

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COSTA RICA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y EL MAR  
ESCUELA DE CIENCIAS AMBIENTALES  
CARRERA DE INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL

PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL GRADO DE  
LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL

“PROPUESTA PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS  
DOMICILIARIOS DEL CANTÓN DE MATINA, CON ÉNFASIS EN RESIDUOS  
ORGÁNICOS. LIMÓN, COSTA RICA, 2020-2021”

RAQUEL CALVO BADILLA

VIVIAN SEQUEIRA PERAZA

Heredia, Costa Rica

Noviembre, 2022

Trabajo de graduación aprobado por el Tribunal Examinador de la Escuela de Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería en Gestión Ambiental.

## MIEMBROS DEL TRIBUNAL EXAMINADOR

---

Dra. Grace Wong Reyes  
Decana de la Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar.

---

MSc. Diana Mora Campos,  
Representante de la dirección de la  
Escuela de Ciencias Ambientales

---

Tutora  
Berna van Wendel de Joode, PhD  
Coordinadora del Programa Infantes y Salud Ambiental

---

Lectora 1  
Ing. Katherine Alfaro Muñoz.  
Gestora Ambiental Municipal

---

NSP  
Lector 2  
Ing. Igor Zúñiga Garita. MAP

---

Ing. Raquel Calvo Badilla  
Postulante

---

Ing. Vivian Sequeira Peraza  
Postulante

## **RESUMEN**

La contaminación por residuos sólidos es una temática medioambiental relevante para ciudades y comunidades sostenibles, las cuales buscan acciones con el objetivo de erradicar focos de contaminación en ríos y suelos, así como disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero causantes de la reducción de la capa de ozono. Sin embargo, los impactos también son visualizados en la salud pública de la población, lo que involucra el accionar de diferentes instituciones públicas para salvaguardar el bienestar de las personas.

Desde la Municipalidad de Matina, se trabajó con crear alternativas para mejorar la gestión integral de residuos sólidos (GIRS), ya que presentaba carencias y oportunidades de mejora. El presente proyecto apoyó la iniciativa, brindando herramientas, mecanismos y recursos para impulsar la correcta gestión de los residuos sólidos del cantón, con énfasis en el tratamiento de los residuos orgánicos.

El trabajo de investigación fue realizado en cuatro fases. La primera constó de la elaboración de un diagnóstico que permitía analizar el panorama general de la GIRS en el cantón. En segundo lugar, se tomó como referencia lo identificado en el punto anterior para confeccionar al Plan Municipal para la Gestión Integral de Residuos Sólidos de Matina 2021-2026. En fase tres, se implementaron tres técnicas de compostaje para su réplica en hogares de la comunidad y con esto, elaborar una propuesta para el tratamiento de residuos orgánicos. Por último, se realizaron tres talleres de sensibilización en los distritos, exponiendo la información ya recopilada en la propuesta.

Como principales resultados, se obtuvo la confección del Plan Municipal para la Gestión Integral de Residuos Sólidos de Matina 2021-2026, robusto, preciso y acorde a las necesidades del cantón. Asimismo, se comprobó que las técnicas de Takakura y Cama de Volteo con Microorganismos de Montaña (MM) fueron las más viables económica, ambiental y técnicamente para aplicarlas en Matina.

## **AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo final de graduación fue realizado dentro del contexto del Programa Infantes y Salud Ambiental del Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas (ISA-IRET), código SIA 0346-18, parcialmente financiado por la donación R24 ES028526 del Instituto Nacional de Ciencias de la Salud Ambiental, Estados Unidos (NIEHS, por sus siglas en inglés).

Agradecemos a nuestra tutora Berna, por ser pilar fundamental a lo largo de todo el proceso; brindarnos acompañamiento, retroalimentación y lo más importante: por el voto de confianza en el desarrollo de este proyecto.

Al gestor ambiental Adrián Arguedas, quien mostró su total disposición al apoyarnos logísticamente y facilitarnos la información requerida en el trabajo. Además, por el vínculo de amistad generado con él y los miembros del servicio de recolección de la Municipalidad.

A las familias participantes de la prueba piloto de compostaje, quienes nos abrieron las puertas de sus hogares, mostraron compromiso a lo largo del proceso y que hasta desayuno nos tenían preparado cuando llegábamos.

Al Ing. Allan Chavarría, por su acompañamiento y asesoría en el tema de abonos orgánicos.

A los compañeros del Programa ISA y del IRET, en especial a Luis Diego Palomo y Reichel Rodríguez, quienes nos apoyaron a nivel logístico y en la retroalimentación de los productos generados.

## DEDICATORIA

### **Por parte de Raquel:**

A mi mamá, la mujer que me ha enseñado lo que ninguna universidad podrá. Esa mujer que siempre ha tenido una velita encendida en todos los momentos cruciales de mi vida para mostrarme su apoyo incondicional. Esa mujer que me ha inspirado a nunca darme por vencida en ninguna circunstancia, a siempre soñar y trabajar por alcanzar mis metas. Soy muy afortunada. ¡Te amo!

A mi papá, ese hombre que hacía cometas en vez de comprarlas, que quitó y puso una llanta solo para enseñar cómo se hacía, que tiene fe en mí, inclusive a veces más que yo misma. Aquel que cuando se está junto a él, el tiempo deja de importar. Ese hombre que, aunque no está en su forma física para presenciar este momento, está presente energéticamente en mi corazón y mi alma. Fue, es y será parte fundamental de mi vida y agradezco el haber coincidido una vez más con él.

A mis hermanos de vida: Sebas, Mari, Ce y Berny. Agradezco el haberles conocido y juntos haber vivido, aprendido, crecido y evolucionado en diversas etapas a lo largo de estos años. Con cada uno he tenido el placer de formar un vínculo único y gracias a estos seres he conocido lo que es el amor incondicional. Infinito agradecimiento a su existencia. ¡Les amo! A María Chaves, quien me ha enseñado muchísimo dentro y fuera de las aulas. Su amor por la madre tierra, su energía y pasión contagia el alma de quien la conozca. A la Vivis, que conforme avanzaba al proyecto, asimismo, se iba tejiendo un vínculo de amistad del cual agradezco enormemente. La mejor compañera de tesis que alguien pudiese elegir.

En fin, gracias a todas las personas que, de una u otra forma, han sembrado en mí una semilla, me han inspirado cada día a ser mi mejor versión y con quienes formé lazos que llevaré conmigo siempre. ¡Gracias por ser!

### **Por parte de Vivian:**

Dedico esta tesis en primer lugar a mi mamá, que con mucho esfuerzo luchó siempre por darme la mejor educación; ella me ha enseñado la perseverancia y dedicación que se requiere para cumplir sueños. Gracias por el apoyo incondicional, por la comida para llevar a la U, por recogerme las noches que salía tarde de clases, pero, sobre todo, por estar presente y nunca dejarme sola.

Agradezco a mi papá, que con mucho esfuerzo me apoyó en mis estudios. A mi hermano y hermanas, los cuales estuvieron pendientes de lo que necesitara y desearon que pudiera cumplir esta gran meta. A mi abuelita, que es la muestra máxima de amor y fe, la que siempre encendió una velita para orar por mis exámenes, presentaciones y proyectos. A Tebi que fue chofer designado por muchos años y compañero de desahogo, gracias por quererme como un hermano y apoyarme en todas mis locuras.

También dedico esta tesis a mis compañeros de U que fueron mi gran apoyo, seres humanos que llenaron mis días de alegrías; gracias por darme tantas experiencias vividas. A mi amix Raque, quien llegó en el momento indicado para ser el equipo tan grandioso que somos; has sido un ser de luz que vino a enseñarme muchas cosas. A mi querida amiga Dani que nunca me ha abandonado, la que me ha impulsado y apoyado a pesar de los obstáculos de la vida, la que siempre me hizo reír y me tomó de la mano para no caer.

Gracias infinitas por estar en mi vida y ayudarme a crecer.

## Índice de contenidos

1. CAPÍTULO INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Problema de investigación	4
1.3 Justificación	6
1.4 Objetivos	7
1.4.1 Objetivo general	7
1.4.2 Objetivos específicos	7
2. CAPÍTULO MARCO TEÓRICO	8
2.1 Generalidades de los residuos y sus impactos	8
2.2 Gestión integral de residuos	10
2.3 Legislación ambiental	13
2.4 Planes municipales para la gestión integral de residuos sólidos	15
2.4.1 Ejes principales de los planes municipales para la GIRS	16
2.4.2 Recolección de residuos municipales	17
2.4.3 Evaluación de ruta de recolección	18
2.4.4 Ecuaciones e indicadores de recolección	20
2.4.5 Métodos de recolección	21
2.5 Tratamiento de residuos municipales	22
2.5.1 Tratamientos convencionales	22
2.5.2 Residuos valorizables	24
2.5.3 Residuos orgánicos y su tratamiento	25
2.5.4 Técnicas de compostaje	27
3. MARCO METODOLÓGICO	33
3.1 Enfoque de la investigación	33
3.2 Diseño metodológico	34
3.3 Alcance de la investigación	34
3.4 Descripción del sitio de estudio	34
3.5 Proceso metodológico	35

<b>3.5.1 Fase 1: Evaluación de la gestión de residuos.</b>	35
<b>3.5.2 Fase 2: Actualización del Plan Municipal de GIRS</b>	40
<b>3.5.3 Fase 3. Propuesta para manejo de residuos orgánicos</b>	41
3.5.3.1 Recolección y análisis de la información	44
3.5.3.2 Elaboración de la Propuesta para el tratamiento de residuos orgánicos en hogares de Matina	45
<b>3.5.4 Fase 4. Campaña de sensibilización sobre el tratamiento de residuos sólidos</b>	45
<b>4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>47</b>
<b>4.1 FASE I. Evaluación de la gestión de residuos</b>	<b>47</b>
<b>4.1.1 Contexto de Matina</b>	48
<b>4.1.2 Evaluación del plan</b>	50
<b>4.1.3 Sitios de disposición final</b>	53
<b>4.1.4 Cobertura del servicio</b>	55
<b>4.1.5 Calidad del servicio</b>	57
<b>4.1.6 Evaluación de las rutas de recolección</b>	61
4.1.6.1 Descripción de las rutas	61
4.1.6.2 Indicadores de las rutas	69
4.1.6.3 Análisis de las rutas	70
4.1.6.4 Disposición final	71
4.1.6.5 Aprovechamiento de los residuos orgánicos	72
<b>4.2 FASE II. Actualización del Plan Municipal GIRS</b>	<b>73</b>
<b>4.2.1 Metodología del Plan</b>	74
<b>4.2.2 Lineamientos estratégicos</b>	74
4.2.2.1 Conformación del Comité	75
4.2.2.2 Plan de Acción	76
4.2.2.3 Plan de Monitoreo y Control	76
<b>4.3 FASE III. Propuesta para el tratamiento de residuos orgánicos</b>	<b>78</b>
<b>4.3.1 Experiencia en los hogares</b>	78
<b>4.3.2 Medición en campo</b>	81
4.3.2.1 pH	81
4.3.2.2 Humedad	81
4.3.2.3 Temperatura	83
<b>4.3.3 Calidad del abono</b>	84

4.3.3.1 Relación C/N	85
4.3.3.2 Humedad	86
4.3.3.3 Conductividad eléctrica (CE)	86
4.3.3.4 pH	87
4.3.3.5 Materia orgánica (% MO)	87
4.3.3.6 Carbono (%)	88
4.3.3.7 Macronutrientes	88
4.3.3.8 Micronutrientes	90
4.3.3.9 Abono comercial (AC)	93
<b>4.3.4 Viabilidad técnica</b>	<b>94</b>
<b>4.3.5 Viabilidad económica</b>	<b>94</b>
<b>4.3.6 Propuesta de tratamiento de residuos orgánicos</b>	<b>97</b>
<b>4.4 FASE IV. Campaña de sensibilización</b>	<b>99</b>
4.4.1 Matina	99
4.4.2 Batán	100
4.4.3 Carrandí	101
<b>5. Conclusiones y recomendaciones</b>	<b>105</b>
5.1 Conclusiones	105
5.2 Recomendaciones	106
5.2.1. Recomendaciones dirigidas a la Municipalidad de Matina	106
5.2.2. Recomendaciones dirigidas a la academia	106
6. Referencias	104
7. Anexos	111

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Jerarquía en el manejo de los residuos .....	12
<b>Figura 2.</b> Categorías de residuos según Norma INTE 12-01-08 2011.....	24
<b>Figura 3.</b> Categorías de residuos especiales según Norma INTE 12-01-08 2011 .....	25
<b>Figura 4.</b> Ejemplos de sistemas abiertos para el mantenimiento del compostaje .....	28
<b>Figura 5.</b> Disposición vertical o continua .....	29
<b>Figura 6.</b> Disposición horizontal o discontinua .....	29
<b>Figura 7.</b> Ubicación territorial Limón-Matina .....	35
<b>Figura 8.</b> Aplicación de los talleres de capacitación.....	47

<b>Figura 9.</b> Edad de personas entrevistadas por distrito. ....	48
<b>Figura 10.</b> Cantidad de comercios por distrito.....	49
<b>Figura 12.</b> Participantes del Programa de reciclaje del cantón .....	50
<b>Figura 12.</b> Predominancia de residuos que se generan en comercios .....	50
<b>Figura 13.</b> Disposición de residuos en Cuba Creek, Carrandí.....	53
<b>Figura 14.</b> Generación de puños de residuos en Sucursal CCSS, Bataan.....	53
<b>Figura 15.</b> Acciones de las personas cuando el camión no pasa.....	54
<b>Figura 16.</b> Lugar donde colocan los residuos antes de su recolección en viviendas .....	55
<b>Figura 17.</b> Frecuencia de recolección de residuos sólidos en viviendas y comercios .....	56
<b>Figura 18.</b> Hora de recolección de residuos sólidos en viviendas y comercios.....	56
<b>Figura 19.</b> Momento cuando se sacan los residuos en viviendas y comercios .....	57
<b>Figura 20.</b> Opinión sobre la cantidad de veces que pasa el camión y la comunicación sobre cambios o suspensiones .....	58
<b>Figura 21.</b> Evidencia de los buenos cambios según comercios y viviendas.....	58
<b>Figura 22.</b> Percepción del servicio de recolección según comercios y viviendas .....	60
<b>Figura 23.</b> Recorrido de la ruta 1 asignada al lunes.....	65
<b>Figura 24.</b> Recorrido de la ruta 2 asignada al jueves (parte 1) .....	67
<b>Figura 25.</b> Recorrido de la ruta 2 durante el jueves (restante).....	68
<b>Figura 26.</b> Disposición de cáscaras de frutas y sobros de comida según comercios y viviendas	72
<b>Figura 27.</b> Respuestas de viviendas y comercios sobre el abono orgánico .....	73
<b>Figura 28.</b> Medición de pH durante el proceso de compostaje.....	81
<b>Figura 29.</b> Porcentaje del estado de humedad durante todo el proceso de compostaje .....	82
<b>Figura 30.</b> Temperatura durante el proceso de compostaje. ....	83
<b>Figura 31.</b> Conductividad eléctrica (CE) de los abonos obtenidos.....	87
<b>Figura 32.</b> Portada de la Propuesta para el tratamiento de residuos orgánicos.....	98
<b>Figura 33.</b> Guías de compostaje Takakura y MM. ....	98
<b>Figura 34.</b> Taller de sensibilización en el distrito de Matina.....	99
<b>Figura 35.</b> Presentación del taller de sensibilización en Matina.....	100
<b>Figura 36.</b> Taller de sensibilización en el distrito de Batán.....	100
<b>Figura 37.</b> Taller de sensibilización en Carrandí. ....	101
<b>Figura 38.</b> Charla en el distrito de Carrandí.....	101
<b>Figura 39.</b> Brochures de guías para compostaje .....	103
<b>Figura 40.</b> Material divulgativo para niños relacionado al compostaje.....	104
<b>Figura 41.</b> Fotografías del proceso de abono enviadas por participantes del taller .....	104

## Índice de cuadros

<b>Cuadro 1.</b> Aspectos de la gestión integral y sostenible de los residuos.....	16
<b>Cuadro 2.</b> Tecnologías para el tratamiento de los residuos sólidos.....	23

<b>Cuadro 3.</b> Factores fisicoquímicos que se deben monitorear a lo largo del proceso de compostaje .....	26
<b>Cuadro 4.</b> Ventajas y desventajas de las técnicas .....	32
<b>Cuadro 5.</b> Tamaño de muestra para aplicación de encuestas en viviendas .....	37
<b>Cuadro 6.</b> Tamaño de muestra para aplicación de encuestas en comercios .....	38
<b>Cuadro 7.</b> Indicadores de rutas de recolección .....	39
<b>Cuadro 8.</b> Descripción de los códigos para cada técnica empleada a nivel familiar .....	42
<b>Cuadro 9.</b> Consideraciones para las técnicas de tratamiento de residuos orgánicos .....	42
<b>Cuadro 10.</b> Instrumentos empleados para la medición de parámetros .....	44
<b>Cuadro 11.</b> Nivel de cumplimiento del Plan GIRS 2014-2018 .....	51
<b>Cuadro 12.</b> Ejemplo de actividades no logradas.....	51
<b>Cuadro 13.</b> Respuestas Eje Temático 5 .....	60
<b>Cuadro 14.</b> Organización de las rutas de recolección.....	62
<b>Cuadro 15.</b> Características técnicas de los camiones .....	63
<b>Cuadro 16.</b> Características de la ruta durante la semana de evaluación .....	64
<b>Cuadro 17.</b> Características de la ruta durante la semana de evaluación .....	66
<b>Cuadro 18.</b> Indicadores de las rutas.....	69
<b>Cuadro 19.</b> Indicadores de consumo de combustible, tonelaje y costos asociados .....	70
<b>Cuadro 20.</b> Esquema metodológico del Plan.....	74
<b>Cuadro 21.</b> Miembros del Comité del Plan GIRS 2021-2026.....	75
<b>Cuadro 22.</b> Guía de seguimiento para el cumplimiento de tareas. ....	76
<b>Cuadro 23.</b> Guía de seguimiento para el cumplimiento del presupuesto. ....	77
<b>Cuadro 24.</b> Esquema del Plan de Monitoreo y Control.....	77
<b>Cuadro 25.</b> Características de los residuos orgánicos añadidos a las pruebas piloto. ....	79
<b>Cuadro 26.</b> Resultado del análisis químico según parámetros prioritarios.....	84
<b>Cuadro 27.</b> Resultado del análisis químico completo de macro y micronutrientes.....	88
<b>Cuadro 28.</b> Determinación de viabilidad técnica de las pruebas aplicadas .....	94
<b>Cuadro 29.</b> Variables económicas de las pruebas realizadas.....	95
<b>Cuadro 30.</b> Presupuesto de las tres técnicas aplicadas .....	95

## Índice de ecuaciones

<b>Ecuación 1.</b> Determinación de la Carga útil máxima	20
<b>Ecuación 2.</b> Distancia total	20
<b>Ecuación 3.</b> Número de vehículos recolectores necesarios.	131
<b>Ecuación 4.</b> Tamaño de cuadrilla ideal.	132

## Índice de anexos

<b>Anexos 1.</b> Toneladas métricas generadas en el cantón desde el año 2016 al 2019.	111
<b>Anexos 2.</b> Composición de los residuos sólidos domiciliarios.	112
<b>Anexos 3.</b> Lineamientos estratégicos del Plan Municipal para la Gestión Integrada de Residuos Sólidos 2021 -2026	112
<b>Anexos 4.</b> Ecuación 3 - Número de vehículos recolectores necesarios.	131
<b>Anexos 5.</b> Ecuación 4 - Tamaño de cuadrilla ideal.	132
<b>Anexos 6.</b> Lista de verificación del Plan Municipal de GIRS.	132
<b>Anexos 7.</b> Agenda del grupo focal para evaluación del sistema de gestión de residuos.	143
<b>Anexos 8.</b> Encuesta destinada a comunidad del cantón de Matina	146
<b>Anexos 9</b> Encuesta destinada a comercios del cantón.	153
<b>Anexos 10</b> Comercios seleccionados aleatoriamente.	161
<b>Anexos 11</b> Herramienta para aplicar durante el recorrido a colaboradores del servicio de recolección.	165
<b>Anexos 12</b> Modificación en la boleta de choferes encargados de las rutas de recolección.	167
<b>Anexos 13.</b> Cuestionario del taller de capacitación.	169
<b>Anexos 14.</b> Recorrido de la ruta 1 asignada al día martes	171
<b>Anexos 15.</b> Recorrido de la ruta 1 asignada al día miércoles (parte 1).	172
<b>Anexos 16.</b> Recorrido de la ruta 1 asignada al día miércoles (parte 2).	173
<b>Anexos 17.</b> Recorrido de la ruta 1 asignada al día jueves	174
<b>Anexos 18.</b> Recorrido de la ruta 1 asignada al día viernes	175
<b>Anexos 19.</b> Recorrido de la ruta 2 asignada al día lunes (parte 1).	177
<b>Anexos 20.</b> Recorrido de la ruta 2 asignada al día lunes (parte 2)	178
<b>Anexos 21.</b> Recorrido de la ruta 2 asignada al día martes (parte 1).	179
<b>Anexos 22.</b> Recorrido de la ruta 2 asignada al día martes (parte 2).	180
<b>Anexos 23.</b> Recorrido de la ruta 2 asignada al día miércoles.	182
<b>Anexos 24.</b> Recorrido teórico asignado al día viernes para la ruta 2.	183
<b>Anexos 25.</b> Propuesta para el tratamiento de residuos orgánicos	186

## GLOSARIO

**Aerobio:** en presencia de oxígeno.

**Anaerobio:** sin presencia de oxígeno.

**Calidad:** conjunto de propiedades inherentes a un objeto que permite caracterizarlo y valorarlo con respecto a los restantes de su especie.

**Gases efecto invernadero:** componente gaseoso de la atmósfera, natural o antropógeno, que absorbe y emite radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación terrestre emitida por la superficie de la Tierra, por la propia atmósfera y por las nubes. Esta propiedad ocasiona el efecto invernadero. El vapor de agua (H<sub>2</sub>O), el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), el metano (CH<sub>4</sub>) y el ozono (O<sub>3</sub>) son los gases de efecto invernadero primarios de la atmósfera terrestre.

**Gestión integral de residuos:** conjunto articulado e interrelacionado de acciones regulatorias, operativas, financieras, administrativas, educativas, de planificación, monitoreo y evaluación para el manejo de los residuos, desde su generación hasta la disposición final.

**Gestor:** persona física o jurídica, pública o privada, encargada de la gestión total o parcial de los residuos, y autorizada conforme a lo establecido en esta ley o sus reglamentos.

**Lixiviado:** es el líquido residual generado por la descomposición biológica de la parte orgánica o biodegradable de los residuos sólidos bajo condiciones aeróbicas o anaeróbicas o como resultado de la percolación de agua a través de los residuos en proceso de degradación.

**Microorganismos eficientes (EM):** gran diversidad microbiana como bacterias ácido-lácticas, bacterias fotosintéticas, levaduras, actinomicetos y hongos filamentosos con capacidad fermentativa.

**pH:** coeficiente que indica el grado de acidez o basicidad de una sustancia. Indica la concentración de iones hidronio.

**Reciclaje:** transformación de los residuos por medio de distintos procesos de valorización que permiten restituir su valor económico y energético, evitando así su disposición final,

siempre y cuando esta restitución implique un ahorro de energía y materias primas sin perjuicio para la salud y el ambiente.

**Residuos ordinarios:** residuos de carácter doméstico generados en viviendas y en cualquier otra fuente, que presentan composiciones similares a los de las viviendas. Se excluyen los residuos de manejo especial o peligroso, regulados en esta Ley y en su Reglamento.

**Valorización:** conjunto de acciones asociadas, cuyo objetivo es recuperar el valor de los residuos para los procesos productivos, la protección de la salud y el ambiente.

