost.



PROTOCOLO PARA MUESTREO INSITU DE PARÁMETROS DE COMPOST

Identificación de Pila: _____

Fecha	Temperatura			Valores alerta	Encargado
	Sección inicial	Sección media	Sección final		

Fecha	pH			Valores alerta	Encargado
	Sección inicial	Sección media	Sección final		

Fecha	Humedad (Prueba de puño)			Valores alerta	Encargado
	Sección inicial	Sección media	Sección final		

Fecha	Volteo			Valores alerta	Encargado
	Sección inicial	Sección media	Sección final		

PROTOCOLO PARA MUESTREO INSITU DE PARÁMETROS DE COMPOST

Fecha	Olor del compost			Valores alerta	Encargado
	Sección inicial	Sección media	Sección final		

Evaluación del olor del compost 1

Suave									Fuerte
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Evaluación del olor del compost 2

Tolerable								No tolerable	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

El valor a colocar en la casilla de las secciones del olor del compost, será el resultado de la siguiente fórmula:

$$\frac{(Evaluación\ del\ olor\ del\ compost\ 1 + Evaluación\ del\ olor\ del\ compost\ 2)}{2}$$

En caso de tener resultados con valores superior al 7, debe comunicarse al encargado.

Fecha	Estructura del compost			Encargado
	Sección inicial	Sección media	Sección final	

PROTOCOLO PARA MUESTREO INSITU DE PARÁMETROS DE COMPOST

Evaluación de estructura 1

Fibroso								No fibroso	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Evaluación de estructura 2

Se identifican elementos								No se identifican elementos	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

El valor a colocar en la casilla de las secciones de estructura, será el resultado de la siguiente fórmula:

$$\frac{(Evaluación\ de\ estructura\ 1 + Evaluación\ de\ estructura\ 2)}{2}$$

Fecha	Evaluación de madurez			Valor alerta	Encargado
	Sección inicial	Sección media	Sección final		

El valor a colocar en la casilla de las secciones de evaluación de la madurez, será el resultado de una evaluación cualitativa, para ello se buscará un trozo de madera pequeño y de acuerdo con el estado de la misma, según se detalla a continuación, se establecerá si es joven, principio de maduración o maduro. Se define como valor alerta que en la pila no coincidan las tres secciones:

Compost joven: Madera todavía dura y difícil de romper, al quebrarse tiene un color blanco a claro, y no hay evidencia de que haya comenzado la degradación

Compost al principio de la fase de maduración: La madera está ligeramente tierna y es más fácil romperla que en el estado joven. Se muestra oscura en sus capas externas.

Compost maduro: La madera es muy fácil de romper, se encuentra muy degradada.

Anexo 4: Control de Inventario



CONTROL DE INVENTARIO DE COMPOST

Identificación de Pila: _____

Fecha de ingreso de pila a la zona de compostaje: _____

Fecha de finalización del proceso de composte: _____

Cantidad de meses en proceso: _____

Control de peso de compost				
Peso inicial (entrada al proceso de compost)	al de	Peso final (producto colado)	Porcentaje de aprovechamiento	Observaciones

El porcentaje de aprovechamiento, permite conocer el valor exacto de aprovechamiento del material, con este dato la Municipalidad podrá indicar la cantidad de compost que se genera por cada tonelada de residuo orgánico procesado, se obtiene del resultado de la siguiente fórmula:

$$\frac{(\text{Peso final} * 100)}{\text{Peso inicial}}$$

Control de sacos de compostaje	
Sacos ingresados a la zona de almacenamiento	Observaciones

La cantidad de sacos de compostaje, está dado por la siguiente fórmula (datos deben reportarse en kilogramos):

$$\frac{\text{Peso final}}{25}$$

Inventario		
Cantidad de sacos en almacenamiento	Cantidad de sacos entregados	Nuevo valor de inventario

La cantidad de sacos en almacenamiento anterior, es inicialmente la cantidad de sacos totales del proceso de colado del compost, a este dato se le deducen la cantidad de sacos ingresados y el valor de esta operación, sería el que se coloque en la línea siguiente en la casilla de "cantidad de sacos en almacenamiento"

Anexo 5: Infografía del proceso de compostaje