# 1. CAPÍTULO INTRODUCCIÓN

## 1.1 Antecedentes

Los residuos sólidos son un tema de suma relevancia actualmente con repercusiones a nivel mundial. Todo ser humano al realizar sus actividades genera residuos y las ciudades del mundo en conjunto, generan hasta 27 397 260 de toneladas de residuos por día y debido a la gestión inadecuada de los mismos, se ha propiciado la contaminación del medio ambiente, amenaza a la salud de las personas y la biodiversidad (ONU, 2019). Adicionalmente, conforme crece la población humana, aumenta la cantidad de residuos generados. Ejemplo de lo anterior es el caso de Bangkok, ciudad que registra 5 696 409 habitantes con un incremento de 193 t/ d de residuos municipales generados en un periodo de cuatro años donde solo el 12% del total fueron aprovechados para compostaje (Pharino, 2017). Por otro lado, en el caso de México, Jiménez (2015) afirma que para el 2012 se registraron 115 068,5 toneladas de residuos sólidos diarios, lo que equivale a un aumento del 15% en comparación con el año 2000 (...) identificándose un 52,4% como residuos orgánicos (p.32-34). Adicional al estudio, se determinó que los residuos orgánicos suelen generarse más en las localidades relativamente pequeñas con 30-40 mil habitantes y que los residuos aprovechables se originan con mayor proporción en localidades mayores a los 50 mil habitantes (Jiménez, 2015). Ambos casos evidencian las dificultades existentes en el aprovechamiento y gestión sustentable de los residuos, ya que se siguen recolectando de forma mixta para disposición final.

A nivel nacional, se registraron 3 982 t/d de residuos generados en el 2019, donde 3132 t/d se disponen en rellenos sanitarios o vertederos semicontrolados y del resto (850 t/d) se desconoce su disposición final. Este último escenario es recurrente en comunidades que carecen de servicio de recolección, llevándolos a realizar prácticas ilegales como quemas de residuos, depósitos en lotes baldíos o en cuerpos de agua. Para el 2011, más de 190 000 viviendas aplicaban algunas de las prácticas mencionadas anteriormente (Contraloría General de la República, 2016, p.2). Tras este panorama, se cuenta con iniciativas a nivel público, como la Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos 2010-2021,

Plan de Residuos Sólidos Costa Rica, Ley 8839 para la Gestión Integral de Residuos y la Estrategia Nacional de Separación, Recuperación y Valorización de Residuos (ENSRVR), con el fin de abordar la situación del país en este tema.

En Costa Rica, el cumplimiento legal de la gestión de residuos recae, principalmente, en las municipalidades, según la Ley 8839; por lo tanto, se ha facilitado la articulación entre municipios y la academia para la realización de proyectos, estudios y tesis relacionadas a la temática en diversas zonas del país. Como ejemplo, Granados (2014) determinó que el índice de generación de residuos de la comunidad de Orosi es de **0,56** kg/habitantes/día y que los residuos biodegradables fueron los más significativos con un **31 %** del total de residuos generados en todo el distrito. Lo anterior coincide con resultados a nivel de la Municipalidad de Goicoechea (Granados, 2014) y a nivel nacional (Estado de la Nación, 2019), los cuales muestran que la cantidad promedio que se genera en el país de residuos orgánicos alcanza un **53 %**. Este panorama demuestra la necesidad de determinar una vía alterna de disposición y aprovechamiento de los residuos biodegradables.

Varias municipalidades han tomado iniciativas relacionadas con el tratamiento de residuos orgánicos, como el caso del proyecto piloto realizado en la Municipalidad de San Rafael de Heredia, donde se llevaron a cabo tres metodologías de compostaje como prueba: sin fermento, utilizando microorganismos EM y Takakura (Aguilar, 2015). Como resultado, se logró validar los tres tipos de metodologías como una tecnología limpia en la reducción del volumen de residuos orgánicos. Hasta la fecha, la Municipalidad cuenta con este plan piloto vigente y dada su viabilidad técnica, económica y ambiental, buscan ampliar su capacidad de gestión y aprovechamiento de esta categoría de residuo (Aguilar, 2015).

Sin embargo, otras regiones del país cuentan con realidades opuestas, lo que ha limitado el avance en la gestión de residuos, como en el cantón de Matina. Este registra una población de 37 721 habitantes y una cobertura de recolección del **63 %** de esta, por lo que se desconoce el tratamiento y disposición final del **37 %** de los residuos restantes (Instituto Nacional de Estadística y Censo, 2011). A raíz de esta situación, durante los talleres

realizados por parte del programa de Infantes y Salud Ambiental (ISA)<sup>1</sup>, miembros comunitarios han expresado la necesidad de mejorar la gestión de residuos, dado que la recolecta de desechos sólidos en muchos poblados es insuficiente, infrecuente o ausente, provocando impactos ambientales negativos y riesgos para la salud pública. Por ejemplo, resultados de una investigación del programa ISA demostraron que la exposición al humo por quema de residuos domésticos ha sido asociada con un mayor reporte de síntomas asmáticos en mujeres quienes residen en el cantón de Matina (Alhanti, Van Wendel, Soto, Mora, Córdoba, Reich, Lindh, Quirós y Hoppin, 2021).

A nivel organizacional, la Municipalidad de Matina ha realizado una serie de avances en el tema. Cuentan con un reglamento que busca como objetivo principal: “normar la gestión integral de los residuos sólidos en el cantón” (Reglamento para el Manejo Integral de Residuos Sólidos Municipalidad de Matina, 2017). De igual forma, también se cuenta con un Plan Municipal para la Gestión Integrada de Residuos Sólidos (PMGIRS) realizado en el año 2014, cuyos principales objetivos destacan: la necesidad de crear una Unidad de Gestión Ambiental en la Municipalidad; incrementar en un **10 %** la cantidad de materiales reciclables recuperados por año y el fomento de técnicas para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos. Cabe destacar que este insumo funcionará como base para determinar las oportunidades de mejora en el cantón y procurar generar un plan que contemple el anterior, así como las limitaciones de su aplicación.

Parte de los desafíos que tiene esta Municipalidad consisten en tomar medidas para el aumento en la cobertura del servicio de recolección y transporte. De acuerdo con el gestor ambiental de la institución, se cuenta con una ruta establecida de recolección de residuos ordinarios elaborada sin fundamento técnico y no contempla las comunidades del cantón en su totalidad; aunado a esto, la institución solo cuenta con tres camiones y uno de ellos se encuentra averiado permanentemente, por ello no pueden dar abasto con dicho servicio a lo largo de todo el cantón (A. Arguedas, comunicación personal, 9 de marzo del 2020).

---

<sup>1</sup> El programa forma parte del Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas (IRET) de la Universidad Nacional y nace tras la problemática asociada al uso indiscriminado de plaguicidas y la vinculación que tienen estos con la salud de las personas expuestas, específicamente, en las comunidades de Talamanca y Matina. Debido a esto, el programa se ha mantenido activo desde el año 2010 y parte de sus aportes ha sido la generación de información y divulgación de los hallazgos encontrados a los diferentes actores del cantón.

En cuanto a la información con la que cuenta la Municipalidad, se tienen registros de las toneladas métricas generadas en el cantón desde el 2016 hasta la actualidad, donde hay un promedio diario de **10,48 t/d.** (**Anexo 1**). La institución ya cuenta con un estudio de generación y composición de residuos realizado en el 2019 por la tesista Fabiola Sosa; la cual definió una tasa de generación de **0,39 kg/hab. día** correspondiente al estrato medio-bajo y **0,34 kg/hab. día** asociado al estrato alto. Además, se obtuvo que el **70 %** de los residuos generados en el cantón son de carácter orgánico (Sosa, 2020) (**Anexo 2**). De aquí radicó la importancia de prestar principal atención y abordaje oportuno a la gestión y aprovechamiento de esta categoría de residuo, con el fin de disminuir la carga enviada al relleno sanitario.

## **1.2 Problema de investigación**

El problema surge en la deficiente aplicación del PMGIRS por parte de la Municipalidad, lo cual provoca la disposición ilegal de los residuos sólidos en diversos sitios del cantón. Este problema se puede abordar bajo los siguientes enfoques.

A nivel ambiental, al realizarse actividades no reguladas e ilegales como la quema de residuos sólidos o la presencia de vertederos clandestinos, provoca repercusiones ambientales importantes asociadas a estos comportamientos. Dentro de estas está la emisión de gases efecto invernadero, debido a la generación de CH<sub>4</sub> no controlado en los vertederos a cielo abierto (ONU, 2018). Asimismo, la quema de residuos —dentro de estos los plásticos— generan gases tóxicos como dioxinas y furanos que se pueden dispersar por el aire. De la misma manera, los residuos dispuestos en botaderos clandestinos sin ningún tratamiento generan lixiviados que pueden infiltrar en el suelo y aumentar el riesgo de la contaminación de las aguas subterráneas. Además, la provincia de Limón se caracteriza por presentar una alta precipitación, con un promedio anual de 3471,0 mm, por lo que resulta común que el suelo se sature y provoque inundaciones. Como consecuencia, lo anterior genera escorrentía y los residuos sólidos dispuestos en lotes baldíos o en calles terminan en cuerpos de agua, provocando la contaminación de ecosistemas (IMN, 2018).

En el aspecto de salud pública, hay una grave problemática tras la combustión indiscriminada de los residuos, ya que de esta se pueden derivar afectaciones respiratorias. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), al menos un 90 % de las

muerres asociadas a la contaminación de aire se encuentran en países de ingreso medio-bajo; y dentro de las principales fuentes de contaminación antropogénica del aire, se encuentra la quema de residuos (OMS, 2016). A nivel cantonal, la quema de residuos es una práctica común, por esto debe afrontarse mediante la divulgación de información y aplicación de medidas para mejorar el servicio de recolección, particularmente porque la frecuente exposición al humo de quema se asoció con un aumento en el reporte de síntomas asmáticos en mujeres de este cantón (Alhantí et al., 2021).

A nivel económico, la Municipalidad cuenta con un presupuesto limitado, por lo tanto, al haber otras demandas necesarias a nivel cantonal, no se tiene la posibilidad de destinar gran cantidad del presupuesto para el abordaje de la gestión de residuos municipales. A raíz de esto, se destacan deficiencias a nivel operativo, como la ausencia de camiones suficientes para la recolección de residuos ordinarios, lo cual afecta la eficiencia del servicio y se traduce en pérdidas económicas. De acuerdo con el Informe de Perspectiva Mundial de la Gestión de Residuos del 2015, “en ciudades de bajo o medio ingreso per cápita, el costo derivado de un incorrecto manejo de residuos para la sociedad y la economía en su conjunto es de 5 a 10 veces lo que costaría implementar un adecuado manejo” (ONU, 2018, “¿Qué peligros representan los basurales a cielo abierto?”, párrafo 6). Lo anterior es acertado, y para el Estado implica mayor costo de inversión implementar medidas para erradicar la contaminación y recuperar el saneamiento ambiental de las ciudades, que invertir en tecnologías y métodos eficientes para la gestión integrada de residuos sólidos (GIRS).

Con respecto al ámbito legal, la Municipalidad es el ente encargado de velar por la GIRS. En este caso, al no brindar el servicio de recolección en todo el cantón, se encuentra incumpliendo con la Ley 8839. El artículo 8 indica que la institución tiene dentro de sus funciones: “Establecer y aplicar el plan municipal para la gestión integral de residuos en concordancia con la política y el Plan Nacional.”, “Garantizar que en su territorio se provea del servicio de recolección de residuos en forma selectiva, accesible, periódica y eficiente para todos los habitantes, así como de centros de recuperación de materiales, con especial énfasis en los de pequeña y mediana escala para la posterior valorización.” y “Prevenir y eliminar los vertederos en el cantón y el acopio no autorizado de residuos” (Ley N.º 8839, 2010).

De acuerdo con lo señalado anteriormente, el presente trabajo de investigación tuvo como propósito el desarrollo de una propuesta para la gestión integrada de residuos sólidos domiciliarios a lo largo de los distritos de Batán, Matina y Carrandí durante el período 2020-2021, brindando herramientas teórico-prácticas para su adecuado manejo.

### **1.3 Justificación**

Por medio de la Ley para la Gestión Integral de Residuos 8839 (2010), se define con exactitud que las responsabilidades de los municipios involucran el: “establecer y aplicar el PMGIRS en concordancia con la política y el Plan Nacional, y dictar los reglamentos en el cantón para la clasificación, recolección selectiva y disposición final de residuos” (“Funciones de las municipalidades”, párrafo 2). Sin embargo, las condiciones socioeconómicas, políticas y ambientales de un cantón influyen en la capacidad presupuestaria de los municipios de invertir y modernizar las técnicas de gestión de residuos.

El cantón de Matina ha presentado desafíos para lograr una gestión de residuos de forma integral, para lo cual, el gabinete municipal entrante 2020-2024 propuso iniciativas ante la necesidad de mejorar este sistema en el cantón. Tomando en consideración este panorama, este trabajo final de graduación se enfoca en mejorar diversas aristas de la problemática, donde se inicia con un diagnóstico de la gestión actual de los residuos sólidos para identificar oportunidades de mejora. Además, se trabaja en conjunto con los responsables de la Municipalidad de Matina en la actualización del PMGIRS 2021- 2026 (**Anexo 3**), contemplando nuevas rutas de recolección, para que toda la población, o en su mayoría, puedan contar con este servicio en un horario regulado; permitiendo que la cobertura de recolección aumente con la aplicación de las actividades definidas en el proyecto.

Por último, se promueve la aplicación de técnicas con énfasis en el tratamiento de residuos orgánicos a nivel domiciliario, ya que estos representan la mayor proporción del estudio de generación; lo anterior se realiza mediante el involucramiento de la participación ciudadana, con el fin de brindar una respuesta para la disminución de la carga de residuos sólidos municipales que se destinan al relleno sanitario, al mismo tiempo que se le brinda aprovechamiento al abono orgánico producido.

Con respecto a la viabilidad del proyecto, el recurso humano que colaboró en este se compone de los profesionales del programa ISA en conjunto con los miembros activos de la comunidad y empleados públicos de la Municipalidad, los cuales cuentan con la visión de abordar la situación del tratamiento de los residuos sólidos con mayor detalle. Dado las carencias de presupuesto y apoyo humano que el municipio presenta en la temática, resultó fundamental incorporar este proyecto al Programa ISA, el cual funcionó como trabajo de extensión universitaria sin fines de lucro y no tuvo costo alguno para la Municipalidad.

Cabe destacar que un tratamiento integral procura la búsqueda de alternativas para gestionar los residuos sólidos domiciliarios, tomando como última opción su disposición final. Por lo tanto, resultó necesario capacitar a las personas participantes sobre la separación de residuos valorizables y la gestión de los residuos orgánicos utilizando técnicas de compostaje para su aplicación en viviendas. Tomando en consideración dichos aspectos, el proyecto buscó las estrategias y soluciones más accesibles para potencializar la gestión integral de residuos del municipio, las cuales garantizaron una inversión en la salud pública a largo plazo y propiciaron la ideología de un cantón cero residuos.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

- Crear una propuesta para la gestión integral de residuos sólidos domiciliarios del cantón de Matina mediante la recolección de información y pruebas de campo, para la promoción de una disposición adecuada de residuos en el cantón.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Evaluar la gestión de residuos sólidos en el cantón de Matina por medio de la percepción de los usuarios del servicio y mediciones que permitan la valoración de la eficiencia de este sistema de gestión.
- Actualizar el Plan Municipal de Gestión Integral de Residuos Sólidos mediante el uso de datos cuantitativos y la valoración de la eficiencia del sistema actual, para que la

Municipalidad proceda con el trámite legal de su respectiva aprobación y futura ejecución.

- Generar una propuesta de tratamiento de residuos orgánicos a través de la evaluación de dos técnicas de compostaje y su viabilidad económica mediante la implementación en hogares y comercios de la comunidad, para la disminución del volumen de residuos sólidos enviados al relleno sanitario.
- Elaborar una campaña sobre el tratamiento de residuos orgánicos con apoyo de herramientas de la comunicación y de diversos actores sociales del municipio, para la contribución a la sensibilización ambiental de las comunidades.

## **2. CAPÍTULO MARCO TEÓRICO**

La gestión integral de los residuos sólidos ha tomado gran relevancia en la actualidad, dadas las condiciones ambientales y de salubridad que provocaría si no se tuviese aplicada de la forma correcta. Existen diversas normativas, teorías y técnicas de tratamiento que regulan y definen el camino hacia la eficiencia de esta gestión, por lo tanto, es de vital importancia contemplar la información relacionada a esta temática. A lo largo del presente apartado, se abarcan cinco temas: generalidades de los residuos y sus impactos; gestión integral de residuos; legislación ambiental; planes municipales para la gestión integral de residuos sólidos y tratamiento de residuos municipales.

### **2.1 Generalidades de los residuos y sus impactos**

En la cotidianidad, es común escuchar el concepto de basura en cuanto a residuos sólidos se refiere, sin embargo, es una concepción coloquial. Dentro de la temática de gestión de residuos, existen dos terminologías importantes por diferenciar para entender su conceptualización técnica. El término “desecho” es utilizado cuando se trata de un material que no posee ningún uso y que no será reciclado o recuperado; mientras que un “residuo” es aquel que no posee “ningún valor económico para el usuario, pero sí un valor comercial para su recuperación e incorporación al ciclo de vida de la materia” (Molina, J.A, 2018, p.15).

Teniendo en cuenta la información anterior, se deduce la necesidad de conocer más sobre las razones de peso que motivan a caracterizar la gestión de los residuos sólidos.

De forma general, cuando los residuos sólidos entran en contacto con el entorno, requieren de un tratamiento que permita disminuir al máximo posible su afectación al medio. Estos procesos presentan dificultades, dado que los residuos sólidos generados suelen ser heterogéneos y, como cada uno tiene propiedades fisicoquímicas distintas, al mezclarse se complica su gestión y su impacto al ambiente.

Dentro de los principales impactos ambientales se encuentra la generación de CH<sub>4</sub> (metano) que se emite a la atmósfera. El metano (CH<sub>4</sub>) es de los factores más relevantes que se deben controlar dentro de un relleno sanitario, ya que la liberación de este gas de efecto invernadero (GEI) ocasiona un aumento en la temperatura de la tierra acelerando las afectaciones asociadas al cambio climático. De acuerdo con el Inventario Nacional de Emisiones de GEI del año 2012, se obtuvo que, en Costa Rica, se liberan 70 200 t de CH<sub>4</sub> asociadas a los residuos sólidos enviados a rellenos sanitarios (IMN, 2015). Del mismo modo, solo el 78 % de los residuos se recolectan a nivel nacional, y de estos, el 68 % se envían al relleno sanitario; es decir, se tiene un descontrol total de las emisiones del 22 % de los residuos restantes, donde se sabe que el 10 % se quema, 5 % se dispone en lotes y el 10 % restante termina en cuerpos de agua (GIZ, 2019). Lo que se traduce en un desconocimiento de la emisión real de este gas y con ello, de las implicaciones climáticas asociadas.

En cuanto a la generación de lixiviados, estos se conocen como una mezcla líquida proveniente de los residuos que contiene desde la descomposición de la materia orgánica hasta restos de metales oxidados, desinfectantes y demás, por lo que siempre está presente cuando hay una acumulación de residuos. Por ello, los rellenos sanitarios cuentan con sistemas para capturarlos y darles tratamiento según se requiera, sin embargo, existen sitios donde no se aplican medidas de mitigación, propiciando su capacidad de infiltrarse y contaminar tanto el suelo como las aguas subterráneas. Ejemplo de ello es el estudio realizado en un vertedero de la Ciudad de Morelia, México, donde se detectó la infiltración de esta

sustancia que acabó contaminando el acuífero con metales pesados como cadmio, plomo, zinc, cromo, níquel y arsénico (Israde et al. 1999, citado en Bernache, G, 2012).

Dado que lo ambiental y lo social no se pueden concebir como dos grupos excluyentes entre sí, estos impactos ambientales pueden repercutir en la vida de las personas como consecuencia. Al contaminarse las aguas subterráneas con lixiviados, se compromete este recurso tan valioso para la vida, afectando el abastecimiento de agua potable de las comunidades y siendo un riesgo latente para la salud pública; o como es el caso específico de la quema de residuos, donde se contamina la calidad del aire y puede ocasionar enfermedades respiratorias, así como el aumento en el riesgo de padecer cardiopatías, accidentes cerebrovasculares y cáncer a lo largo del ciclo de vida (OMS, 2017). Por ello, la búsqueda de soluciones para gestionar y aprovechar al máximo los residuos generados es un tema de responsabilidad social y ambiental que compete a todos los actores de la sociedad.

## **2.2 Gestión integral de residuos**

La necesidad de mitigar los daños generados por el cambio climático ha llevado a que compromisos con el ambiente sean adquiridos a nivel internacional. En referencia a la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible, celebrada en Río de Janeiro en 2012, se crean los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), los cuales pretenden combatir aquellos desafíos relacionados al ambiente, la política y la economía (PNUD, 2020). De los 17 definidos por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), se destacan tres estrechamente relacionados a la gestión de residuos sólidos: *Ciudades y comunidades sostenibles*, *Acción por el clima* y *Alianzas para lograr los objetivos*.

En el Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2019, se explica el objetivo *Ciudades y comunidades sostenibles*, que recopila una serie de datos entre los años 2010 y 2018 confirmando la existencia de 2 mil millones de personas sin servicios de recolección de residuos y 3 mil millones de personas con la falta de acceso a instalaciones de eliminación controlada de desechos; asimismo, esta situación aumentaría si el crecimiento urbano también incrementa y si la orientación de la economía se dirige a favor de los consumidores (ONU, 2019).

De la misma manera, los resultados arrojados por el estudio del objetivo *Acción por el clima* demuestran que, para detener las amenazas climáticas presentadas actualmente, las emisiones mundiales de carbono (conocidas como emisiones de CO<sub>2</sub>) deben reducirse rápidamente en un 45 % para 2030 y deben continuar disminuyendo significativamente para alcanzar cero emisiones netas para 2050, destacándose la necesidad de involucrar el tratamiento y gestión de los residuos sólidos en las estrategias de descarbonización (ONU, 2019). Por esta razón, los ODS, en conjunto con el apartado *Alianzas para lograr objetivos*, establecen la obligación de crear estrategias y mecanismos para la cooperación en el cumplimiento de las métricas establecidas a nivel nacional e internacional con respecto a la disminución de emisiones GEI y, por consiguiente, atacar las fuentes de emisión más importantes.

Para el 2013, el Gobierno de Costa Rica crea la Ley para la Gestión Integral de Residuos (GIR), la cual define la gestión integral de residuos como: “conjunto articulado e interrelacionado de acciones regulatorias, operativas, financieras, administrativas, educativas, de planificación, monitoreo y evaluación para el manejo de los residuos, desde su generación hasta la disposición final” (Ministerio de Salud, 2016a, p.15). Su creación demanda la responsabilidad de las municipalidades en la operación del sistema de gestión integral de residuos, cambiando el paradigma de la disposición final de los residuos en rellenos sanitarios. Esto quiere decir que la generación de residuos debe ser prevenida con prioridad en la fuente, “con el fin de obtener una materia prima de mayor calidad para los diferentes sistemas productivos del país” (Ministerio de Salud, 2016a, p.16).

Dentro de la Ley GIR, se establece un orden jerárquico fundamental a seguir con el objetivo de priorizar las medidas preventivas para el tratamiento adecuado de los residuos generados (Figura 1). La dinámica de la jerarquía es evitar la adquisición del residuo en un primer lugar; si lo anterior no es posible, se considera la aplicación de las 3R (reciclar, reducir y reutilizar) u otro tratamiento que permita la inclusión del residuo a la cadena de producción o consumo y, por último, se considera la disposición final de un material, ya sea por medio de incineración o vertido al relleno sanitario.

Complementando esta ley, el Ministerio de Salud publicó la Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos 2010-2021, definiendo una metodología para la creación de indicadores que permitan “definir y priorizar los instrumentos y actividades que en materia de la gestión de los residuos se debe materializar” (Ministerio de Salud, 2011, p. 12). Resulta importante destacar que esta normativa se encuentra estrechamente relacionada y precedida por el Plan de Residuos Sólidos Costa Rica (PRESOL), creado en el 2008 con la intención de tomar acciones a nivel local para solucionar el deficiente manejo y gestión de los residuos que se estaba reflejando en el país.



**Figura 1.** Jerarquía en el manejo de los residuos

Fuente: Centro Nacional de Producción Más Limpia (2007).

Años más tarde, el Gobierno actualiza la documentación anterior con el Plan Nacional para la Gestión Integral de Residuos 2016-2021, brindando un marco metodológico más claro, que pudiera orientar y acoplar las acciones gubernamentales con la temática. Tiene el objetivo principal de “fortalecer la coordinación y la articulación de acciones estratégicas entre instituciones, sectores y ciudadanía para la Gestión Integral de Residuos, a fin de mejorar la calidad de vida de la población y su ambiente” (Ministerio de Salud, 2016a, p.20). Este mismo se encuentra fundamentado en la Ley 8839 Ley GIR y el Decreto Ejecutivo 37567-S-MINAET-H, Reglamento General a la Ley para la Gestión Integral de Residuos, las cuales buscan una visión participativa para la ejecución de las actividades estratégicas definidas en la legislación del país.

A raíz de la ejecución de los diferentes planes para el tratamiento de los residuos, se ejecuta la ENSRVR, la cual surge bajo el contexto de establecer responsabilidades en el ciclo de vida de los residuos y la adopción de procesos sostenibles tanto de producción como de consumo, con el fin de que exista un equilibrio. “Tiene como finalidad el desarrollo de una metodología y diseño inclusivo para aumentar en un 15 % el porcentaje de los residuos sólidos valorizables” (Ministerio de Salud, 2016b, p.18).

### **2.3 Legislación ambiental**

Costa Rica cuenta con planes y estrategias relacionadas a la gestión de residuos sólidos gracias a la ratificación de estas por medio de leyes del Estado. Las instituciones públicas han creado estos documentos legales con la finalidad de ser aplicados mediante colaboración de los gobiernos locales. En conformidad con lo anterior, el Ministerio de Salud actualiza la Ley General de la Salud 5395, donde menciona que la contaminación de aguas subterráneas, superficiales y marítimas por residuos líquidos, sólidos o gaseosos es una actividad ilegal, por lo tanto, la recolección y eliminación de residuos es competencia de las personas responsables dictadas por la Ley 8839 (Procuraduría General de la República, 2020).

Asimismo, la Asamblea Legislativa toma participación en la temática, aprobando la Ley para combatir la contaminación por plástico y proteger el ambiente. Esta busca prohibir la entrega y comercialización de productos como pajillas y bolsas de un solo uso, las cuales son de gran consumo en establecimientos comerciales y supermercados. Resulta una gran iniciativa con aplicación para todo el país, propiciando la disminución de plásticos no reciclables y la cantidad de residuos ordinarios que van a los rellenos sanitarios (Presidencia de la República, 2019a).

De igual importancia, se elaboró la Ley 9703 que: “prohíbe la importación al territorio nacional, la comercialización y la entrega de envases y recipientes de poliestireno expandido (estereofón) en cualquier establecimiento comercial” (Ministerio de Salud, 2020, párrafo 1). Pese a que su reglamento adscrito está en proceso de consulta pública, una vez que se apruebe, deberán contemplar las disposiciones del documento con el fin de generar los planes municipales para la GIRS.

Como se ha observado, controlar el ciclo de vida de los plásticos continúa siendo un reto para Costa Rica, donde las leyes y reglamentos emitidos pretenden inhibir su uso, sin embargo, es fundamental contar con un cambio de conciencia en los hábitos de consumo. Para contribuir a la disminución de emisiones por residuos sólidos, el Ministerio de Ambiente y Energía firmó la directriz SINAC-DE-944-2020 con la finalidad de evitar la entrada de plásticos de un solo uso en Áreas Silvestres Protegidas (ASP) del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), es decir, parques nacionales, reservas biológicas y monumentos nacionales. De esta forma, se impulsa la iniciativa de visitar sitios de recreación e investigación sin necesidad de generar impactos negativos en la zona a causa de residuos plásticos; acciones que pueden ser tomadas por otras instituciones públicas y privadas (La Gaceta, 2020).

Así como se establecen gestiones de forma interinstitucional, la legislación nacional indica que las municipalidades también deben velar por el cumplimiento de los siguientes reglamentos relacionados a la gestión de residuos sólidos:

- Reglamento sobre el manejo de residuos sólidos ordinarios (Decreto N.º 36093-S): enfocado en el: “almacenamiento, recolección, barrido y limpieza de vías y áreas públicas, transporte y transferencia, valorización, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos ordinarios” (PGR, 2010, “Ámbito de aplicación”, párrafo 1). El escrito incluye las responsabilidades de las municipalidades, las obligaciones de los usuarios y rubros necesarios para la clasificación correcta de los residuos desde su punto de recolección, con el fin de identificar si estos pueden obtener un tratamiento alternativo.
- Reglamento de Centros de Recuperación de Residuos Valorizables (Decreto N.º 41052-S): busca que los gobiernos locales y entidades privadas que decidan gestionar los residuos valorizables pongan en práctica todas las indicaciones del reglamento, empezando por un permiso de funcionamiento otorgado por el Ministerio de Salud. Además, especifica parámetros relevantes a la infraestructura del lugar y sobre la

administración de los residuos manipulados, los cuales deberán mantenerse controlados en todo momento de operación (PGR, 2018).

- Reglamento General para la Clasificación y Manejo de Residuos Peligrosos (N.º 37788-S-MINAE): este documento explica los procedimientos para determinar un residuo peligroso, así como gestionarlos desde su fuente de emisión. Cabe destacar que el Ministerio de Salud es el ente competente para la aplicación del reglamento, no obstante, las municipalidades deben conocer los mecanismos de comunicación y realizar denuncias ambientales cuando la salud de la población y sus territorios se encuentren expuestos a causa del mal manejo de los residuos peligrosos (PGR, 2014).

Es importante recalcar que el Ministerio de Salud ha diversificado una Guía de Contenido de los Planes Municipales de Gestión Integral de Residuos Sólidos en las distintas sedes regionales del país. La información fue emitida mediante una directriz de acatamiento obligatorio, donde se especifica los rubros obligatorios con los que deben contar los nuevos planes municipales de la sede regional adscrita.

#### **2.4 Planes municipales para la gestión integral de residuos sólidos**

Cuando se toma en consideración los residuos sólidos urbanos, estos comprenden en su mayoría residuos domiciliarios, es decir, aquellos que provienen de viviendas y que requieren de un sistema periódico de recolección para su tratamiento en los vertederos municipales. Este escenario también es característico en zonas predominantemente rurales, donde la dinámica de generación de residuos no difiere significativamente de las zonas urbanas (MARM, 2011). Asimismo, los residuos sólidos municipales (RSM) se definen como “el desecho, basura o residuo, (...) proveniente de servicios públicos, construcciones y establecimientos comerciales, así como de residuos industriales que no se deriven de sus procesos” (Comisión Económica para América Latina y el Caribe y Ministerio de Desarrollo Social y Familia, 2016, p.15).

Bajo el contexto de esta investigación, se consideran aquellos residuos sólidos municipales de origen domiciliario, tomando en cuenta que estos aumentan en relación con

el crecimiento de la población y “por ende del consumo (de alimentos, papel, materiales biodegradables e inorgánicos, plásticos, vidrios, productos comercializados, restos de comida y material vegetal) de cada habitante, lo que además provoca cambios en la composición de los desechos” (Molina, J.A, 2018, p.15).

#### **2.4.1 Ejes principales de los planes municipales para la GIRS**

Según la legislación nacional, se elaboraron 31 acciones estratégicas en el Plan de Residuos Sólidos (PRESOL), las cuales definieron los PMGIRS como herramientas base para la planificación técnica y financiera del municipio, con el objetivo implementar un optimizado y sostenible manejo en todas las etapas de la gestión de los residuos (Programa de Competitividad y Medio Ambiente, 2008, p. 12).

Bajo este contexto, CYMA (2008) establece las tres dimensiones principales de la gestión integral y sostenible de los residuos (GIRS), donde se mencionan los: “actores sociales involucrados en la gestión de residuos, los elementos (operativos y técnicos) del sistema de residuos y, (...) el contexto local y nacional que deben ser considerados cuando se analiza y planifica un sistema de gestión” (p.16).

En la “formulación del PMGIRS, se define una estrategia sobre cómo se debe dar el ciclo de los residuos sólidos” sin discriminar ningún elemento, no obstante, la mayoría de los cantones brindan mayor atención a la recolección, el transporte y la disposición final, dado el nivel de complejidad que requieren (CYMA, 2018, p.17). Estos elementos son contemplados especialmente en la sección económica-financiera y operativa de los planes municipales (Ver Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Aspectos de la gestión integral y sostenible de los residuos.

Aspecto	Contenido
Económico – Financiero	Sistema tarifario y de cobro, morosidad; eficiencia de los sistemas de gestión de residuos. Balance de ingresos y egresos. Comercialización de los materiales reciclables:

	compradores, precios, etc.
Técnico y de operación del servicio	Tipo y estado del equipo e instalaciones que están en uso o planificadas; funcionamiento, personal, capacitación, cobertura del servicio y las rutas de recolección, valorización de materiales, entre otros. Operadores del servicio: municipal o privado.

Fuente: CYMA (2008).

#### 2.4.2 Recolección de residuos municipales

Dentro de la terminología “manejo de los residuos”, se contempla una serie de procesos interconectados que en su conjunto forman el sistema de gestión de residuos. En este sistema se encuentra desde el almacenamiento, recolección, transporte y valorización, hasta el tratamiento y la disposición final de estos. Por lo tanto, si la recolección no se realiza de manera integral y eficiente, esta afecta significativamente el resto del sistema. Se estima que a nivel nacional: “87 de los 481 distritos no cuentan con este servicio” (Ministerio de Salud, 2016b, p. 11). Tras la situación a nivel nacional con este tema, se ejecutó un apartado en la ENSRVR, destinado a la armonización en el sistema de recuperación de estos, contemplando los principales factores de logística con el fin de diseñar rutas que permitan la optimización de los recursos.

Existen dos tipos de rutas para planificar la recolecta de residuos: macro y micro. La planificación a nivel macro se realiza a partir de dividir la ciudad o sitio de estudio por medio de sectores operativos, determinando el número de camiones que necesita cada una y asignando a cada sector un respectivo camión recolector. Comúnmente, el tamaño del sector varía de acuerdo con los kilómetros (km) por realizarse. Mientras que la planificación a nivel micro consiste en la definición del recorrido diario que realiza el camión en su área asignada (Márquez, 2006).

Tras su relevancia dentro del sistema de gestión, la ENSRVR indica la necesidad no solo de contemplar rutas de recolección, sino abogar por su diseño basándose en la optimización de los recursos disponibles, tales como la flota vehicular, el personal y el uso

de combustible. Asimismo, para la planificación a nivel macro, se recomienda tomar en cuenta: “el área de la zona a servir, la densidad de la población y el índice de generación de residuos per cápita” (Ministerio de Salud, 2016b, p.27-28). Mientras que, para la planificación a nivel micro, se indica la consideración del “parqueo de los vehículos recolectores, la zona de disposición final de los residuos o centro de acopio, los sentidos de circulación la hora de mayor tráfico, el estado de las vías y el tipo de rutas, si es de peine<sup>2</sup> o de doble peine<sup>3</sup>” (Ministerio de Salud, 2016b, p. 27-28).

### **2.4.3 Evaluación de ruta de recolección**

El diseño de rutas considera factores técnicos, sin embargo, en muchos municipios no se contaba con herramientas o recursos para definirlos en el momento de su diseño. Por esta razón, las rutas están basadas en conocimientos empíricos de los colaboradores del servicio o miembros de la Municipalidad actualmente. Debido a este escenario, se recomienda levantar una línea base con el fin de evaluar la ruta actual, antes de proceder al rediseño y la optimización de esta.

Para evaluar una ruta de recolección, es fundamental conocer los recursos con los que cuenta la Municipalidad, la percepción que tienen tanto los colaboradores como usuarios del servicio, así como la cobertura que existe a lo largo del cantón. De acuerdo con la Comisión Económica para América Latina y el Caribe y Ministerio de Desarrollo Social y Familia (CEPAL) (CEPAL, 2016), al elegir un tipo de sistema de recolección, se toma en consideración la frecuencia de esta, los horarios y los factores principales que influyen en los tiempos de la recolección. Según indica CEPAL, la frecuencia depende directamente de las condiciones climáticas de la zona por servir, la cantidad de residuos que se generan y características del área a nivel socioeconómico. Además, recomiendan que la frecuencia de recolección sea por lo menos semanalmente.

---

<sup>2</sup> Recolección de ambos lados de las vías a la misma hora; recomendado para lugares poco extensos y de baja densidad de población.

<sup>3</sup> Recolección de un lado de la vía y luego del otro lado de la vía; por lo tanto, se recorre por lo menos dos veces por cada vía. Se recomienda para zonas de alta densidad de población y, principalmente, en zonas comerciales.

Cabe destacar que los costos asociados son proporcionales a la periodicidad que exista. En cuanto a los horarios, estos se deben elegir procurando una hora donde haya menor tráfico y, por consiguiente, genere menos impactos ambientales por la contaminación del aire y consumo de combustible. Además, a nivel de recomendaciones para efectos de residuos comerciales, es mejor una recogida diurna por el factor del tráfico. Finalmente, los principales factores que influyen en los tiempos de recolección son: la cantidad de recolectores, calidad de las vías de circulación, características de la zona a servir, la densidad del tránsito, características climáticas y ubicación y tipo de receptáculo (CEPAL, 2016).

Para iniciar con el levantamiento de la línea base y diagnóstico del estado actual de las rutas de recolección, se toma como referencia el Manual de Recolección y Transporte por parte del Gobierno de República Dominicana (FOMICIRS) (FOCIMIRS, 2017), el cual cuenta con una serie de medidas para realizarlo. Inicialmente, se debe verificar el historial donde indique información acerca del sistema de recolección actual, por ejemplo: número de viajes / vehículo de recolección, personas encargadas, horas laborales, horario de recolección y topografía de la ruta. Además, es importante conocer el tipo de almacenamiento que existe en el cantón considerando sistemas existentes o propuestos para la recolección, la caracterización de los residuos, la densidad poblacional, condiciones habitacionales y cultura de la gente. Para ello es fundamental examinar el tipo de almacenamiento, ya sea en las aceras, en bolsas plásticas o en contenedores de plástico, metal o basculantes.

Además, es necesario conocer los límites de los sectores domiciliarios, comerciales e industriales, así como la cantidad de población por cada sector mediante el Censo Nacional. Asimismo, conocer las condiciones viales: las calles que por sus características impiden la entrada o movimiento de los camiones recolectores, los sentidos de circulación, las calles, avenidas y horas donde hay un mayor fluido de tránsito, partes de las rutas donde haya fuertes pendientes y se considera imprescindible determinar los grandes generadores de residuos, las áreas verdes de la zona, la ubicación del centro de operaciones y la ubicación del relleno sanitario.

#### 2.4.4 Ecuaciones e indicadores de recolección

El diagnóstico contempla un estudio de tiempo y movimiento, basado en el monitoreo de la duración de las rutas, el cual debe ser al menos en un mes y por parte de personal capacitado en el tema. Con ello, se diagnostica la frecuencia a través de indicador tonelada recolectada / tiempo de recolección (**t / hora**). Si se aplica en método de recolección de puerta en puerta, el rango aceptable es de 2,3 a 2,6 t / hora donde su valor óptimo es 2,45 t / hora; mientras que, si el método es de punto a punto (contenedores), el rango aceptable es de 2,8 a 3,2 t / hora con un valor óptimo de 3 t / h, ambos considerando tres recolectores.

Mientras se está realizando el diagnóstico, también se debe determinar si los vehículos no operan con sobrecarga. Este aspecto es importante, ya que, de no realizarse de forma adecuada, repercute en el estado de los camiones y compromete su funcionalidad a mediano plazo. Este valor se obtiene mediante la **ecuación 1** (FOCIMIRS, 2017, p. 26):

##### **Ecuación 1.** Determinación de la Carga útil máxima

*Carga útil máxima: Peso bruto del vehículo - Peso chasis - Peso caja compactadora*

Una vez obtenida la carga útil máxima, se obtiene el indicador **t / viaje con la carga útil máxima**, manteniendo un valor óptimo dentro del rango 0.9 a 1.05. Además, se debe diagnosticar el rendimiento de un ayudante de recolección por día, este se obtiene comparando la **cantidad de residuos recolectados al mes con el número de ayudantes efectivos al mes**. Se considera que la ruta tiene oportunidades de mejora, si el valor es menor a **4.3 ton/ayudante/día**.

También se tomará como guía la tesis *Optimización del sistema de recolección de residuos sólidos del cantón de Montes de Oca*, para la medición de indicadores basados en el tiempo de recolección como la distancia recorrida, la cantidad de residuos recolectados por tiempo y por distancia, los litros consumidos por kilómetro recorrido y, por último, generar un indicador operativo del servicio de recolección. Para el recorrido total del camión recolector, se define bajo la **ecuación 2** (Hernández, 2012, citado en Castro, 2019):

### **Ecuación 2.** Distancia total<sup>1</sup>

$$D_{total} = d_{caminos\ y\ calles} + d_{reversa} + d_{repet} + d_{fuera\ de\ sector} + d_{pie}$$

En la evaluación de las rutas, es relevante diferenciar la distancia productiva de la distancia muerta o no productiva, donde la primera hace referencia a cuando se cargan los residuos sólidos y la segunda lo opuesto. Por tanto, con la **ecuación 3** se calcula el número de camiones recolectores necesarios, respectivamente. Cabe destacar que el diseño de la ruta busca aumentar la proporción de la distancia productiva en relación con la distancia total para que los valores se encuentren entre **0.9 y 0.6**. (Taquia, 2013) (**Anexo 4**). Mediante la **ecuación 4**, se puede calcular “Nr”, el cual denota el tamaño de cuadrilla de recolección ideal de acuerdo con las características del sitio por servir (**Anexo 5**).

#### **2.4.5 Métodos de recolección**

Dentro de los principales métodos se encuentra el de **acera**, donde los colaboradores del servicio son los encargados de recoger los residuos encontrados sobre la acera y depositarlos en el camión. Una de sus ventajas es que requiere una menor participación ciudadana y dentro de sus desventajas, se encuentra que aumenta el tiempo de recolección y se necesita más personal.

Otro método para considerar es el de **contenedores**, basado en el uso de contenedores tanto fijos como móviles, ubicados comúnmente en zonas de alta generación de residuos o de difícil acceso para el camión. Parte de sus principales características es que necesita de camiones especiales que vacíen mecánicamente los contenedores. Las ventajas más predominantes es que disminuyen la frecuencia de recolección brindando un almacenamiento temporal y, por consiguiente, se necesitaría menos personal para realizarse. No obstante, requiere una inversión económica inicial y horarios de recolección definidos para evitar la acumulación de residuos. Consecuentemente, esto propicia el aumento de vectores de enfermedades, malos olores y demás afectaciones a la población, por lo tanto, el método deberá elegirse según las características específicas del cantón y los recursos existentes.

Como tercero, se encuentra el de **esquina o parada fija**, que consiste en el estacionamiento del camión en un lugar y hora preestablecida, donde los usuarios se desplazan al lugar llevando sus residuos. Por un lado, esta opción beneficia en la imagen del servicio y una disminución en el tiempo empleado para la recolección, además de ser el más económico, después del método de contenedores. Por otro lado, tiene la desventaja de requerir mayor tiempo y personal de recolección, además de concientización por parte de los usuarios (Márquez, 2006).

De igual forma, es necesario contemplar cuáles tipos de camión se pueden utilizar y cuáles se adaptan más a la realidad del cantón. Comúnmente, se recomienda diferenciar el camión por tipo de residuo: 1. Residuos ordinarios: utilizar la flotilla de camiones compactadores. 2. Residuos valorizables: un camión con cajuela cerrada o de cajuela abierta, pero cubierto con lona, con el fin de evitar la exposición de los materiales a factores ambientales y su posible daño. 3. Residuos orgánicos: utilizar un camión con cajuela cargado de recipientes plásticos, evitando el vertido de lixiviados (Ministerio de Salud, 2016b, p.28). Cabe aclarar que se debe procurar contar con suficientes camiones, de calidad y óptimo funcionamiento para la recolección de ordinarios, antes de incurrir en la adquisición de camiones para valorizables u orgánicos.

## **2.5 Tratamiento de residuos municipales**

### **2.5.1 Tratamientos convencionales**

Después del proceso de recolección de los residuos, los gestores municipales son los encargados de establecer el tratamiento óptimo de estos, antes de llevarlos a los sitios de disposición final o rellenos sanitarios. Los rellenos sanitarios son sitios donde se acondiciona el terreno con excavaciones y uso de membranas semipermeables que evitan la infiltración de lixiviados. En algunos casos, también agregan arcilla como material impermeable, con el fin de colocar los residuos y cubrirlos con tierra y cal. Los rellenos deben contar con plantas de tratamiento de lixiviados y control de las emisiones de CH<sub>4</sub> mediante la quema del gas para convertirlo en CO<sub>2</sub>, o bien, su aprovechamiento como biogás. Esta técnica es la más utilizada a nivel mundial, pero no necesariamente la más viable en términos ambientales.

De acuerdo con la CEPAL (2016), se establecen diferentes tecnologías para el tratamiento de residuos, además del relleno sanitario, las cuales se muestran en el **Cuadro 2**.

**Cuadro 2.** *Tecnologías para el tratamiento de los residuos sólidos.*

	<u>Clasificación:</u> en función del interés económico o como paso previo a un procesamiento posterior.
<b>Mecánicos</b>	<u>Trituración:</u> reduce la granulometría y el volumen de los residuos, los mezcla y homogeniza.
	<u>Compactación:</u> reduce los espacios vacíos (densifica los residuos).
<b>Térmicos</b>	<u>Incineración:</u> quema controlada, a alta temperatura, en equipos especialmente diseñados y con dispositivos de control ambiental.
	<u>Pirólisis:</u> degradación térmica de los residuos en ausencia de oxígeno o con una cantidad limitada de este, a temperatura inferior a la de la incineración, que produce líquidos y gases de alto contenido energético y menos contaminación atmosférica.
<b>Biológicos</b>	<u>Aeróbico:</u> indicado para estabilización y compostaje. Sus productos principales son el agua, el dióxido de carbono y el calor.
	<u>Anaeróbico:</u> importante en la producción de metano. La degradación de los residuos es más lenta y genera ácidos grasos, acético y otros de bajo peso molecular, inclusive algunos gases con bastante mal olor y tóxicos.

Fuente: CEPAL y MDS (2016).

## 2.5.2 Residuos valorizables

Para determinar el tratamiento que mejor se adecúe a las características de la zona, es necesario conocer los tipos de residuos que se generan, los que contribuyen en mayor porcentaje y la mejor forma en que estos se pueden aprovechar. Para ello se han clasificado en cinco categorías donde se encuentran los residuos que mayormente genera la población a nivel municipal (**Figura 2**) y también se encuentra una clasificación de los residuos que conllevan un manejo distinto por su nivel de peligrosidad, siendo estos últimos gestionados en la fuente por los respectivos responsables de su adquisición (**Figura 3**).



**Figura 2.** Categorías de residuos según Norma INTE 12-01-08 2011

Fuente: Ministerio de Salud (2016b, p.19).

1. Bioinfecciosos	2. Vidrio	3. Manejo Especial
Son residuos generados en establecimientos de salud y afines.	Comprende aquellos envases de cualquier color, excepto materiales de vidrio plano como ventanas, celosías, cerámica, entre otros.	Presentan características específicas que deben considerarse de acuerdo con lo estipulado por el Reglamento sobre Residuos Sólidos Ordinarios.

**Figura 3.** Categorías de residuos especiales según Norma INTE 12-01-08 2011

Fuente: Ministerio de Salud (2016b, p.21).

### 2.5.3 Residuos orgánicos y su tratamiento

Un residuo orgánico se entiende como aquel que tiene dentro de su composición química el elemento carbono y su característica principal es que puede ser degradado por microorganismos. Dentro de los principales residuos orgánicos se encuentran restos de vegetales y frutas, de comida y desechos de organismos. Este tipo de residuo puede recibir tratamiento biológico, el cual presenta una serie de ventajas en contraste con el tratamiento convencional (disposición en rellenos sanitarios). Dentro de dichas ventajas, se encuentran la disminución del volumen de residuos, la estabilización de estos y la destrucción de agentes patógenos durante su proceso; donde su producto final puede aplicarse como fertilizante o abono al suelo (IPCC, 2006). Por ello, se entiende como compostaje a: “la mezcla de materia orgánica en descomposición, en condiciones aeróbicas que se emplea para mejorar la estructura del suelo y proporcionar nutrientes” (FAO, 2013, p.22).

Inicialmente, es de suma importancia conocer las fases del compostaje, ya que, al ser un proceso de descomposición de la materia orgánica, pasa por diversas etapas que requieren su comprensión. De acuerdo con FAO (2013), existen las siguientes cuatro etapas:

- **Fase mesófila:** es el inicio donde la materia prima (residuos orgánicos) empieza el proceso y al cabo de unas cuantas horas, se eleva la temperatura hasta 45°, lo cual indica actividad microbiana, debido a que los microorganismos utilizan el C y N

provocando calor. En esta etapa se descomponen azúcares, se producen ácidos orgánicos y, por ello, se disminuye el pH entre 4 y 4,5. La fase tiene una duración entre 2 y 8 días.

- **Fase termófila:** en esta fase, se alcanzan temperaturas mayores a los 45 °C, donde los microorganismos son reemplazados por microorganismo termófilos, los cuales puedan soportar vivir en condiciones de alta temperatura. Por encima de los 60 °C ayudan a la descomposición de ceras, hemicelulosas y compuestos de C complejos. Asimismo, esta fase es sumamente importante para la higiene del producto final, ya que las altas temperaturas logran destruir bacterias, contaminantes de origen fecal (como *Escherichia coli* y *Salmonella spp*), huevos de helminto u hongos fitopatógenos. Esta fase tiene una duración de días o meses, dependiendo de factores ambientales y de los residuos orgánicos iniciales.
- **Fase mesófila:** al disminuir las fuentes de C y N debido a las degradaciones previas, la temperatura empieza a descender hasta 40-45 °C. En esta fase, se sigue degradando polímeros y aparecen hongos, los microorganismos inician nuevamente su actividad y el pH tiende a ser alcalino. La fase tiene una duración de varias semanas (p.24).
- **Fase de maduración:** “Es un período que demora meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados para la formación de ácidos húmicos y fúlvicos” (FAO, 2013, p. 24).

Cabe destacar que, al realizar el proceso de compostaje, se controlan factores ambientales presentes de manera directa, durante todo el proceso. De acuerdo con Aguilar (2015), para el caso específico del compostaje aerobio, se deben monitorear los siguientes factores fisicoquímicos.

**Cuadro 3.** Factores fisicoquímicos que se deben monitorear a lo largo del proceso de compostaje

<i>Factores</i>	<i>Descripción</i>
<i>Temperatura</i>	Para obtener mejores resultados, la temperatura debería mantenerse entre 50 °C y 55 °C durante los primeros días y entre 55 y 60 °C para el resto del período de compostaje activo. Si la

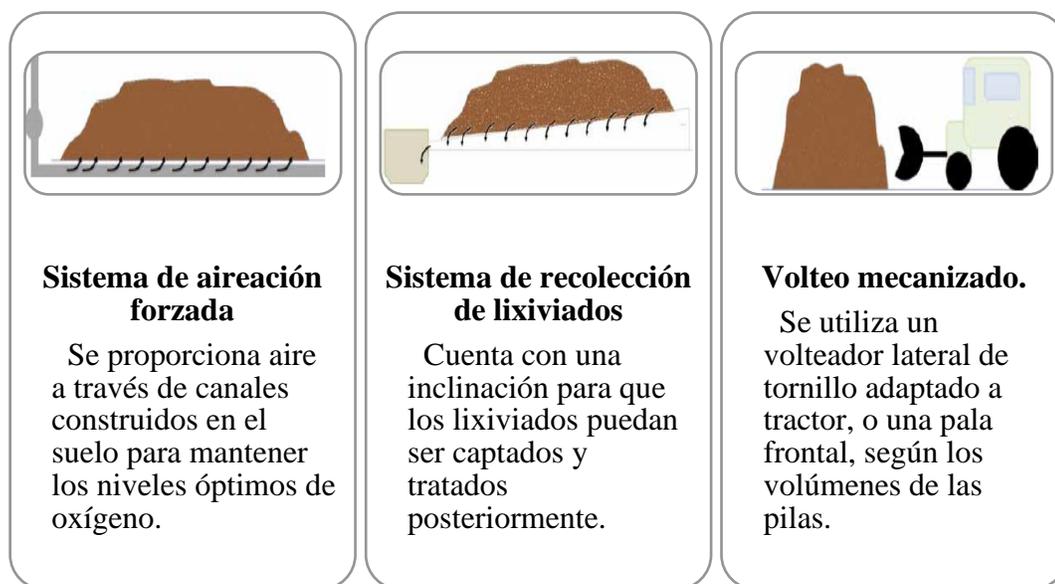
	temperatura sube por encima de 66 °C, la actividad biológica se reduce significativamente.
<b><i>Control de pH</i></b>	Para lograr una descomposición aerobia óptima, el pH debería permanecer de 7 a 7,5. Para minimizar la pérdida de nitrógeno en la forma de gas amonio, el pH no debería sobrepasar un valor de 8,5.
<b><i>Humedad</i></b>	El contenido de humedad debería estar entre el 50 % y 60 % durante el compostaje.
<b><i>Relación carbono/nitrógeno (C/N)</i></b>	Las relaciones C/N iniciales de entre 25 y 50 son óptimas para el compostaje aerobio. Con relaciones más bajas se emite amoníaco y se impide la actividad biológica.
<b><i>Tamaño de partícula</i></b>	Para obtener resultados óptimos el tamaño de los residuos sólidos debería estar entre 2 mm y 27 mm.
<b><i>Aireación</i></b>	No existen frecuencias preestablecidas de aireación que resulten aplicables para todos los casos posibles. Se recomienda realizar aireaciones, cuando comienza a decrecer la temperatura, después de haber alcanzado su valor máximo en etapa termogénica. Una mala aireación o exceso de humedad provoca respiraciones anaeróbicas, la cual se diagnostica por la aparición de olores nauseabundos.

Fuente: Aguilar (2015) y Colomer (2007).

#### **2.5.4 Técnicas de compostaje**

Las técnicas para el tratamiento de los residuos orgánicos dependerán de la evaluación de los parámetros teóricos anteriores y del uso de herramientas similares a las utilizadas en cultivos. A gran escala, se han determinado dos clasificaciones de técnicas que pueden aplicarse según las condiciones y el alcance del proyecto, donde se destacan los sistemas abiertos (o en pilas) y los sistemas cerrados (o en recipientes).

Para los sistemas abiertos o en pilas, la cantidad de residuos orgánicos debe ser abundante, por lo que se necesita de grandes espacios y de alto conocimiento técnico para su gestión (**Figura 4**). El uso de estas técnicas es común a nivel municipal o industrial, tomando en consideración el mantenimiento de las condiciones óptimas por medio de algunos tipos de sistemas (FAO, 2013).



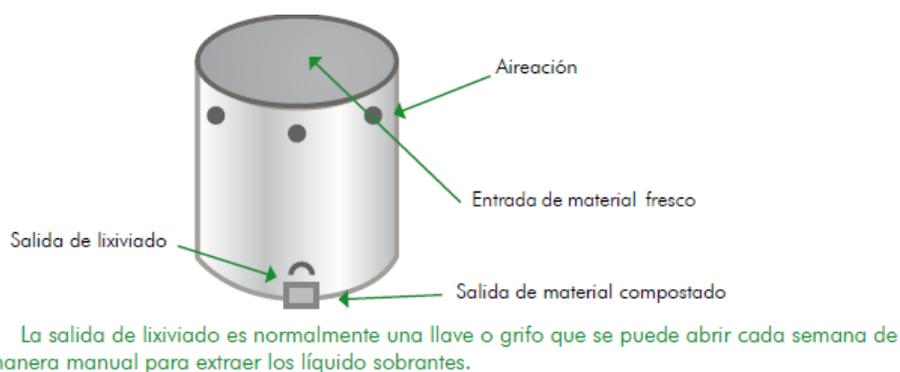
**Figura 4.** Ejemplos de sistemas abiertos para el mantenimiento del compostaje

Fuente: FAO (2013, p.48).

Por otro lado, los sistemas cerrados o en recipientes son de aplicabilidad doméstica debido a su facilidad de manejo, optimización del espacio y prevención contra insectos o roedores. Cabe destacar que, aunque sea en pequeña escala, el control de las condiciones óptimas para el tratamiento de residuos orgánicos debe mantenerse. Hoy en día, para la aplicación de estos sistemas, se utilizan equipos comerciales o diversos recipientes que son de uso diario (cajas, basureros, estañones, entre otros), por lo tanto, es decisión de las familias la obtención de nuevos materiales o utilizar aquellos que no representen un costo adicional para su implementación en hogares (FAO, 2013). Sin embargo, es preferible basarse en la inversión y aspectos técnicos para aplicar las metodologías en hogares.

Posterior a la elección del recipiente, se considera su disposición vertical u horizontal. Con la primera (**Figura 5**), el objeto descansa sobre su base con la finalidad de incorporar

los residuos frescos de forma continua en la parte superior y se retira el material compostado por su abertura inferior; mientras que con la disposición horizontal se utiliza un recipiente apoyado en su eje longitudinal, el cual será llenado de forma discontinua o por cargas, es decir, deberá esperarse a que el proceso de compostaje finalice para poder extraerlo e iniciar con un nuevo ciclo (FAO, 2013) (**Figura 6**).



**Figura 5.** Disposición vertical o continua

Fuente: FAO (2013, p.62).



**Figura 6.** Disposición horizontal o discontinua

Fuente: FAO (2013, p.63).

Dada la naturaleza del proyecto, se ahonda en los tratamientos destinados para la categoría 1 de la Norma INTE 12-01-08 2011 (Estrategia Nacional de Separación, Recuperación y Valorización de Residuos Sólidos), utilizando como criterio de selección, aquellos tratamientos que no requieran un alto coste económico, de sencilla aplicación y sin requerir equipos sofisticados con el fin de poder aplicarse a nivel doméstico.

Adicional a las técnicas anteriores, se contempla también el compostaje convencional, el cual se basa en crear una pila de residuos orgánicos de 1,5 m – 2 m de altura y 1,5 m – 3 m de ancho para facilitar el volteo que permite oxigenar el proceso y evitar respiración anaerobia. Las dimensiones de pilas se estiman considerando que, durante el proceso, la pila disminuye hasta en un 50 % su tamaño (FAO, 2013). Pese a la rentabilidad económica de realizar el proceso convencional, se cuenta con la desventaja de que el proceso para producir abono puede durar hasta 9 meses, no obstante, puede acelerarse al humedecer la mezcla de levaduras, agua con yogurt, agua con melaza o agua con leche (Tencio, 2020).

Por otro lado, se han realizado alternativas al compostaje tradicional, las cuales no muestran cambios significativos a nivel económico, pero sí optimizan el proceso mediante la incorporación de microorganismos que aceleran el proceso de descomposición.

Una de las técnicas que cuenta con el potencial para realizarse a nivel domiciliario es el método Takakura. Es una técnica de compostaje que nace tras la necesidad de combatir la problemática relacionada al incremento de los residuos orgánicos en la ciudad Surabaya ubicada en Indonesia. El método fue creado por el japonés Koji Takakura y obtuvo resultados significativos en un plazo no mayor a 4 años, reduciendo en un 20 % la contaminación asociada a la generación de residuos orgánicos; pasando de 1500 t en el 2005 a 1150 t en el 2008 (IGES, 2010).

El método Takakura o compostaje semilla tiene como principal característica ser un proceso de baja complejidad, utilizando productos de muy bajo presupuesto y actuando rápidamente en la transformación de los residuos orgánicos en abono. De acuerdo con IGES (2010), para aplicar la técnica, se deben realizar dos tipos de soluciones fermentativas:

- 1) **Solución dulce:** en un recipiente de aproximadamente 20 L, donde se incorpora 50 g de azúcar y un aproximado de 15 L de agua. Seguidamente, se debe añadir en el recipiente, alimentos fermentados como yogurt o queso, salsa de soja no refinada, vino y células de levadura. Se mezcla bien y se cubre con una bolsa de plástico para evitar la entrada de insectos. Esta solución se deja reposar de 3 a 5 días para que se desarrollen los microorganismos.

- 2) **Solución salada:** en un recipiente de aproximadamente 5 L, se agrega 15 g de sal y 4 L de agua, además, se agregan hortalizas de hoja y cáscaras de frutas frescas como de uvas, naranja, manzana, papaya, berenjena, pepino, lechuga, calabaza, etc., se mezcla en el recipiente y, de igual forma, se cubre con plástico y se deja reposar.

Una vez pasado el tiempo de reposo, se procede a preparar el lecho de fermentación. Se utiliza aproximadamente 1 m<sup>3</sup> de cascarillas de arroz y 1 m<sup>3</sup> de afrecho de arroz, se mezcla bien y se lo añaden las soluciones fermentativas procurando que, al exprimir el lecho con la mano, quede una consistencia de una masa sin fuga de agua ni escasez de humedad.

Al terminar de mezclar, se deja fermentar aproximadamente 3 días apilando de forma trapezoidal con una altura entre 0,6 y 1,5 m, se cubre con tela respirable evitando la entrada de insectos. Es sumamente importante que se mantenga la temperatura a 80°, si esto sucede, se debe extender la pila para oxigenar y liberar calor. Al finalizar su fermentación, se deja secar y el material se encontraría listo para el compostaje.

Por otro lado, para acelerar el proceso de descomposición de la materia orgánica, se incorpora la técnica microorganismos de montaña o MM al compostaje. Según Suchini Ramírez (2012), los MM se definen como: “inóculos microbianos con altas poblaciones principalmente de hongos, bacterias y actinomicetos que se encuentran naturalmente en el suelo”; donde se han utilizado como “inóculo de microorganismos benéficos” para la optimización del compostaje tradicional y fomentar la liberación de nutrientes disponibles para las plantas (Camacho, Uribe, Newcomer, Masters y Kinyua, 2018, p.300). Y es que, de acuerdo con pruebas fisicoquímicas, se logró determinar que el compostaje con MM tiene la capacidad de aportar una cantidad importante de microorganismos para potenciar el proceso de descomposición de la materia orgánica, pese a tener un bajo contenido de macro y microelementos. Además, se presentaron características adecuadas de inocuidad, pH y conductividad eléctrica, lo cual los hace biológicamente seguros y químicamente estables como agentes optimizadores del compost (Camacho et al., 2018).

Por ello, al ser un insumo que se encuentra naturalmente en el suelo y al probarse su beneficio en el compost, es de suma utilidad para el presente proyecto. De acuerdo con el Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA), los MM se pueden encontrar en bosques con

zonas protegidas del sol y con humedad. Se recomienda sacar la primera capa de hojas (unos 2 cm) y recolectar la segunda capa, la cual contiene muchos microorganismos (CIA, 2017). Según la Guía Agroecológica para una Agricultura Resiliente en Ecuador, la obtención y activación de los MM se realiza bajo procesos controlados. Inicialmente, se prepara el lecho de fermentación con los materiales descritos por las guías, para que, una vez reposado, sea activado por medio de la mezcla con melaza, agua y MM sólidos (Guzñay, 2017).

De acuerdo con los tiempos de reposo para la obtención del abono, los MM activados y en fase sólida pueden tener una duración entre 2 y 12 meses, mientras se encuentren en recipientes sellados y a la sombra. Bajo un ensayo de laboratorio, se utilizó 10 kg de MM activado (líquido) al inicio del compost, después se agregaron 0,8 kg MM líquido/día durante la etapa de estabilización; todo esto realizado con 460 kg de biomasa (Camacho et al., 2018).

Se ha demostrado que tanto personas particulares como productoras han logrado generar compostaje con MM de buena calidad, con microorganismos de bosques mixtos y cercanos a las comunidades, por lo que resulta una actividad rentable para su aplicación a escala pequeña. Cabe señalar que los procedimientos para la obtención de compostaje varían según el presupuesto destinado, los materiales, el recurso humano y el alcance de un proyecto, por lo tanto, en el **Cuadro 4** se visualizan las ventajas y desventajas de los procedimientos explicados (Ramírez, 2012).

**Cuadro 4.** *Ventajas y desventajas de las técnicas*

<b>Técnica</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<i>Takakura</i>	No requiere de equipo técnico.  Los insumos para desarrollar las mezclas fermentativas son de fácil acceso o comúnmente se encuentran en el hogar.	Se debe mezclar todos los días para evitar malos olores y llegada de insectos.  Los residuos que agreguen se deben picar antes y se recomienda que no se agreguen muy húmedos.

	Se completa en 1 - 2 semanas.	No se pueden agregar todos los residuos que se generan en los hogares (huesos de animales y cáscaras de huevo).
<i>MM</i>	No requiere de equipo técnico.  Bajo costo económico.  Sencilla aplicación.	Requiere de la compra de materiales (melaza, estañón, semolina de arroz).  La recolecta de tierra proveniente de un bosque demanda recurso de tiempo.  Proceso largo para la obtención de los MM activados (1 mes y 15 días aproximadamente).

Fuente: elaboración propia con información recopilada en FAO (2013), INGES (2010) y CIA (2017).

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 Enfoque de la investigación

El trabajo final de graduación presenta un enfoque mixto, ya que se requiere combinar diferentes procesos críticos de investigación e “implica la recolección y análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta para realizar inferencias producto de toda la información recabada y lograr mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio” (Hernández-Sampieri, Fernández y Baptista, 2014, p. 534). Adicionalmente, resulta importante destacar que la investigación también es parte del subtipo cualitativo mixto, el cual define la significancia de los datos cualitativos con mayor grado que los cuantitativos. Por otro lado, el tipo de investigación es descriptiva, dada la necesidad de especificar las características y medir los diferentes atributos del fenómeno en estudio para su futuro análisis (Barrantes, 2016).

### **3.2 Diseño metodológico**

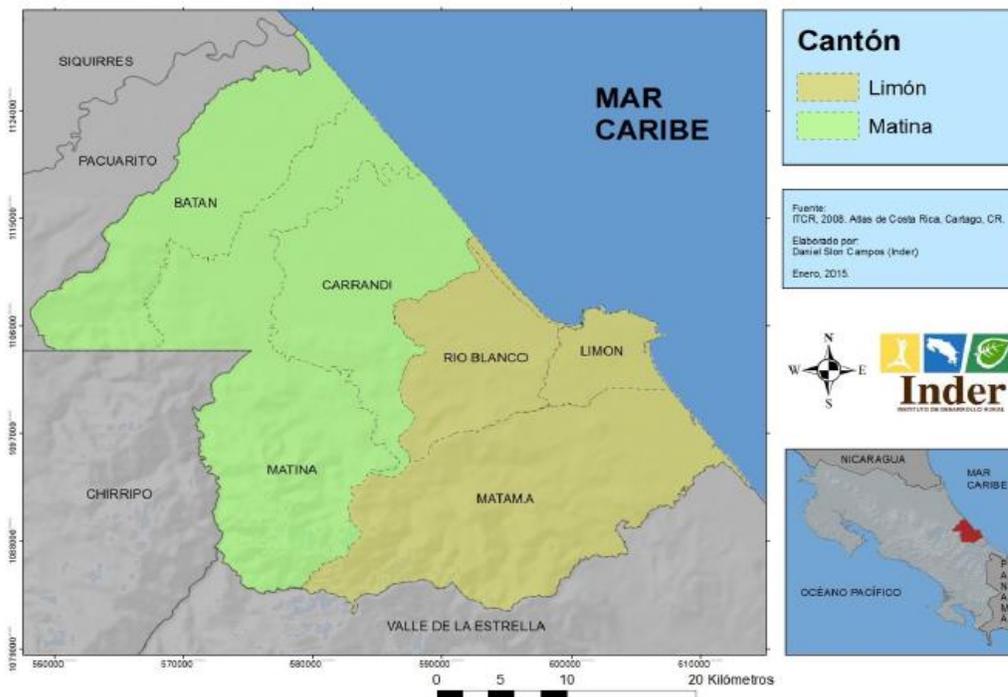
Para la investigación, se contó con el diseño anidado concurrente de varios niveles (DIACNIV), el cual permite recopilar tanto datos cualitativos como cuantitativos sin importar el nivel u orden de estos. Asimismo, se destaca que el análisis de los datos puede variar en cada uno de los niveles, por lo que el investigador puede decidir cómo organizar los procesos de recolección y análisis de información (Hernández-Sampieri et al, 2014).

### **3.3 Alcance de la investigación**

Para efectos del presente proyecto, se trabajó a lo largo de los tres distritos del cantón de Matina (**Figura 7**), durante el período 2020-2021 y bajo dos alcances de investigación descritos por Hernández-Sampieri et al (2014). Inicialmente, con el alcance descriptivo, el cual consiste en la descripción de fenómenos, situaciones, contextos y sucesos con el fin de detallar su manifestación; este se aplicó mediante la recopilación de datos tanto de fuentes primarias (listas de chequeo, entrevistas, cuestionarios, observaciones) como de secundarias. Asimismo, se trabajó bajo el alcance explicativo, el cual pretendió responder cuáles fueron las causas de ciertos eventos o fenómenos físicos o sociales, esto por medio de la evaluación de eficiencia del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos de la Municipalidad y las variables fisicoquímicas que se midieron durante la aplicación del tratamiento biológico a los residuos orgánicos.

### **3.4 Descripción del sitio de estudio**

Matina representa el cantón número cinco de la provincia de Limón, el cual cuenta con 772,64 km<sup>2</sup> de territorio distribuidos en tres distritos y 79 barrios. Limita al noroeste con el cantón de Siquirres, al sureste con el cantón de Limón, al sur con el cantón de Turrialba y al norte con el mar Caribe (**figura 7**). Se encuentra caracterizado por sus grandes extensiones de terreno destinados a uso agropecuario, convirtiéndose en el cantón con la mayor cantidad de plantaciones de banano del país (Córdoba, 2015). Pese a liderar en el sector económico mencionado, su índice de desarrollo humano ocupa el lugar 79 de 81 cantones registrados y el índice de desarrollo social ha bajado en dos de sus distritos: Matina y Carrandí.



**Figura 7.** Ubicación territorial Limón-Matina

Fuente: Plan de Desarrollo Territorial (2016).

### 3.5 Proceso metodológico

Para efectos de la realización del presente proyecto, la metodología se dividió en cuatro fases asociadas a los objetivos específicos de este.

#### 3.5.1 Fase 1: Evaluación de la gestión de residuos.

Para esta fase, se realizó una serie de procesos de manera simultánea y es de suma importancia aclarar que la evaluación de la ruta de recolección de residuos es una actividad que se encuentra dentro del plan de acción del Plan Municipal para la GIRS y se consideran prioritarias dadas las condiciones del cantón.

Inicialmente, se procedió a obtener la fuente primaria de información por medio de

la lista de verificación aplicada al Gestor Ambiental de la Municipalidad (**Anexo 6**), con el fin de evaluar el Plan Municipal anterior y determinar cuáles objetivos se lograron cumplir, así como las limitantes que determinaron la falta de cumplimiento y aplicabilidad -parcial o total- de los objetivos. Para esto, se le asignó un puntaje de “1” a toda aquella actividad que se cumplió en su totalidad, “0,5” que se cumplió parcialmente y “0” a las actividades que no se realizaron. Dicha lista contaba con una columna de observaciones/limitaciones para detallar las razones del nivel de cumplimiento. Aunado a esto, se realizó un grupo focal con los miembros actuales del comité GIRS, con el fin de contextualizar la situación en el tema de residuos a nivel cantonal, las principales limitaciones que los miembros perciben y los desafíos que existen (**Anexo 7**); todo con la finalidad de definir la ruta de acción en el plan de acción municipal para el objetivo 2.

Paralelamente, se aplicó una encuesta a la comunidad y comercios con el propósito de conocer su percepción acerca del sistema de gestión de residuos sólidos. Las preguntas de la encuesta se basaron siguiendo la Guía CYMA del Ministerio de Salud la cual cuenta con un machote estandarizado para la aplicación de encuestas a poblaciones, aunado a esto, antes de difundirlo se procedió a su respectiva evaluación y validación por académicas de la Escuela de Ciencias Ambientales, miembros del programa ISA y Municipalidad de Matina. Todo esto, con el fin de determinar la claridad en cuanto a las preguntas planteadas y disminuir el sesgo en las respuestas.

Para el cálculo de la muestra, se utilizó la ecuación presente en la *Guía de interpretación de la metodología para la realización de estudios de generación y composición de residuos ordinarios* (2012, p. 20). Cabe destacar que esta ecuación fue adaptada para efectos de la investigación, por lo que se excluyó la estratificación social, considerando que la valoración de un servicio no tiene relación con los ingresos económicos de una familia. Además, el cálculo de la muestra se segregó por distrito, utilizando datos de la cantidad de viviendas proporcionada por el INEC (**Cuadro 5**).

La selección de la muestra para aplicar la encuesta fue no probabilística, ya que, al aplicarse de manera virtual, no permite que todas las personas tengan la misma posibilidad de responder a la encuesta, ya sea por falta de acceso a internet o a herramientas tecnológicas.

Se realizó mediante la plataforma de Google Forms, debido a las condiciones sanitarias por la COVID-19 en el país durante el año 2020. Al aplicar la ecuación, se obtuvo una muestra total de **498** personas: **164** en Matina, **168** Batán y **166** en Carrandí. Para efectos de esta encuesta, se solicitó que respondieran una por vivienda, representando de esta manera la percepción de una familia con respecto al manejo de los residuos (**Anexo 8**).

**Cuadro 5.** *Tamaño de muestra para aplicación de encuestas en viviendas*

$n_{viv} : \left( \frac{Z^2 * N_{viv} * \delta^2}{(N_{viv} - 1) * E^2 + (Z^2 * \delta^2)} \right) * 1,25$	
<p>Donde:</p> <p><math>n_{viv}</math> =Número de viviendas que incluirá la muestra</p> <p><math>N_{viv}</math> =Número de viviendas de cada distrito</p> <p>Z= Coeficientes de confianza al 95% = 1,96</p> <p><math>\delta</math> =Desviación estándar = 0,3 kg/hab/día</p> <p>E= Error permisible= 0,05 kg/hab/día</p>	
Cantidad de viviendas ocupadas en Matina	2 453
Cantidad de viviendas ocupadas en Batán	4 646
Cantidad de viviendas ocupadas en Carrandí	3 311

**Fuente:** elaboración propia a partir de CYMA (2012) y datos del INEC.

A nivel de comercios, se aplicó una encuesta vía telefónica (**Anexo 9**). Para la

selección de la muestra, se contempló la lista de patentes proporcionada por la Municipalidad. Debido a la desactualización de los datos y el cierre de comercios a causa de la pandemia por la COVID-19, no se contaba con el número real de comercios activos en el cantón. Por lo tanto, se procedió a aplicar la ecuación utilizando el total de comercios, sin diferenciar la ubicación y tomando como referencia los últimos datos brindados por la Municipalidad (**Cuadro 6**). Tras realizar el cálculo, se obtuvo una muestra de 48,6 ~ **49** comercios a lo largo del cantón y se definieron los comercios mediante la función de Excel aleatorio (**Anexo 10**).

Al iniciar con las llamadas, la mayoría de las líneas telefónicas se encontraban discontinuadas o no pertenecían al comercio, de modo que se eligieron los comercios, locales o instituciones a conveniencia. Lo anterior se realizó con la búsqueda de los números en fuentes diversas de información y con el asesoramiento del gestor ambiental para aplicar la encuesta. Debido a esto, fue una encuesta no probabilística.

**Cuadro 6.** Tamaño de muestra para aplicación de encuestas en comercios

$n_{com} : \left( \frac{Z^2 * N_{com} * \delta^2}{(N_{com} - 1) * E^2 + (Z^2 * \delta^2)} \right) * 1,25$	
Donde:	
$n_{com}$ =Número de comercios que incluirá la muestra	
$N_{com}$ =Número total de comercios activos del cantón	
Z= Coeficientes de confianza al 95% = 1,96	
$\delta$ =Desviación estándar = 0,5 kg/hab/día	
E= Error permisible= 0,15 kg/hab/día	
Cantidad de comercios activos totales del cantón	411

**Fuente:** elaboración propia a partir de CYMA (2012) y datos de la Municipalidad.

En cuanto al análisis de las rutas de recolección, se realizó una gira de 5 días para observar, medir tiempos y tomar la información pertinente (**Anexo 11**) durante el recorrido de cada camión recolector en funcionamiento. Se utilizó GPS para la obtención geográfica de la ruta de recolección y relacionado con la generación de indicadores, se tomó como base lo presentado en Hernández (2012), donde se proponen tres tipos de indicadores: el primero basado en la medición de cantidad de residuos recolectados por mes en cada ruta, el cual se obtiene realizando la sumatoria del pesaje en toneladas diario generado en el relleno sanitario por cada camión; como segundo indicador, se toma como referencia el tiempo total empleado para la recolección y disposición final de los residuos.

Para el caso del rendimiento de combustible, se solicitaron los datos al personal encargado de registrar dicha facturación. Asimismo, se incorporaron aspectos esenciales en la boleta de entrada y salida del camión recolector (**Anexo 12**) para recabar información necesaria en la optimización de las rutas (Hernández, 2012). Pese a que el proyecto no abarcó la optimización, sí se procedió a brindar el ejemplo de esta boleta para su aplicación en la Municipalidad y con ello, proveer información más detallada acerca del recorrido y que funcione para una futura optimización (**Anexo 13** del resumen proceso metodológico).

**Cuadro 7.** *Indicadores de rutas de recolección*

<i>Cantidad de residuos recolectados</i>	<i>Tiempo empleado</i>	<i>Rendimiento de combustible mensual</i>
t/Mes/Ruta	Horas de recolección/Mes/Ruta	Litros consumidos/km recorridos
t/ distancia total		Costo de combustible/mes
t/ tiempo total		

Fuente: basado en información de Hernández (2012) y Castro (2019).

Con respecto al grupo focal, se contactó al Comité del Plan Municipal de GIRS para conocer sobre el contexto y trabajo realizado, tomando en consideración únicamente los miembros que pertenecen a este grupo que provienen del Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Desarrollo Rural, Acueductos y Alcantarillados, Universidad de Costa Rica y

miembros activos de la comunidad. Para realizar la actividad, fue necesario contar con una serie de rubros para la planificación de esta, tales como selección de los participantes, duración de la actividad, preguntas generadoras, lugar de reunión, reglas de participación y cronograma (**Anexo 7**). Dada las condiciones de la investigación y realizarla en tiempo de pandemia, se eligió la aplicación Google Meet para la sesión de encuentro de forma presencial sincrónica. Dicha plataforma es de fácil acceso, gratuita y para uso en diferentes dispositivos electrónicos; además, propició una comunicación fluida y dinámica entre los participantes de la llamada.

Durante la sesión, se siguieron los lineamientos del cronograma, de esta manera, se obtiene la mayor cantidad de información mediante la participación de los miembros. Además, se grabó la actividad y se tomaron notas para después procesarlas en conjunto. Una vez recopiladas, se ordenaron según las necesidades de análisis, se categorizaron para organizarlas en variables y se establecieron las relaciones más significativas de la sesión.

### **3.5.2 Fase 2: Actualización del Plan Municipal de GIRS**

Una vez completada la fase anterior, se contó con la información suficiente para determinar cuáles fueron las principales limitaciones a la hora de completar los objetivos planteados en el Plan Municipal de GIRS. Inicialmente, se realizó el procesamiento de la información obtenida mediante el uso de Excel y Jamovi para generar gráficos que ayuden a visualizar, analizar y triangular la información. Posteriormente, se inició con la actualización del plan, este se redactó contemplando la siguiente estructura que indica el Ministerio de Salud para su respectiva validación por parte de la Comisión del Plan Municipal:

1. Introducción
2. Antecedentes
3. Marco contextual
  - a. Extensión territorial.
  - b. Datos demográficos.
  - c. Actividades productivas de la zona.

4. Metodología (de acuerdo con el Manual CYMA)
5. Diagnóstico (Encuestas–Observación–Grupo Focal-Mediciones)
6. Lineamientos estratégicos
  - a. Alcance
  - b. Conformación del Comité
  - c. Plan de acción
7. Plan de monitoreo y control
8. Referencias bibliográficas
9. Anexos

Cabe destacar que la actualización del Plan no contempla la realización del estudio de generación y composición de residuos, dado que ya se encontraba realizado por la tesista Fabiola Sosa.

Asimismo, se generaron mapas de rutas actuales basados en los puntos geográficos recolectados durante la gira. Se realizó mediante el uso del *software* ArcGis (a través de la licencia estudiantil), además de las capas distritales descargadas del Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT), las capas del Atlas 2014 y siguiendo la *Guía de Elaboración de Mapas de la Escuela de Ciencias Geográficas de la UNA*. Además, se analizaron los indicadores calculados con el fin de brindar recomendaciones que aumenten la eficiencia de las rutas.

### **3.5.3 Fase 3. Propuesta para manejo de residuos orgánicos**

En la elaboración de la propuesta, se aplicaron tres métodos de compostaje con el fin de evaluar su desempeño en las condiciones ambientales de Matina y con ello determinar las dos técnicas más viables a nivel económico y técnico. Para su aplicación, se seleccionó a seis familias del cantón (**Cuadro 8**) que se encontraban dentro de la base de datos del Programa ISA.

Es importante aclarar que los métodos se realizaron en tamaño escala y el período de prueba fue de noviembre del 2020 hasta finales de enero del 2021. Se contó con una bitácora para llevar un registro de los parámetros (**Cuadro 10**) que se midieron una vez por semana y se contó con un apartado de observaciones para anotar los detalles que se mostraron durante el proceso de descomposición. Aunado a esto, se tomaron fotografías semanalmente de las seis pruebas para documentar el avance de estos.

**Cuadro 8.** Descripción de los códigos para cada técnica empleada a nivel familiar

<i>Código</i>	<i>Técnica de compostaje</i>	<i>Número de integrantes en la familia</i>
<b>B1</b>	Balde	6
<b>B2</b>	Balde	6
<b>C1</b>	Cama de volteo en pila con adición de MM	5
<b>C2</b>	Cama de volteo en pila con adición de MM	5
<b>T1</b>	Takakura	7
<b>T2</b>	Takakura	6

**Cuadro 9.** Consideraciones para las técnicas de tratamiento de residuos orgánicos

<i>Técnica de compostaje</i>	<i>Cantidad de residuos orgánicos</i>	<i>Tipo de residuos orgánicos</i>	<i>Especificaciones</i>
B1	500 g/día	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Restos y cáscaras de hortalizas, frutas y poda.</li> <li>● Desechos de comida cocinada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Los residuos fueron tratados en conjunto sin importar su tipo.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>● Pedazos de cartón.</li> </ul>	
B2	500 g/día	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Restos y cáscaras de hortalizas, frutas y poda.</li> <li>● Desechos de comida cocinada.</li> <li>● Pedazos de cartón.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Los residuos fueron tratados en conjunto sin importar su tipo.</li> </ul>
P1	500 g/día	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Restos y cáscaras de hortalizas, frutas, poda y estiércol.</li> <li>● Desechos de comida cocinada.</li> <li>● Pedazos de cartón.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Los residuos fueron tratados en conjunto sin importar su tipo.</li> <li>● Se agregó el MM en conjunto con la cal (para neutralizar la acidez) a los 15 días de iniciar el proceso habitual.</li> </ul>
P2	500 g/día	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Restos y cáscaras de hortalizas, frutas y poda.</li> <li>● Desechos de comida cocinada.</li> <li>● Pedazos de cartón.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Los residuos fueron tratados en conjunto sin importar su tipo.</li> <li>● Se agregó el MM en conjunto con la cal (para neutralizar la acidez) a los 15 días de iniciar el proceso habitual.</li> </ul>
T1	500 g/día	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Restos y cáscara de hortalizas, frutas y poda.</li> <li>● Pedazos de cartón.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Los residuos fueron exclusivamente de origen vegetal.</li> <li>● Triturarlos y picarlos en partículas pequeñas.</li> </ul>

			<ul style="list-style-type: none"> <li>● Voltearlo cada vez que se agrega residuos frescos.</li> </ul>
T2	500 g/día	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Restos y cáscara de hortalizas, frutas y poda.</li> <li>● Pedazos de cartón.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Los residuos fueron exclusivamente de origen vegetal.</li> <li>● Voltearlo cada vez que se agrega residuos frescos.</li> <li>● Triturarlos y picarlos en partículas pequeñas.</li> </ul>

**Cuadro 10.** *Instrumentos empleados para la medición de parámetros*

<i><b>Instrumento</b></i>	<i><b>Descripción del uso</b></i>	<i><b>Incertidumbre</b></i>
<b>Termómetro de compostaje</b>	Se colocó en el centro del sistema durante 5 min, pasado el tiempo se anotará el valor.	$\pm 5^{\circ}\text{C}$
<b>Cintas indicadoras de pH 0 -14</b>	Se insertó la cinta en el compostaje durante unos minutos hasta que se humedezca el papel e indique el nivel de pH.	$\pm 0,5$

Como parte del proceso, se brindaron guías impresas y digitales a los participantes a través de un grupo de la aplicación WhatsApp, con el fin de tener una comunicación transparente y brindar asesoramiento directo en caso de complicaciones en alguna parte del proceso.

### *3.5.3.1 Recolección y análisis de la información*

Para la recolección de información de la variable técnica, se utilizaron los instrumentos para la medición de parámetro, observación en campo y análisis químico de los abonos orgánicos obtenidos con el fin de determinar las características fisicoquímicas de estos. Con respecto al análisis químico, se tomó una muestra de 500 gramos de cada tipo de

abono, se colocaron en bolsas Ziploc nuevas, se sellaron, rotularon y se transportaron en cajas para, posteriormente, ser analizadas en el Laboratorio de Suelos y Foliare de la Universidad de Costa Rica.

Para la variable económica, se contemplará el costo de las externalidades del proyecto, tomando como base la relación costo-beneficio para definir su rentabilidad. Una vez que se obtienen los datos de ambas variables, se procesan en la plataforma de Microsoft Excel para ser analizados por medio de la estadística inferencial con pruebas paramétricas que permitirán la comparación de los resultados de ambas técnicas de compostaje.

#### *3.5.3.2 Elaboración de la Propuesta para el tratamiento de residuos orgánicos en hogares de Matina*

La propuesta para el manejo de los residuos orgánicos fue elaborada con el objetivo de explicar las técnicas de compostaje y diversas especificaciones para la aplicación de los métodos en hogares y comercios. Esta tomó como base los resultados y experiencias de los participantes del proceso anterior y contiene los siguientes aspectos: 1) definición de conceptos y clasificación de los residuos, 2) introducción, 3) guías para su elaboración, 4) beneficios y limitaciones de las técnicas, 5) experiencias de la comunidad, 6) agradecimientos, 7) recomendaciones para su aplicación en el cantón de Matina y 8) bibliografía. El documento se elaboró en formato digital para su divulgación y se utilizó como herramienta de referencia para la creación de los talleres de capacitación.

#### **3.5.4 Fase 4. Campaña de sensibilización sobre el tratamiento de residuos sólidos**

La campaña para sensibilizar a la población se realizó de la mano conforme evolucionó el proyecto. Inicialmente, se realizó un taller el sábado 24 de octubre del 2020 a través del zoom de la Municipalidad para comunicar a las comunidades aspectos básicos de los residuos, priorizando el tratamiento de orgánicos en casa. Seguidamente, el lunes 26 de octubre se impartió un segundo taller enfocado en la optimización del compostaje y como

acelerar el proceso a través del uso de Microorganismos de Montaña. En dicho taller, se contó con la presencia del Máster Allan Chavarría, académico de la UNED.

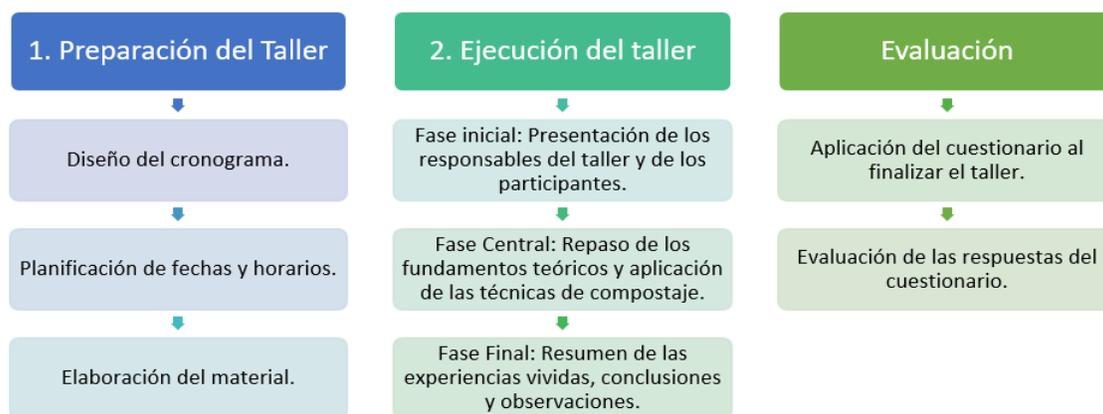
Con respecto a la gestión de los residuos sólidos domiciliarios en el cantón se aplicó por medio de dos etapas: 1) divulgación de material audiovisual y 2) talleres de sensibilización. Para la primera etapa, se elaboraron vídeos breves, juegos y guías tomando como fuente de información la *Propuesta para el tratamiento de residuos orgánicos en Matina* y el Plan Municipal para GIRS. Estos fueron elaborados con las herramientas de Microsoft Publisher, Filmora y el programa de diseño en línea Canva, y contemplaron tres tipos de población, así como su lugar de divulgación:

- **Población en general:** el objetivo fue brindar información relevante a la temática por medio de videos, guías y brochures enviados a través de redes sociales, correos electrónicos y compartidos durante los talleres.
- **Personas infantiles:** la información destinada para este grupo fue más sencilla para su interpretación y con colores llamativos. Los materiales fueron juegos como dibujos para colorear representando el proceso de compostaje y sopas de letras con palabras relacionadas al tema.
- **Instituciones gubernamentales, asociaciones de desarrollo:** este público tiene la particularidad de generar mayor impacto a nivel cantonal, por lo que se compartió la información a miembros de instituciones del cantón con el fin de que tengan los insumos necesarios para liderar proyectos afines al tema, tanto a nivel comunal como institucional.

Este material se procedió a divulgar mediante las redes sociales de la Municipalidad y el Programa ISA, así como a través de la red de contactos y grupos de whatsapp del Programa ISA. La difusión se dio mayoritariamente en forma digital debido a las circunstancias del covid-19.

La segunda etapa contempló los tres talleres de capacitación para sensibilizar a la población con respecto al manejo sostenible de los residuos valorizables y orgánicos en hogares del cantón. El objetivo de esta actividad fue explicar la información de divulgación

antes propuesta basándose en los resultados obtenidos del proyecto de tesis y la simulación de las técnicas de compostaje en campo para que los participantes pudiesen involucrarse. Cada taller se realizó en un lugar representativo de los distritos Batán, Carrandí y Matina, donde pudieron participar adultos de forma presencial. Durante los talleres, se tomó como base el orden descrito en la **Figura 8** sobre la aplicación de los talleres. Una vez finalizados, se envió un cuestionario a los participantes para conocer sus opiniones acerca de los talleres brindados (**Anexo 13**).



**Figura 8.** Aplicación de los talleres de capacitación

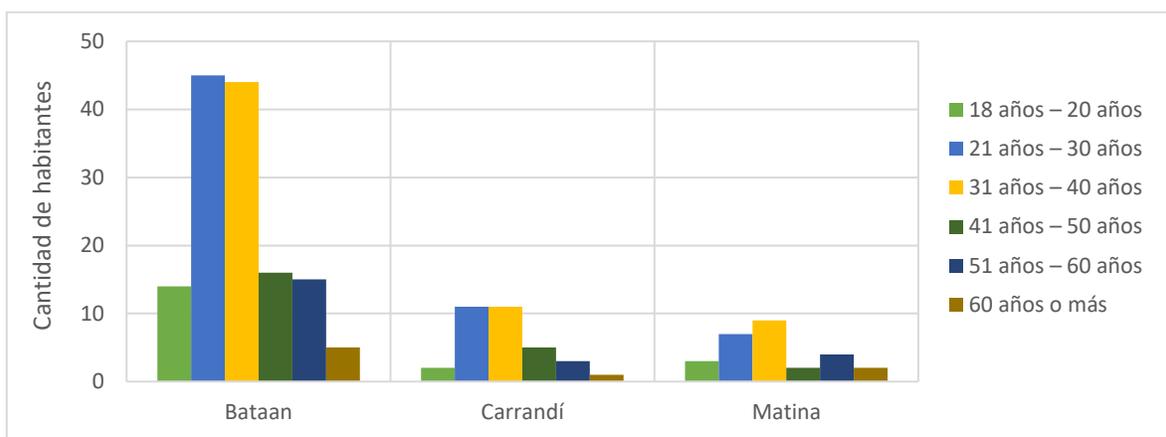
## 4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 FASE I. Evaluación de la gestión de residuos

La fase evaluativa sobre la gestión de los residuos sólidos resume las acciones que ha tomado la Municipalidad de Matina en relación con la temática, considerando la opinión de los usuarios y actores sociales importantes de la zona. La observación en campo y la aplicación de los instrumentos de investigaciones propiciaron la obtención de resultados agrupados mediante ejes temáticos.

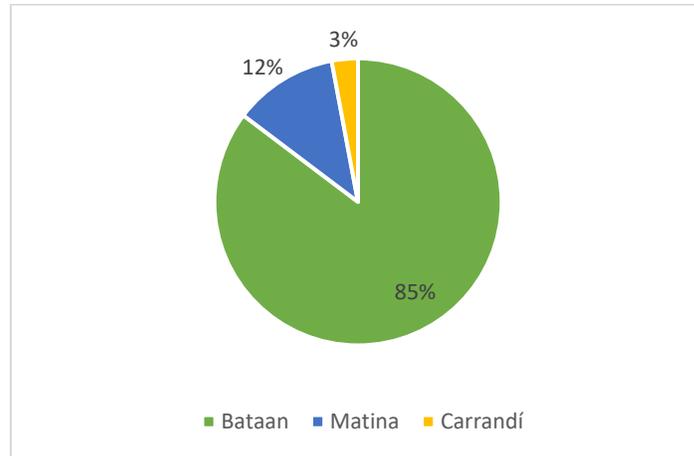
### 4.1.1 Contexto de Matina

De acuerdo con los indicadores demográficos cantonales del país, Matina tiene una población total de 42 352 personas, donde 22 736 son hombres y 19 616 son mujeres. (INEC, 2013). Para efectos del estudio, se aplicaron 199 encuestas a viviendas, representada una por familia, y 34 encuestas a comercios de todo el cantón. Según los datos recopilados de viviendas, Batán fue el sitio que brindó mayor cantidad de respuestas, esto por ser el distrito con mayor densidad poblacional y comercios. De las personas entrevistadas, se obtuvo que la moda en los hogares del cantón es de cuatro habitantes por vivienda y la edad de las personas ronda entre los 21 y 40 años (**Figura 9**).



**Figura 9.** Edad de personas entrevistadas por distrito.

A nivel comercial, se evidencia la presencia de industrias, pequeñas y medianas empresas a lo largo del cantón, siendo las bananeras la mayor fuente de empleo. De los comercios entrevistados, se determinó que el 85 % (n=29) se encuentran en Batán, 12 % (n=4) en Matina y 3 % (n=1) en Carrandí (**Figura 10**). De acuerdo con los días de funcionamiento, el 38 % (n=14) de estos se encuentra laborando los siete días de la semana y la cantidad de trabajadores varían según el tamaño de la empresa.



**Figura 10.** Cantidad de comercios por distrito

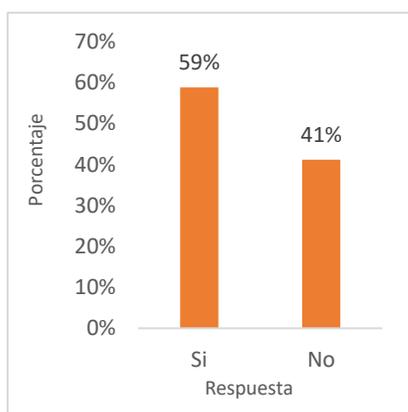
En cuanto a características hidrometeorológicas, esta zona es propensa a inundaciones, debido a la red fluvial que se define por un conjunto de dos quebradas y siete ríos causantes de estas amenazas. La recurrencia de esta situación se genera por el lanzamiento de desechos sólidos a los cauces, reduciendo la capacidad de la sección hidráulica, y provocando el desbordamiento de ríos y quebradas. A esto se le añade la ocupación de las planicies de inundación, el desarrollo agropecuario y urbano sin planificación alguna (CEPRONA, 2014).

Con el contexto territorial definido, se confirma que el conocimiento de las actividades diarias, costumbres y conductas de la población permite entender su incidencia directa en la gestión de residuos sólidos domiciliarios, ya que las acciones que afectan el medioambiente repercuten también la salud humana y la calidad de vida de las personas. Ejemplo de ello fue lo mencionado en el grupo focal, donde se delimitaron algunas de las vivencias en el cantón:

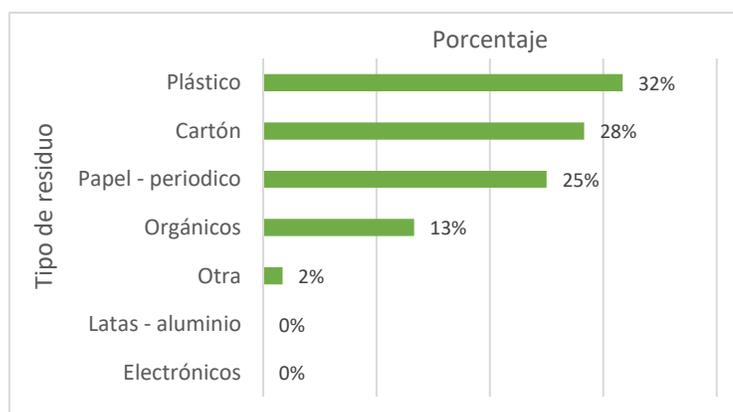
- “La población sensibilizada ha modificado sus hábitos en cuanto a generación de basura”.
- “Hay algunos pobladores que han actuado frente a la acumulación de residuos mal dispuestos en las calles como en Barrio Cacao”.
- “Se ha reducido la acumulación de basura debido al aumento a la frecuencia de la recolección de residuos”.

- “La quema de residuos y los botaderos clandestinos son situaciones que aún se consideran normales para algunas personas, por lo menos donde yo vivo”.
- “La situación nacional de la enfermedad COVID-19 hizo que las gestiones administrativas sean más lentas”.

Asimismo, los miembros del Comité del Plan GIRS actual confirmaron que la Municipalidad de Matina ya se encuentra trabajando en la temática por medio de la siguiente observación: “Se ha realizado un esfuerzo para la recolección mensual de residuos valorizables y la realización de algunas campañas de educación”. Lo anterior se valida por medio de las encuestas a comercios, confirmándose que el 59 % (n=20) de estos participan del Programa de Reciclaje del cantón, que lleva los residuos valorizables al Centro de Acopio Municipal para su posterior tratamiento o disposición (**Figura 12**). Asimismo, se determinó que el residuo más generado en los establecimientos es el plástico (**Figura 11**).



**Figura 12.** Participantes del Programa de reciclaje del cantón



**Figura 12.** Predominancia de residuos que se generan en comercios

#### 4.1.2 Evaluación del plan

El Plan GIRS de Matina 2014-2018 fue un documento realizado bajo contratación directa de la Fundación Centro de Producción Nacional (CEPRONA). Se tomó en consideración la metodología estipulada por CYMA, que requería la participación ciudadana para diagnosticar la gestión municipal y establecer metas que fueran de bajo costo, con alto impacto y factible de implementar. Dentro de los rubros del plan, se destacó su cobertura en los tres distritos, periodo de ejecución de cinco años y el establecimiento de dos rutas de

recolección de residuos. Como complemento, se estimó un promedio diario de 15,52 t de residuos sólidos recolectados, sin embargo, no se calculó la tasa de generación por habitante/día ni se realizaron estudios de composición.

Para conocer el grado de cumplimiento del Plan GIRS 2014-2018, se realizó una lista de verificación con las actividades asociadas a los tres objetivos establecidos en el documento oficial, donde se obtuvo que solo el 56 % de las actividades fueron logradas. Según la información del **Cuadro 11**, 16 de 40 fueron alcanzados en la administración pasada, no obstante, 13 fueron parcialmente alcanzados y 11 no fueron ejecutados, lo que refleja una serie de tareas aún pendientes.

**Cuadro 11.** *Nivel de cumplimiento del Plan GIRS 2014-2018*

Datos obtenidos	Valores
Actividades totales de Plan GIRS 2014 - 2018	40
Actividades alcanzadas	16
Actividades parcialmente alcanzadas	13
Actividades no realizadas	11
<b>Porcentaje de cumplimiento</b>	<b>56 %</b>

La lista de verificación con todas las actividades y observaciones se encuentra en Anexos 6. A continuación, se presentan algunas de las actividades no alcanzadas:

**Cuadro 12.** *Ejemplo de actividades no logradas*

Objetivo	Actividades no logradas
<b>Objetivo 1. Lograr un mejoramiento de los servicios municipales de residuos sólidos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se emitió una directriz para responsabilizar a los funcionarios</li> </ul>

	<p>municipales a separar los materiales reciclables generados.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se realizó un análisis de la base de datos de contribuyentes para identificar a los usuarios morosos del servicio de limpieza de vías de períodos anteriores y establecer una estrategia eficaz de cobro.</li> </ul>
<b>Objetivo 2. Sensibilizar a la población hacia el cumplimiento de la Ley 8839 y el manejo adecuado de los residuos sólidos.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se realizó 6 obras de teatro infantil de promoción del reciclaje por año.</li> </ul>
<b>Objetivo 3. Establecer un sistema de recolección selectiva y separación de materiales reciclables</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se cuenta con acuerdos de cooperación formalizados a través de convenios entre los diversos actores y sectores involucrados en este proceso.</li> <li>• Se aumentó el número de empresas, agroindustrias que <b>aprovechan</b> los residuos orgánicos para producir abono orgánico.</li> </ul>

Durante la evaluación del Plan no se logró conocer la razón del incumplimiento de las actividades ya que, debido a la longevidad del documento, las personas responsables no se encuentran actualmente laborando en la Municipalidad y al intentar contactarlas no se obtuvo respuesta o del todo desconocían las razones. Esto evidencia la deficiente trazabilidad y la necesidad de personas comprometidas en el comité de PMGIRS.

De las observaciones tomadas en el grupo focal, se enfatizó que los miembros del Comité del Plan GIRS actual brindaban ayuda para que el Departamento de Gestión Ambiental cumpliera con algunas de sus funciones, pese a contar con poco presupuesto y

poca disposición de los jerarcas en años anteriores. Adicionalmente, los participantes mencionaron que el Comité debe crearse con personas que se encuentren realmente comprometidas, ya que los miembros han entrado y salido de este en los últimos cinco años sin responsabilidad, esto muestra la necesidad de formalizar el comité a través de su respectiva juramentación.

#### 4.1.3 Sitios de disposición final

Mediante la observación en campo, se identificaron puntos variados de disposición ilegal de residuos, los cuales se visualizaron en los tres distritos del cantón (**Figuras 13 y 14**). De la misma manera, esta situación fue confirmada por los miembros del Comité, brindando los siguientes comentarios:

- “Hay puntos que ya están identificados y que son problemáticos, porque la cantidad de residuos que se depositan en estos lugares se hace todos los días”.
- “Las personas no contemplan el costo de recolectar y transportar los residuos sólidos a los rellenos sanitarios”.
- “El Ministerio de Educación Pública (MEP) no aborda con mayor fuerza este tema desde las aulas”.

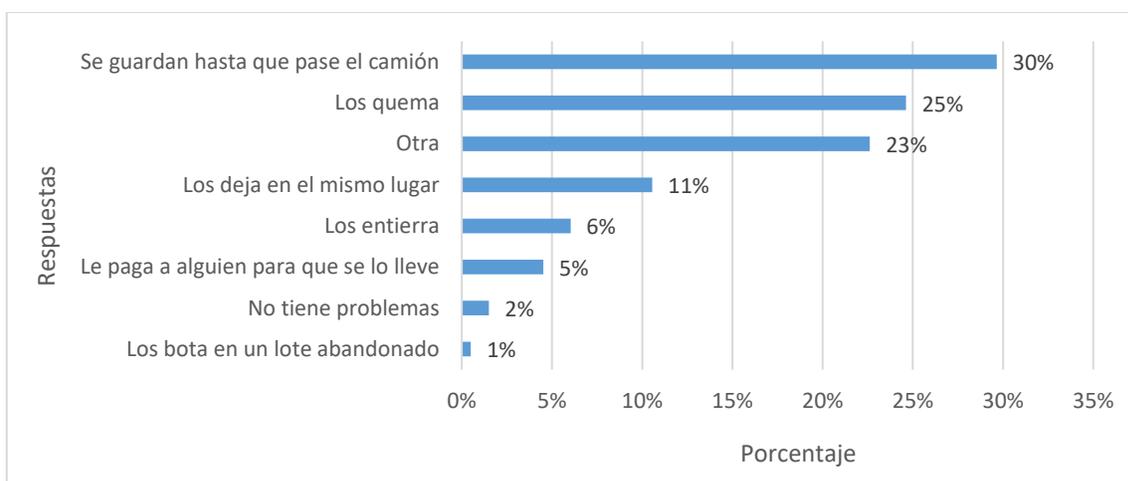


**Figura 13.** Disposición de residuos en Cuba Creek, Carrandí



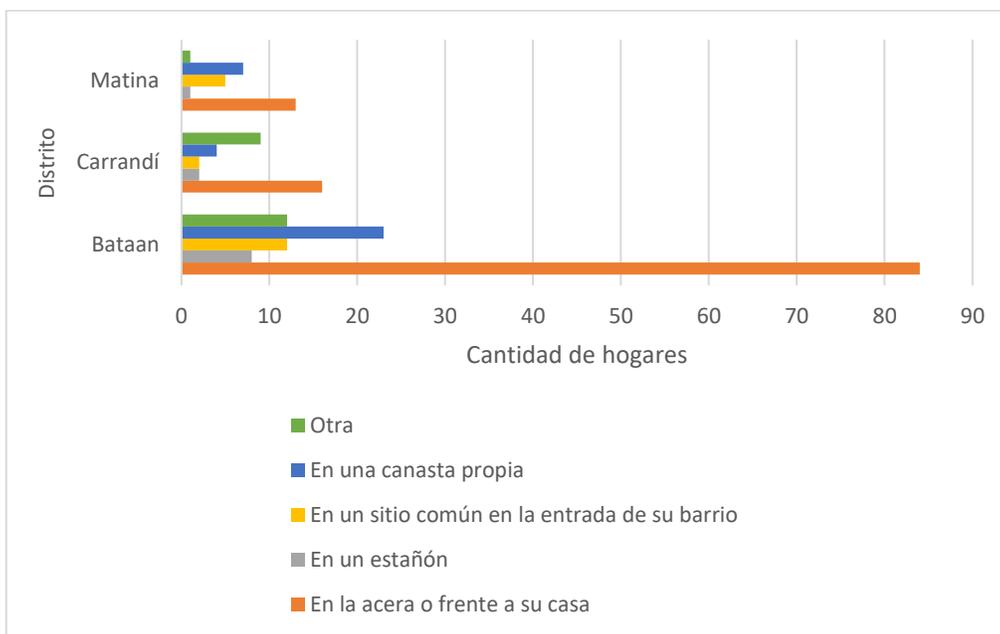
**Figura 14.** Generación de puños de residuos en Sucursal CCSS, Bataan

Lo anterior es una realidad presente en muchos de los municipios del país que no puede desatenderse, ya que tiene el potencial de provocar daños a la salud humana y medio ambiente. A pesar de ser esto un reflejo de la falta de concientización ambiental, la población de Matina ha carecido de un servicio constante y puntual en los últimos años, lo que lleva a la acumulación de residuos y toma de acciones como lo mostrado en imágenes. La **Figura 15** señala que hay tres maneras predominantes de gestionar los residuos si el camión no pasa: 1) se guarda hasta que el camión pasa, 2) los quema y 3) realiza otra gestión, confirmando que las personas pueden proceder a prácticas indebidas debido al incumplimiento del servicio en el horario respectivo. A nivel de comercios, el 91 % (n=31) indicó que lo mantiene almacenado hasta que pase el camión, acción conveniente para evitar propagación de olores y acumulación de residuos en aceras.



**Figura 15.** *Acciones de las personas cuando el camión no pasa*

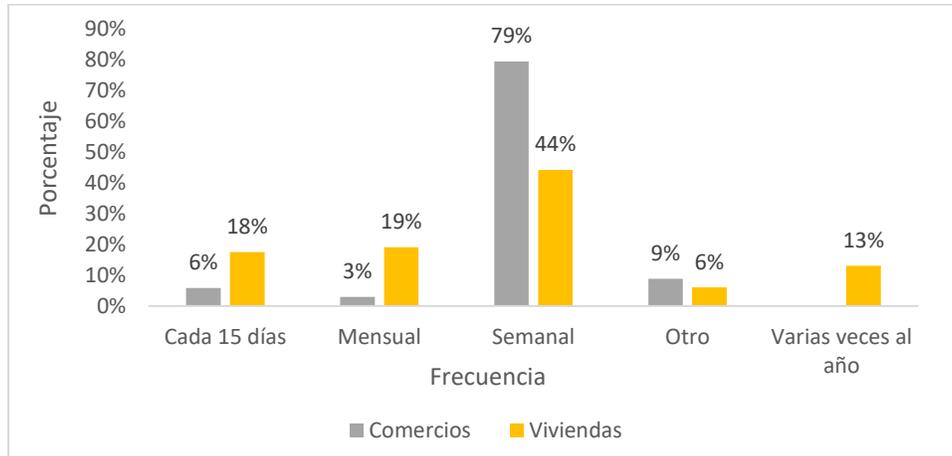
Sin embargo, es de consideración que no todas las viviendas poseen un espacio adecuado para colocar sus residuos para el momento de recolección. La **Figura 16** señala que la mayoría de los hogares de los tres distritos colocan sus residuos en la acera o por la calle de enfrente, condición que influye en la generación de malos olores, rompimiento de las bolsas por animales y esparcimiento de los residuos alrededor de la comunidad.



**Figura 16.** Lugar donde colocan los residuos antes de su recolección en viviendas

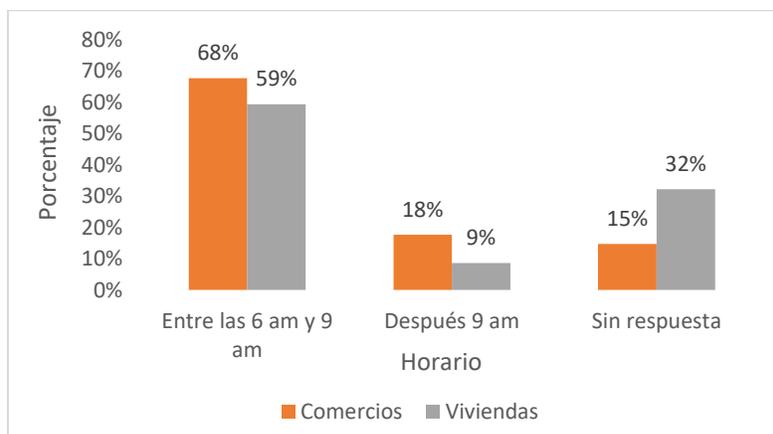
#### 4.1.4 Cobertura del servicio

En cuanto a la cobertura del servicio de recolección en viviendas, únicamente el 67% (n=134) de los encuestados afirman recibir el servicio de recolección, destacándose Carrandí como el distrito con menores recolectas, dada la falta de abastecimiento de camiones recolectores que puedan ampliar el servicio. A pesar de que la variabilidad de la frecuencia de recolección ha llevado a que las personas no perciban un servicio constante y estructurado, predomina la recolecta semanal para viviendas y comercios (**Figura 17**).

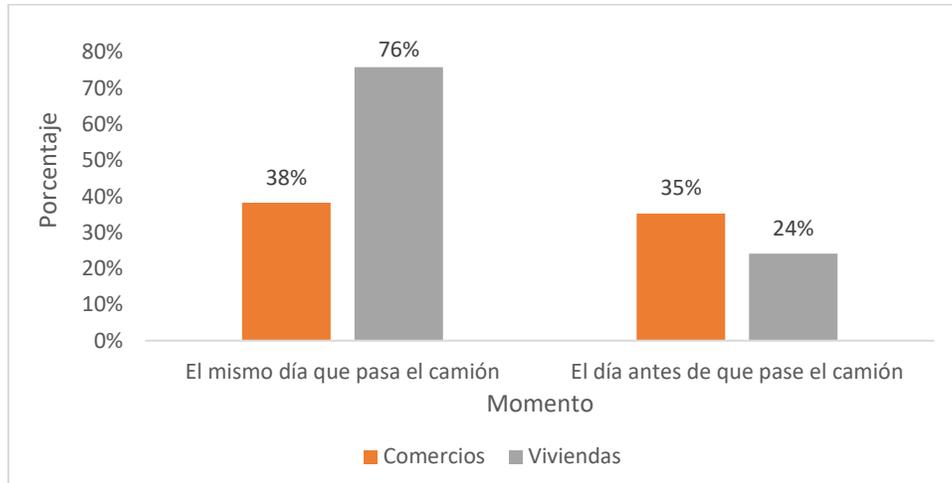


**Figura 17.** Frecuencia de recolección de residuos sólidos en viviendas y comercios

Con respecto al horario, el 68 % (n=23) de los comercios y el 59 % (n=118) de las viviendas indicaron que la recolección se da entre las 6 a.m. y 9 a.m., situación que favorece la preparación de los residuos para su debida recolecta (**Figura 18**). Ante los encuestados que desconocen sobre el horario, la Municipalidad deberá replantear la divulgación de las nuevas rutas para que sean de conocimiento general para toda la población y, de esta manera, evitar confusiones sobre el momento en el cual se deban disponer los residuos fuera de comercios y viviendas (**Figura 19**).



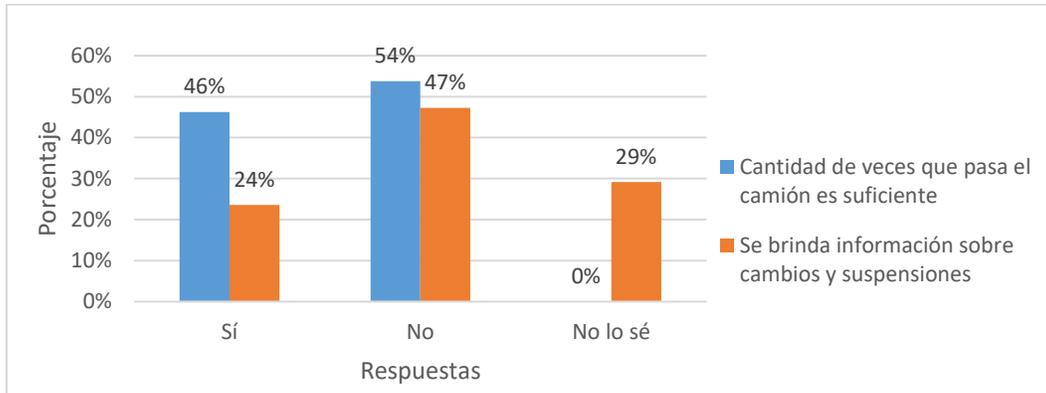
**Figura 18.** Hora de recolección de residuos sólidos en viviendas y comercios



**Figura 19.** Momento cuando se sacan los residuos en viviendas y comercios

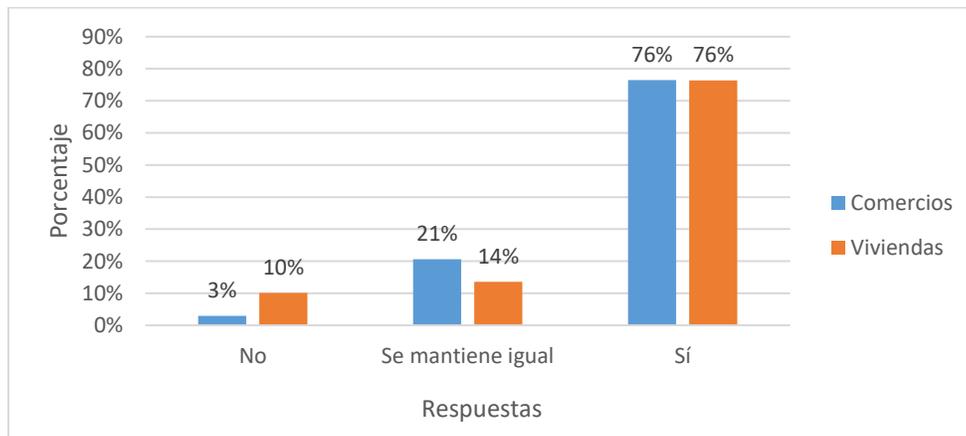
#### 4.1.5 Calidad del servicio

La calidad es el grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos esperados, aspectos que pueden identificarse mediante la percepción de usuarios. Primeramente, los usuarios a quienes se llama también clientes determinaron en su mayoría que la cantidad de veces que pasa el camión recolector no es suficiente para lo que se genera en barrios y comunidades. Con respecto a la divulgación de información sobre la suspensión del servicio y los cambios en las rutas de recolección que reciben las viviendas, el 47 % (n= 94) destacó que la Municipalidad no comunica con anticipación sobre las modificaciones que realizan (**Figura 20**). Lo mencionado evidencia que el canal de comunicación utilizado por el Departamento de Gestión Ambiental debe mejorarse para que sea de acceso a toda la población.



**Figura 20.** Opinión sobre la cantidad de veces que pasa el camión y la comunicación sobre cambios o suspensiones

Asimismo, tanto a comercios como viviendas se les preguntó sobre los buenos cambios que han percibido en el sistema de recolección de residuos en comparación con otros años, donde afirmaron en su mayoría que las acciones implementadas recientemente por la nueva alcaldía 2020-2024 son más satisfactorias (**Figura 21**).



**Figura 21.** Evidencia de los buenos cambios según comercios y viviendas

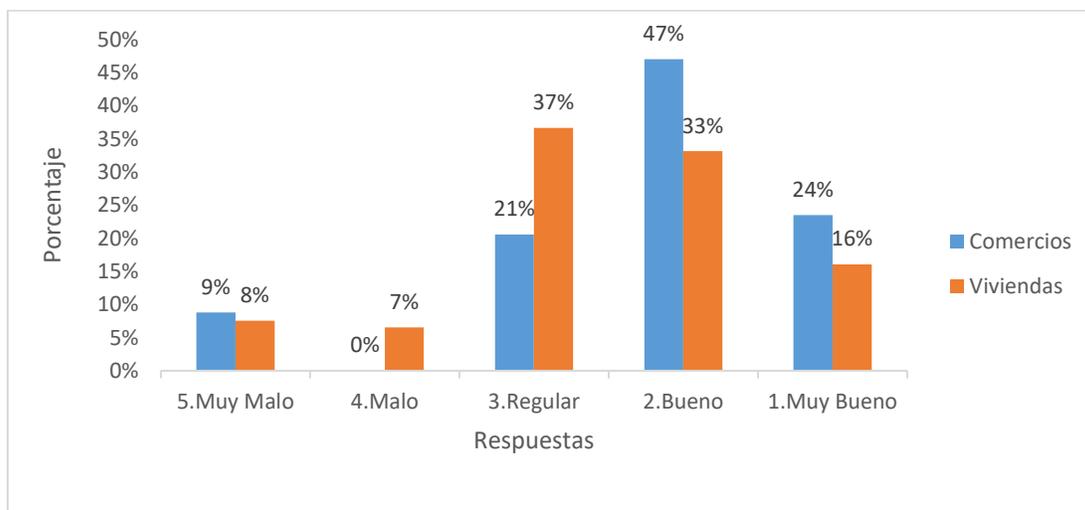
De igual importancia, se preguntó sobre la percepción en general del servicio de recolección, para lo que el 47 % (n=16) de comercios respondió que el servicio es bueno y un 24 % (n=8) muy bueno; lo que confirma que se encuentran satisfechos con el servicio. Parte de las razones señaladas por encargados de los establecimientos son: “porque pasan

más seguido que antes”, “antes la basura se acumulaba por muchos días” y “ahora ha aumentado la frecuencia de recolección y las calles más limpias” (**Figura 22**).

Contrario a las respuestas anteriores, las encuestas a viviendas indicaron que el 36% (n=73) perciben un servicio regular y 33 % (n=66) lo consideran bueno, demostrando variabilidad en las respuestas (**Figura 22**). Esto se debe a que una parte de la población piensa que “el camión no pasa muy seguido” o “porque a veces no avisan oportunamente”, y la otra parte destaca que el servicio ha mejorado “porque ha sido continuo”, “no se ve tanta basura en los barrios” y “porque desde que entró la nueva administración semanalmente pasa recolectando la basura”.

Sin duda alguna, también se señalan malas percepciones con relación al servicio, opiniones de usuarios que deben atenderse como medida de mejora continua. De la misma manera, los encuestados brindaron una serie de sugerencias para mejorar la calidad del servicio, resumidas a continuación:

- Poner en funcionamiento un programa más activo de reciclaje, acompañado de capacitaciones o talleres de sensibilización ambiental.
- Comprar más camiones recolectores para cubrir la cantidad de barrios.
- Definir una ruta y horario de recolección según las necesidades reales de las comunidades.
- Aumentar la divulgación sobre las rutas de recolección y sus horarios.
- Generar mayor contacto con líderes comunales para conocer las necesidades de la zona que representan.



**Figura 22.** Percepción del servicio de recolección según comercios y viviendas

Complementario a las encuestas, los participantes del grupo focal señalaron los desafíos y metas por alcanzar como Comité del Plan GIRS, para que la calidad del servicio mejore en esta nueva administración (**Cuadro 12**).

**Cuadro 13.** Respuestas Eje Temático 5

<b>Desafíos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>Abarcar una importante cantidad de centros educativos para concientizar sobre la gestión adecuada de residuos sólidos.</b></li> <li>● <b>Velar por el cumplimiento del Reglamento para el Manejo Integral de Residuos Sólidos Municipalidad de Matina y la Ley 8839 para la aplicación de sanciones y multas por daño ambiental.</b></li> <li>● <b>Lograr la colaboración de la mayoría de las instituciones públicas del país como miembros del Comité.</b></li> </ul>
<b>Metas por alcanzar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Mejorar el involucramiento de comunidades por medio del ejemplo. Mostrar los avances que se han obtenido gracias a los planes piloto de recolección de residuos valorizables en otras comunidades.</li> </ul>

- Involucrar a las Asociaciones de Desarrollo Integral en las actividades del Comité.
- Proyectos con el CTP. Se sugiere la presencia de un representante del MEP para la vinculación con la temática.
- Establecer metas tangibles sobre lo que se requiere recolectar en cuanto a residuos valorizables.
- Fortalecimiento y creación de alianzas público-privadas para optimizar la gestión de residuos. Aprovechar el convenio con alguna empresa bananera que quiera sumarse a hacer la diferencia en esta temática.
- Darle mayor significancia al tratamiento de los residuos orgánicos en casa por medio del compostaje.

#### **4.1.6 Evaluación de las rutas de recolección**

##### *4.1.6.1 Descripción de las rutas*

El cantón de Matina cuenta con tres rutas de recolección establecidas (**Cuadro 13**), pero durante la gira realizada solo se pudo evaluar las primeras dos, ya que el tercer camión encargado de la ruta 3 se encuentra averiado; por consiguiente, en la medida de lo posible, el camión de la segunda ruta se hace cargo, pero a raíz de esto, se atrasa en la ruta 2. Otra consecuencia de la insuficiencia de equipo es que hay barrios dentro del cantón que no reciben servicio de recolección nunca y pertenecen a los tres distritos:

- Larga distancia
- Lomas del toro
- Goshen
- Corina
- San Miguel
- Saborío
- La Maravilla

- Bananita
- 15 Millas
- La alegría
- La esperanza
- Banasol
- Baltimore (hay servicio en algunas zonas)
- Bellavista
- Palestina

**Cuadro 14.** Organización de las rutas de recolección

Días	Detalle de las rutas		
	<i>Ruta 1</i>	<i>Ruta 2</i>	<i>Ruta 3</i>
Lunes	Barrio IMAS - Barrio Costa Rica - Las Palmas - Los Castillo - María Agüero- Bandeco - Batán centro	*Matina centro Barrios de Estrada: Brisas, Precario, centro, Pueblo Nuevo, San José Creek, Campesinos *Fincas: Peña, Bioban 1, Turquesa, Montebello, Palo Verde	Placeres, 24 Millas, Aeropuerto, Luzón, Leyte, Santa Marta *Fincas: Miluca, Arenal, Placeres, Leyte, Santa Marta
Martes	La Paz – Trinidad – Miraflores - Los Lagos Batán centro	Probana, Zent Viejo, Tajo Chirripó, Zent Nuevo, Brisas de Zent *Fincas: Aproveco, Zent, Monteverde	Almendros, Sahara, Pueblo Nuevo de Sahara, La Unión *Fincas: Orosí 1, Orosí 2, Frubasa 1, Potosí
Miércoles	Aselyca - San Antonio - Barrio W. Céspedes – Cacao - Canasta Monte Líbano – Jackson - La Fila - Jardín - Batán centro	*Matina centro Pista 32, Venecia, Barrio Salas, La Flor. *Fincas: Miravalles 1,	Cenízaro, 26 Millas, 28 Millas, Esfuerzo *Fincas: El Esfuerzo

		Miravalles 2, Chirripó, Venecia	
Jueves	Porvenir - Ramal 7- Recta desde bomberos hasta Cementerio Nuevo - Batán centro	Cuba Creek, Boston *Fincas: Carrandí A, Carrandí B	Espabel, Las Vegas, Barbilla, Davao *Fincas: Bioban 2, Aproveco 2
Viernes	Detrás de Cementerio Viejo - Cuadrante Viejo - Batán centro	*Matina centro Barrios Matina: Goly, Matinita, Managüita, Centro, Río, CCSS, Antigua Bomba Lester, Recta a Santa Clara *Fincas: Lagartos	B-Line, Banabac, Bristol, Baltimore. *Fincas: Baltimore

En el **Cuadro 15**, se detallan las características técnicas de los camiones utilizados para el servicio de las rutas 1 y 2.

**Cuadro 15.** *Características técnicas de los camiones*

<i>Ruta</i>	<i>Placa</i>	<i>Año</i>	<i>Modelo</i>	<i>Carga útil (t)</i>	<i>Peso bruto (t)</i>	<i>Volumen (m<sup>3</sup>)</i>
<b>1</b>	SM-6576	2016	International 7600	11,12	27,64	63,62
<b>2</b>	SM-6585	2016	International 7600	11,2	16,28	68,23

Ambas rutas cuentan con dos cuadrillas conformadas por dos recolectores y un chofer. Su horario laboral es de 6 a.m. a 1 p.m.

***Ruta 1. Batán***

El distrito de Batán es el más representativo a nivel comercial del cantón, ya que se desarrollan la mayoría de las actividades económicas de la zona. Por ello, la Municipalidad le da prioridad a atender esta zona, debido a su alta generación de residuos.

**Cuadro 16.** *Características de la ruta durante la semana de evaluación*

<b>Ruta 1</b>	<b>Recorrido total de la ruta (km)</b>	<b>Tiempo promedio por parada</b>	<b>Toneladas recolectadas</b>	<b>Recorrido en reversa (km)</b>	<b>Recorrido repetido (km)</b>
Lunes	17	03:23	7,36	1,04	2,58
Martes	21	04:28	5,62	1,18	1,85
Miércoles	19	06:55	7,48	1,37	3,57
Jueves	22	03:23	5,48	1,27	1,16
Viernes	14	03:44	7,35	0,37	1,72
<b>Promedio</b>	<b>18,6</b>	<b>04:22</b>	<b>6,658</b>	<b>1,05</b>	<b>2,17</b>
<b>Total</b>	<b>93</b>	<b>-</b>	<b>33,29</b>	<b>5,23</b>	<b>10,87</b>

A continuación, se muestra un mapa representando la ruta 1 donde ilustran parte de la información descrita anteriormente. El resto de los mapas generados se encuentran en anexos 14 al 24.

### Recolección de residuos sólidos del Lunes - Ruta 1 Bataan



**Figura 23.** Recorrido de la ruta 1 asignada al lunes

La **Figura 23** evidencia los característicos “puños” o puntos de acumulación de residuos, donde las personas de la comunidad vierten los residuos en lotes baldíos o esquinas al lado de calles principales. Durante el recorrido, los miembros del servicio de recolección comentaban que es un fenómeno habitual en la zona y que todos los días el camión debe realizar la parada en los puños, ya que diariamente se acumulan los residuos. Esto supone un gran desafío, ya que el tiempo que requirió limpiar dichos vertederos durante toda la semana fue de 1 hora, 4 minutos y 11 segundos; tiempo que se podría utilizar para llegar a más barrios o aumentar la frecuencia del servicio en ciertas zonas del distrito.

### ***Ruta 2. Matina y Carrandí***

Esta ruta cubre zonas más alejadas del centro y rodeadas, en su mayoría, por plantaciones de banano. En estos dos distritos se concentran las zonas que, hasta el momento, nunca reciben recolección de residuos por su difícil acceso y la insuficiencia de camiones.

**Cuadro 17.** *Características de la ruta durante la semana de evaluación*

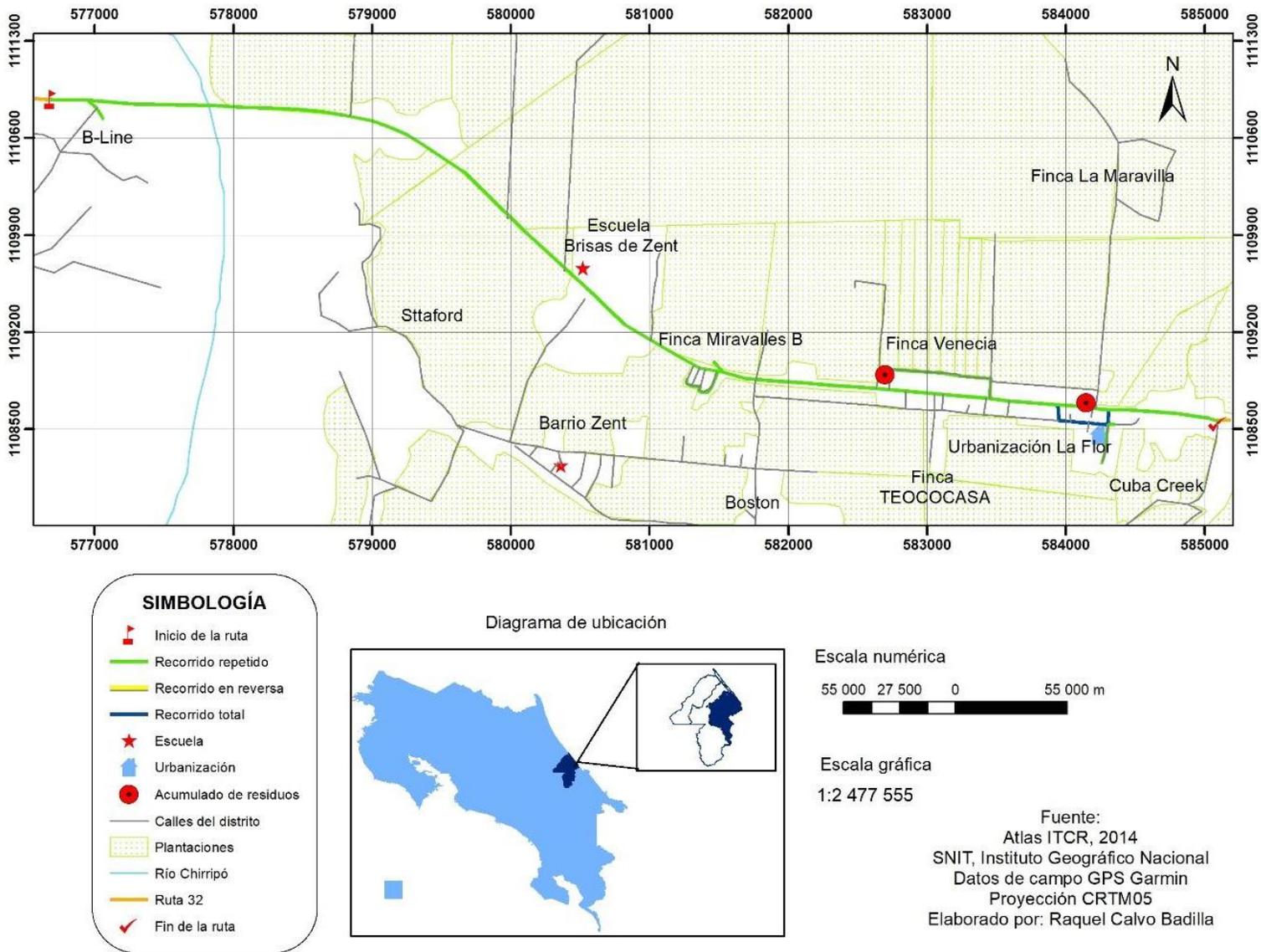
<b>Ruta 2</b>	<b>Recorrido total de la ruta (km)</b>	<b>Tiempo por parada</b>	<b>Toneladas recolectadas</b>	<b>Recorrido en reversa (km)</b>	<b>Recorrido repetido (km)</b>
Lunes	22,5	03:52	7,84	1,12	1,87
Martes	26,3	04:49	6,39	0,93	16,65
Miércoles	28,2	15:46	7,92	0,81	6,88
Jueves	22,2	16:45	15,66	1,82	19,05
Viernes	NA	NA	NA	NA	NA
<b>Promedio</b>	<b>24,8</b>	<b>10:18</b>	<b>9,4525</b>	<b>1,17</b>	<b>11,12</b>
<b>Total</b>	<b>99,2</b>	<b>NA</b>	<b>37,81</b>	<b>4,67</b>	<b>44,46</b>

NA: No aplica.

A continuación, se muestra un mapa representando la ruta 2 donde ilustran parte de la información descrita anteriormente. El resto de los mapas generados se encuentra en anexos 14 al 24.

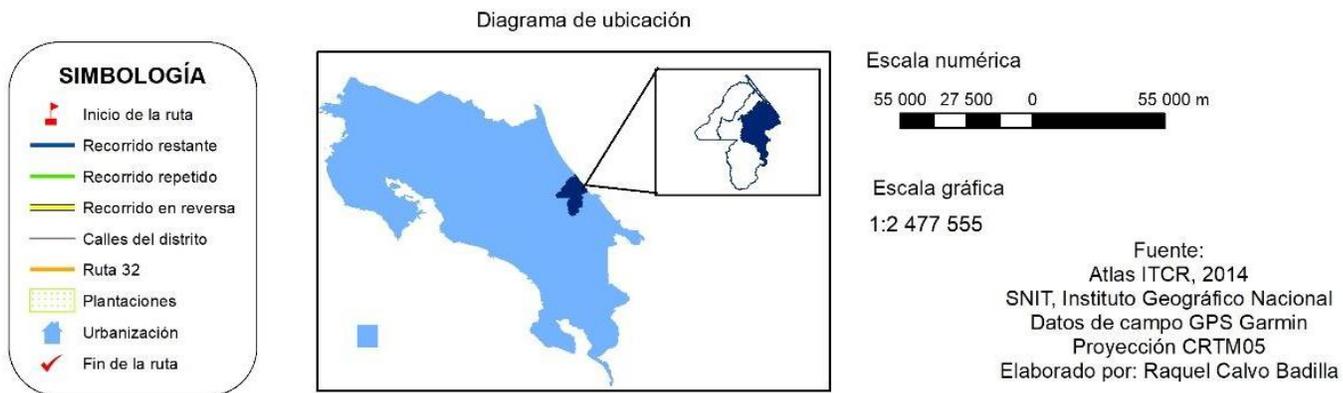
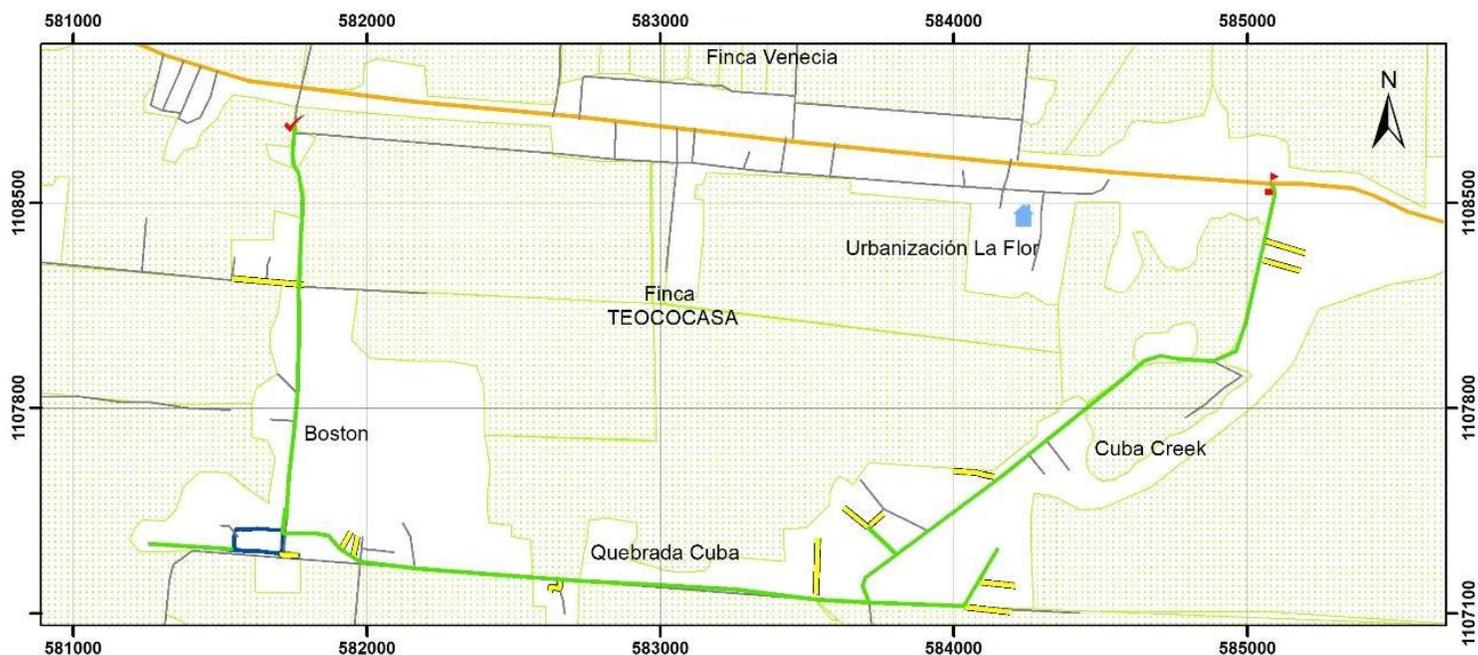
En la **Figura 24**, se muestra cómo los pueblos del distrito se encuentran inmersos en plantaciones bananeras, lo cual abre la posibilidad de futuras alianzas público-privadas en el tema de tratamientos de residuos sólidos a nivel cantonal. Asimismo, se evidencia la existencia de los “puños” también en esta ruta.

## Recolección de residuos del jueves - Ruta 2 Carrandí



**Figura 24.** Recorrido de la ruta 2 asignada al jueves (parte 1)

## Recolección de residuos restante del jueves - Ruta 2 Carrandí



**Figura 25.** Recorrido de la ruta 2 durante el jueves (restante)<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Al no poder finalizar el recorrido de la ruta del jueves (ya que, al averiarse el tercer camión recolector, no alcanzó el tiempo para recolectar todas las zonas pendientes), el viernes se le dio continuidad.

#### 4.1.6.2 Indicadores de las rutas

Durante el recorrido de ambas rutas, todos los días se realizaron movimientos en reversa. Debido al ordenamiento del territorio, la mayoría de los barrios cuentan con accesos estrechos donde se imposibilita el espacio para virar o maniobrar fácilmente con las dimensiones de un camión recolector. Pese a que el movimiento en reversa se trata de una maniobra peligrosa, ambos camiones cuentan con espejos retrovisores en buen estado y las personas recolectoras se encargan de guiar al chofer en los momentos que se requieran. Además, durante estos movimientos, el camión avanza a baja velocidad tomando las precauciones del caso.

En el **Cuadro 17**, se presentan los indicadores calculados para ambas rutas basados en la semana de evaluación.

**Cuadro 18.** *Indicadores de las rutas*

<b>Indicador</b>	<b>Ruta 1</b>	<b>Ruta 2</b>
Hora/semana/ruta	20	
t/semana/ruta	33,29	37,81
t/distancia total	0,305	0,255
Carga útil máxima (t)	11,12	11,2
Recorrido en reversa en km/semana	5,23	4,67
Tiempo promedio empleado por parada	04:22	10:18
Distancia total/semana (km)	109	148,3

La distancia total se calculó mediante la siguiente ecuación:

<b>Cálculo de distancia total</b>		
$D_{total} = d_{calles\ y\ caminos} + d_{repetida} + d_{reversa} + d_{fuera\ del\ sector} + d_{pie}$		
Valores promedio durante la semana de evaluación (km)	Ruta 1	Ruta 2

Distancia repetida	10,87	44,46
Distancia en reversa	5,23	4,67
Distancia de calles y caminos	93	99,2
<b>Para ambas rutas, no hay distancia a pie ni fuera del sector por lo que el valor es 0</b>		

También se calcularon indicadores basados en información suministrada por el Departamento de Gestión Ambiental como se muestra en el siguiente cuadro.

**Cuadro 19.** *Indicadores de consumo de combustible, tonelaje y costos asociados*

Consumo de combustible promedio por mes de toda la flotilla utilizada para recolección de residuos sólidos. <sup>5</sup> (L)	Costo del combustible promedio/mes (₡/mes)	Costo por tonelada enviada al relleno (₡/t)
3871	1 739 443	17 500

Fuente: cálculos realizados con registros municipales de consumo durante el período enero – agosto 2020.

#### 4.1.6.3 Análisis de las rutas

Los camiones recolectores de la Municipalidad de Matina recorren en promedio 18,6 y 26,4 km diariamente, sin considerar la distancia de la Municipalidad a la ruta y el viaje al relleno sanitario en Limón. La ruta 2 es la que se desplaza más debido a la lejanía de los poblados en comparación con la cercanía -de tan solo 6 km- entre Batán a Matina. Además, el promedio en t recolectadas de la ruta 2 es mayor que la ruta 1 en un 29,56 %. Esto indica que el camión de la ruta 1 podría abarcar mayor cobertura y, de esta manera, aprovechar la

<sup>5</sup> No se realizan especificaciones por tipo de camión o de ruta, ya que la Municipalidad, al contar con carencias en equipos de recolección, en ocasiones utilizan vehículos alquilados o pertenecientes a la misma institución (pero a diferente departamento), a los que deben cargar de combustible para poder usarlos. Debido a que el presupuesto de la municipalidad no se puede mezclar, aplican recargas en el combustible a los camiones recolectores, aunque en realidad no se hayan realizado a estos. Por ello, no se tiene certeza al 100% de los consumos por tipo de camión.

capacidad de carga del camión. En cuanto al tiempo empleado durante la recolección, en ambas rutas se observó un rendimiento eficiente. En algunas zonas se extendía el tiempo por parada, debido a los puños encontrados, pero no asociados a una mala técnica de recolección.

Una de las principales limitantes a la hora de aumentar la cobertura en el servicio de recolección en el cantón es el desplazamiento hacia el relleno sanitario. El sitio se encuentra en Santa Rosa de Limón, a 40 km de distancia desde Matina, es decir, 80 km aproximadamente ida y vuelta todos los días. El tener que disponer en un lugar tan alejado provoca que, desde las 10 a.m. como límite, se deba terminar la recolección habiéndose cumplido o no la ruta del día, ya que la jornada laboral finaliza a la 1 p.m. Para cumplir ese horario, deben estar en el relleno alrededor de las 11 a.m.

#### *4.1.6.4 Disposición final*

Actualmente, “el sitio de disposición final de los residuos sólidos del cantón de Matina es el relleno sanitario Parque de Tecnología Ambiental (PTA-Limón) ubicado en Santa Rosa de Limón en la finca El Tomatal, ubicado en Limón, 40 km. de Matina” (CEPRONA, 2014). El contrato de depósito y tratamiento de desechos sólidos entre la Municipalidad de Matina y empresas Berthier EBI de Costa Rica S.A. está suscrito bajo licitación, ofreciendo un costo de **₡17 250** por tonelada métrica.

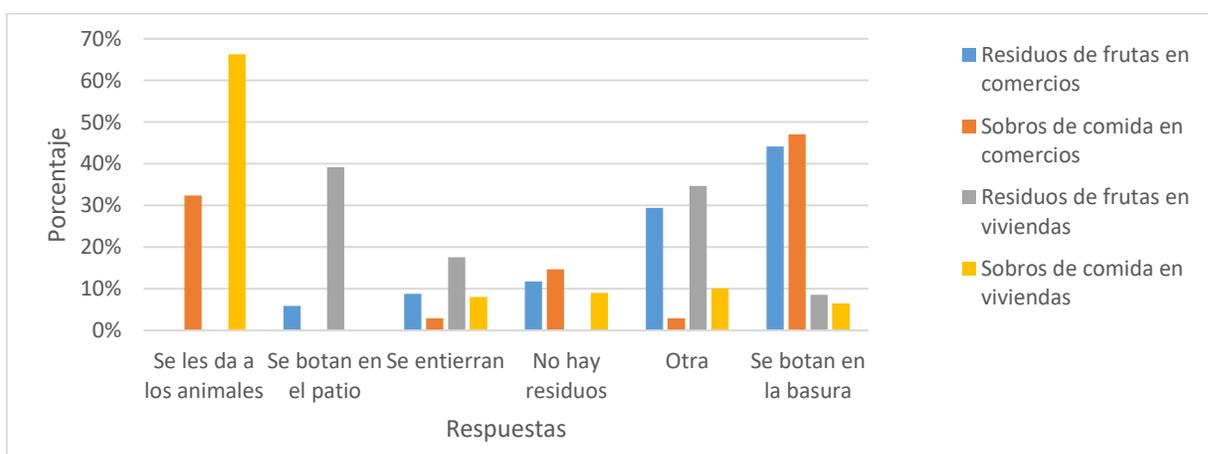
Durante el recorrido realizado en la semana de evaluación, se logró identificar que la carretera de acceso al relleno se encuentra en malas condiciones, acompañada de pendientes y caminos de lastre peligrosas para los funcionarios que viajan en los camiones recolectores, los cuales van cargados con grandes cantidades de residuos. Esto, además de ser peligroso, también afecta el estado de los camiones, ya que ese tipo de carreteras aumenta el desgaste de llantas y deterioro del sistema de suspensión. Lo que se traduce en menor tiempo de vida útil.

Por otro lado, se identificó que los tiempos de traslado al relleno sanitario requieren ser evaluados para buscar estrategias que disminuyan los costos por consumo de gasolina, mantenimiento del vehículo y recurso humano. Con este panorama se establece la necesidad

de buscar tratamientos alternativos a la disposición final, los cuales busquen cumplir con la jerarquización de los residuos

#### 4.1.6.5 Aprovechamiento de los residuos orgánicos

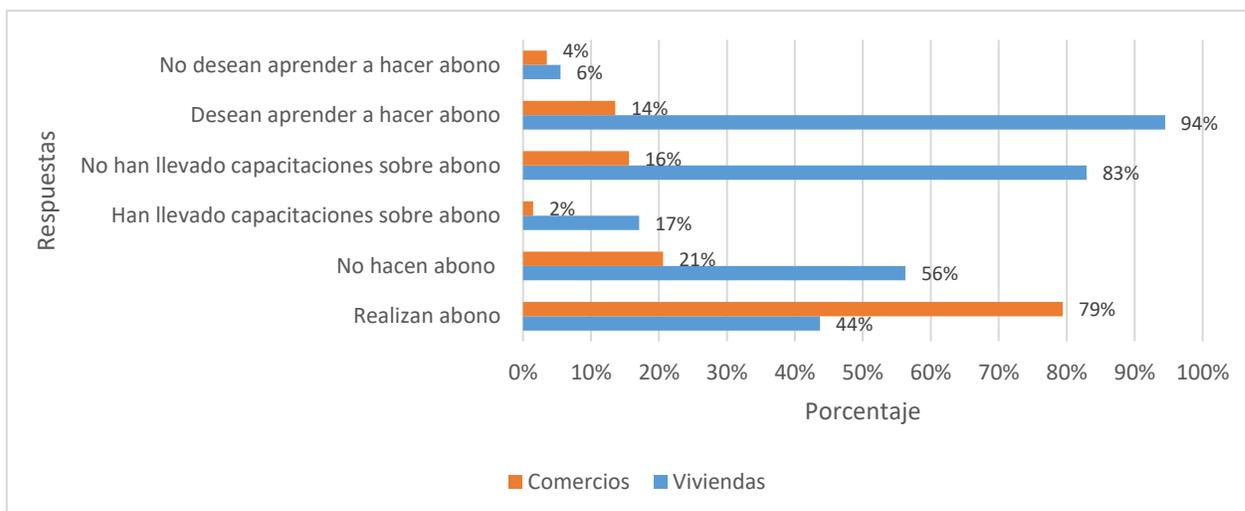
El estudio de generación y composición de residuos de Matina determinó que el 70 % de los residuos generados son de carácter orgánico (Sosa, 2020), por lo tanto, era necesario conocer las formas de disposición que se les da en viviendas y comercios, información clave para la Fase 3 de la investigación que se verá más adelante. En cuanto a los resultados de las encuestas, las familias no suelen colocar lo orgánico en la basura; mientras que los comercios tienden a depositar estos residuos en botes de basura (**Figura 26**).



**Figura 26.** Disposición de cáscaras de frutas y sobros de comida según comercios y viviendas

Se describieron diversas formas de disponer los residuos orgánicos como la utilizada para alimentar a los animales con sobros de comida en el 66 % (n=132) de las viviendas (**Figura 26**). Asimismo, las personas encuestadas que seleccionaron “otra” forma de disponer los residuos mencionaron que los aprovechan para abono y compostaje. Esta variable muestra que las personas tienen conocimiento en la gestión de orgánicos, asociándolo como un producto natural, sin embargo, no se puede comprobar si las prácticas empleadas se aplican correctamente en las viviendas y comercios.

De la misma manera, las encuestas permitieron descubrir que solo el 44 % (n=87) de las viviendas realizan abono y 56 % (n=112) aún no han implementado esta práctica, mientras que solo siete comercios de 34 hacen abono en sus establecimientos (**Figura 27**).



**Figura 27.** Respuestas de viviendas y comercios sobre el abono orgánico

En relación con las capacitaciones, hay 165 familias y 31 comercios que no han recibido talleres para aprender a hacer compostaje, aspecto que puede ser retomado por la Municipalidad en su plan de acción. Finalmente, para integrar las opiniones recibidas con el Plan GIRS 2020-2024, se decidió conocer el interés de los encuestados en recibir talleres para el manejo de residuos orgánicos; el 94 % (n=188) de viviendas y 14 % (n=27) de comercios sí desean aprender sobre compostaje, siendo una proporción significativa para tomar acciones en el tema.

Con la información recopilada en esta fase, se contextualizó la realidad de la gestión de los residuos sólidos del cantón, lo que permitirá establecer puntos de acción para mejorar el servicio de recolección, su cobertura y experiencia del usuario, aspectos importantes que serán abordados en el Plan Municipal 2021-2026.

## 4.2 FASE II. Actualización del Plan Municipal GIRS

La versión del Plan Municipal para la Gestión Integral de Residuos Sólidos de Matina (PMGIRS) 2021-2026 fue realizada bajo los lineamientos determinados por el Ministerio de Salud para su aprobación y aplicación. Los apartados de antecedentes, marco contextual y diagnóstico del PMGIRS 2021-2026 fueron mencionados con detalle en el punto 4.5 de este documento.

#### 4.2.1 Metodología del Plan

En cuanto a la metodología, se tomó como referencia el Manual para la Elaboración de Planes Municipales de Gestión de Residuos Sólidos en Costa Rica del Programa de Competitividad y Medio Ambiente (CYMA, 2007) y la Guía de Contenido de los Planes Municipales de Gestión Integral de Residuos Sólidos del Ministerio de Salud (2019). El esquema metodológico realizado se muestra, a continuación:

**Cuadro 20.** *Esquema metodológico del Plan.*

1. Revisión bibliográfica	Búsqueda de información bibliográfica sobre contexto del cantón de Matina y la gestión integral de residuos sólidos.
2. Conformación del Comité para GIRS	Personas responsables del cumplimiento del Plan Municipal GIRS 2020-2024.
3. Diagnóstico de la situación actual	Resultados de la aplicación de encuestas y grupo focal con actores del cantón.
4. Lineamientos estratégicos	Elaboración del plan de acción a ejecutar en el periodo respectivo.
5. Plan de Monitoreo y Control	Establecimiento de los procesos de verificación y registro del cumplimiento de actividades.
6. Validación y aprobación	Revisión del Plan GIRS por las personas respectivas y aprobación del documento ante Consejo Municipal.

#### 4.2.2 Lineamientos estratégicos

Los elementos descritos en este apartado representan la planificación y ejecución de las actividades que permitirán mejorar la eficiencia de la gestión de los residuos sólidos. Los rubros que cubre el Plan Municipal GIRS 2021-2026 son:

- Cobertura geográfica: el ámbito de acción del plan será el cantón de Matina y sus tres distritos administrativos: Matina, Batán y Carrandí.
- Periodo de planificación de actividades en un periodo de cinco años entre el 2021 y 2026.
- Tipo de residuos que incluye el plan: se toma como referencia la Ley 8839, la cual menciona que la municipalidad es responsable de los residuos sólidos ordinarios, definidos como los generados por las viviendas, instituciones y la vía pública.

#### 4.2.2.1 Conformación del Comité

El Comité del Plan Municipal GIRS es el grupo de personas responsable de la aplicación de los lineamientos estratégicos estipulados, así como apoyar en las actividades pertinentes a la gestión integral de residuos sólidos. Los miembros elegidos para el Comité fueron juramentados el 22 de julio del 2021 y se destacan en el **Cuadro 20**.

**Cuadro 21.** *Miembros del Comité del Plan GIRS 2021-2026*

Nombre	Institución	Contacto
Adrián Arguedas R.	Municipalidad de Matina	<a href="mailto:adrian.arguedas@munitatina.go.cr">adrian.arguedas@munitatina.go.cr</a>
Melba Barrantes Bermúdez	Municipalidad de Matina	dakeney-010@hotmail.com
Jeisen Casasola Reid	CCSS	jcasasol@ccss.sa.cr
Junior Leonel García Segura	Escuela Serinach (MEP)	<a href="mailto:supervision06.Sula@mep.go.cr">supervision06.Sula@mep.go.cr</a>
Adrián Torres	Ministerio de Salud	carlos.torresa@misalud.go.cr,
José Castillo Benavides	Universidad de Costa Rica	<a href="mailto:jose.castillobenavides@ucr.ac.cr">jose.castillobenavides@ucr.ac.cr</a>

Danny Vargas	AyA	davargas@aya.go.cr
Edgar Álvarez Alfaro	INDER	ealvarez@inder.go.cr

#### 4.2.2.2 Plan de Acción

El Plan de Acción de los lineamientos estratégicos 2021-2026 se muestran con detalle en el **Anexo 3**.

#### 4.2.2.3 Plan de Monitoreo y Control

El monitoreo debe realizarse periódicamente, durante el curso de la implementación del plan municipal de gestión de residuos sólidos. La frecuencia de las revisiones se realizará según el Comité Coordinador lo crea pertinente, sin embargo, es recomendable que al menos se realice mensualmente bajo un cronograma establecido por año (CYMA, 2007).

Asimismo, el Comité Coordinador deberá elegir a las personas responsables de organizar el monitoreo, donde se contemple la coordinación de la logística, la convocatoria, la elaboración de la agenda, la búsqueda de materiales, la definición del lugar y la elección del facilitador del evento. De la misma manera, se requiere de una persona encargada del registro de las observaciones que se realicen en las actividades de monitoreo, la cual deberá tener conocimiento sobre el plan de acción y la planificación estratégica. Esta última persona tendrá a cargo la elaboración de un escrito como prueba de lo comentado en la sesión, además de elaborar las guías de seguimiento (**Cuadro 21 y 22**).

Para la recopilación de información durante las actividades de monitoreo y control, se recomienda aplicar una metodología que promueva la participación de todos los integrantes del Comité, donde se menciona como ejemplo: lluvia de ideas, trabajos grupales, plenarios, campos de fuerza, 5W, etc.

**Cuadro 22.** *Guía de seguimiento para el cumplimiento de tareas.*

Actividades planificadas (mes)	Actividades Ejecutadas (mes)	Nivel de cumplimiento	Responsables de las actividades	Comentarios	Recomendación
Lo que se tenía planificado para el mes.	Lo que realmente se ejecutó en el mes.	Bajo / Medio/ Alto	Nombre de las personas	Información adicional	Sugerencias para mejorar el objetivo a cumplir.

Fuente: CYMA, 2007.

**Cuadro 23.** *Guía de seguimiento para el cumplimiento del presupuesto.*

Presupuesto planificado (mes)	Presupuesto gastado (mes)	Nivel de ejecución	Responsables del control	Comentarios	Recomendación
Lo que se tenía planificado para el mes.	Lo que realmente se ejecutó en el mes.	Porcentaje del presupuesto gastado.	Nombre de las personas.	Información adicional.	Sugerencias para cumplir los objetivos.

Fuente: CYMA, 2007.

Resulta fundamental que el Comité Coordinador gestione actividades adicionales para involucrar a la población matineña en el accionar de este plan, por lo que se recomienda realizar una mesa redonda en cada uno de los distritos al menos una vez al año, donde se cuente con la intervención del alcalde municipal, actores sociales y miembros del Comité Coordinador. En el siguiente cuadro, se brinda un resumen sobre las áreas involucradas a monitorear, fechas de control y frecuencia de aplicación de las actividades.

**Cuadro 24.** *Esquema del Plan de Monitoreo y Control*

Actividad de control	Área involucrada	Responsables	Frecuencia de aplicación	Fechas por año
Sesiones de monitoreo	Objetivo 1.	Todos los miembros del	Mensual	enero y julio.
	Objetivo 2.			febrero y agosto.

	Objetivo 3 y 4.	Comité Coordinador.		marzo y setiembre.
	Objetivo 5.			abril y octubre.
	Objetivo 6.			mayo y noviembre.
	Objetivo 7.			junio y diciembre.
<b>Elaboración de las guías de seguimiento</b>	Objetivo 1.	Dos miembros del Comité Coordinador por objetivo.	Mensual	enero y julio.
	Objetivo 2.			febrero y agosto.
	Objetivo 3 y 4.			marzo y setiembre.
	Objetivo 5.			Abril y octubre.
	Objetivo 6.			Mayo y noviembre.
	Objetivo 7.			Junio y diciembre.
<b>Mesa redonda</b>	Todos los objetivos	Miembros del Comité Coordinador y dos actores sociales por distrito	Anual	Batán: I Semana noviembre
				Matina: II Semana de noviembre
				Carrandí: III Semana de noviembre

Una vez aprobado el Plan Municipal 2021-2026, la municipalidad y los representantes del Comité implementarán las actividades propuestas en el documento, respetándose el Plan de Monitoreo y Control para su cumplimiento en el periodo establecido.

### **4.3 FASE III. Propuesta para el tratamiento de residuos orgánicos**

Para la determinación de la viabilidad técnica y económica de las técnicas de compostaje requeridas para la *Propuesta para el Tratamiento de Residuos Orgánicos*, se consideraron las experiencias de las familias participantes, las mediciones en campo y la calidad de los abonos orgánicos. De esta manera, se pudieron obtener las dos técnicas más convenientes para su aplicación en hogares y comercios, las cuales se detallan, a continuación.

#### **4.3.1 Experiencia en los hogares**

Se realizó una prueba piloto para motivar a algunas familias de la comunidad sobre el aprovechamiento de los residuos orgánicos por medio de las técnicas Takakura, Balde y Cama de volteo con microorganismos de montaña. Al finalizar la prueba piloto, las familias participantes se mostraron motivadas por el proceso y agradecidas por haber aprendido a aprovechar los residuos orgánicos. Comentaron que, gracias al compostaje, se podía llegar a tener un medioambiente limpio y ser el inicio para empezar a sembrar los propios alimentos. Todas las familias acordaron que les gustó la experiencia y que es una forma de ahorrarse la compra de abono para sus cultivos.

Algunas técnicas como Takakura y Balde mostraron signos de exceso de humedad al inicio de la prueba, como presencia de larvas, moho y malos olores. Una de las familias comentó que: “Si usted no lo cuida como es: huele mal, se humedece mucho y produce muchas larvas. Pero si usted le da el volteo que necesita (3 veces al día, aunque no se le eche residuos) no se humedece ni da mal olor. Esa es la técnica del Takakura, darle el volteo” (E, Valencia, comunicación personal, 2 de febrero del 2021).

Asimismo, evidenciaron que, por el tipo de clima de Matina, al ser tan húmedo, esos tipos de compostaje requieren de mayor cuidado. También se consultó el tipo de residuo que añadieron a cada técnica y algunas características de la zona donde residen.

**Cuadro 25.** *Características de los residuos orgánicos añadidos a las pruebas piloto.*

Técnica	Características de los residuos y la zona donde habitan
Takakura 1 (T1)	<p>Naranja, huevo, banano, yuca, repollo, limón, plátano verde y maduro, aguacate. (más que todo banano y plátano).</p> <p>Siempre se lavaba con agua y jabón (negrita), los bananos a veces se lavaban, otras veces no.</p> <p>Cuentan con <b>agua de alcantarillado</b>.</p>

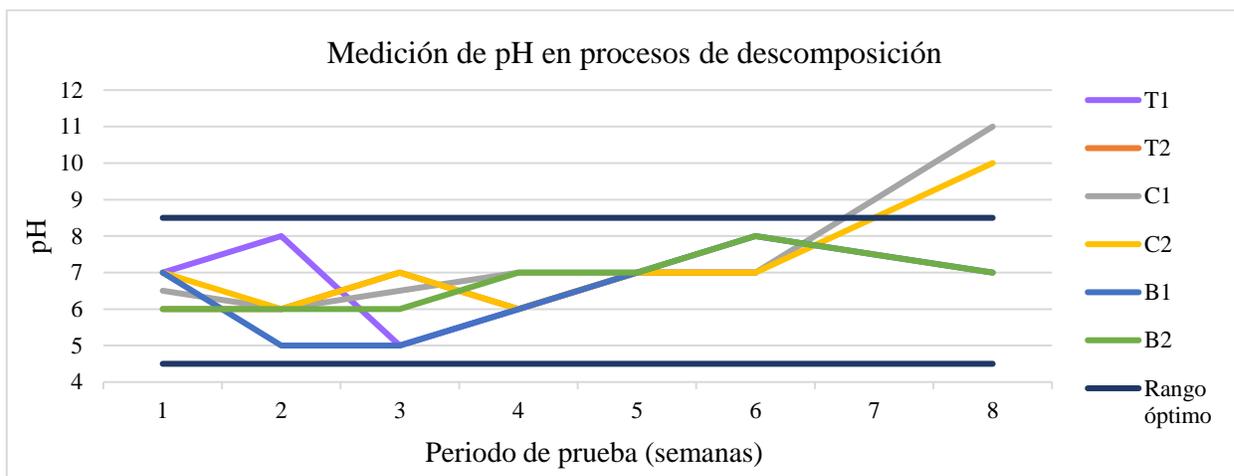
Takakura 2 (T2)	Cebolla, ajo, plátano maduro y verde, papas, chayotes, zanahorias, repollo, papaya, banano. Principalmente banano y plátano.
Cama de volteo con Microorganismos de Montaña (1)	Remolacha, papa, zanahoria, plátano, banano, yuca, conchas de huevo, cascara de maíz, camote, tiquizque, plátano maduro, papaya, restos de comida, mandarina, naranja y limón.  Siempre se lavan con alcohol y después con jabón la Negrita lavaplatos.  Cuentan con <b>agua de pozo</b> (le echan cloro y cal cuando está muy sucia) y para agua de consumo, van donde unos familiares que cuentan con agua potable.
Cama de volteo con Microorganismos de Montaña (2)	Cáscaras de papas, de plátano, zanahorias, manzana, mango, banano. Se lavaba antes de consumo. <b>Agua de cañería – ASADA.</b>
Balde (1)	Naranja, sandía, melón, papaya, yuca, banano, tiquizque, chayote, papa, plátano verde y maduro.  Siempre se lavan las verduras y frutas antes de consumo.  Cuentan con <b>agua de pozo</b> para cocinar y para tomar van a traer a los tanques de la entrada del barrio Sosa.
Balde (2)	"Cáscaras de chayote, papa, zanahoria, plátano, banano, bosorola del café, cáscaras de huevo, cartón de huevo y hojas secas.  Todo se acostumbra a lavar antes de consumir.  Cuentan con agua de pozo".

*T1 y T2: Takakura / B1 y B2: Prueba balde / C1 y C2: Cama de volteo con MM*

### 4.3.2 Medición en campo

Durante la aplicación de las pruebas piloto, se realizó un monitoreo semanal de los parámetros esenciales:

#### 4.3.2.1 pH

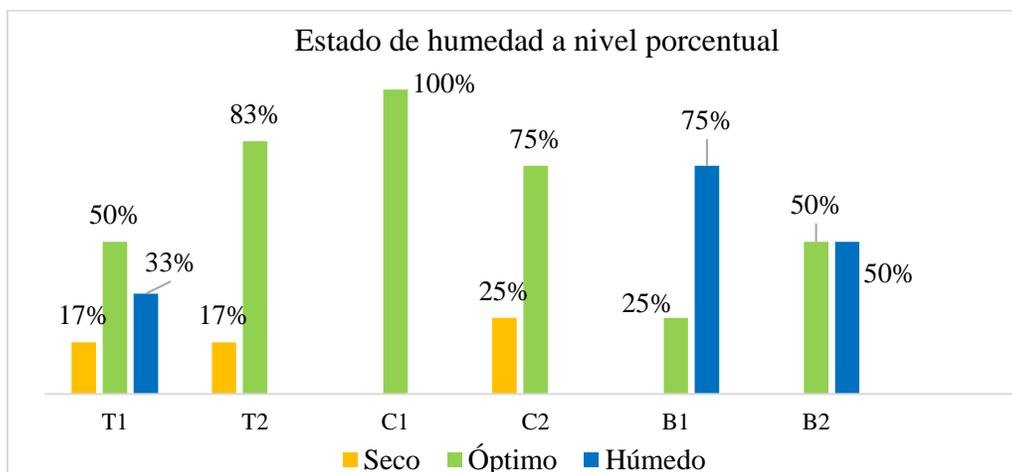


*T1 y T2: Takakura / B1 y B2: Prueba balde / C1 y C2: Cama de volteo con MM*

**Figura 28.** Medición de pH durante el proceso de compostaje

En la figura anterior, se puede apreciar que, durante todo el proceso de compostaje, se obtuvo valores con un comportamiento constante y dentro de los parámetros óptimos. Sin embargo, en la última semana de medición, las pruebas C1 y C2 registraron valores por encima de la media, lo cual está relacionado con un exceso en la aplicación de cal. Este último se añadió para neutralizar la acidez de los microorganismos de montaña (MM), pero para esa etapa del proceso, no era necesario agregar la misma cantidad de cal que se aplicaba anteriormente, ya que el compostaje se encontraba en su fase de maduración.

#### 4.3.2.2 Humedad



*T1 y T2: Takakura / B1 y B2: Prueba balde / C1 y C2: Cama de volteo con MM*

**Figura 29.** Porcentaje del estado de humedad durante todo el proceso de compostaje

En este parámetro, se aplicó la prueba del puño para determinar el estado de humedad, por lo que se cuenta con un valor cualitativo. Para ello, se tomó como referencia los rangos proporcionados por la FAO (2013), donde indica que, al haber un exceso de humedad al momento de realizar la prueba, el valor es mayor o igual al 60 %. Si, por el contrario, se nota el material seco, el valor es menor al 45 % y si al realizar la prueba queda compacto, entonces se encuentra en el rango óptimo con una humedad entre el 45 % - 60 %.

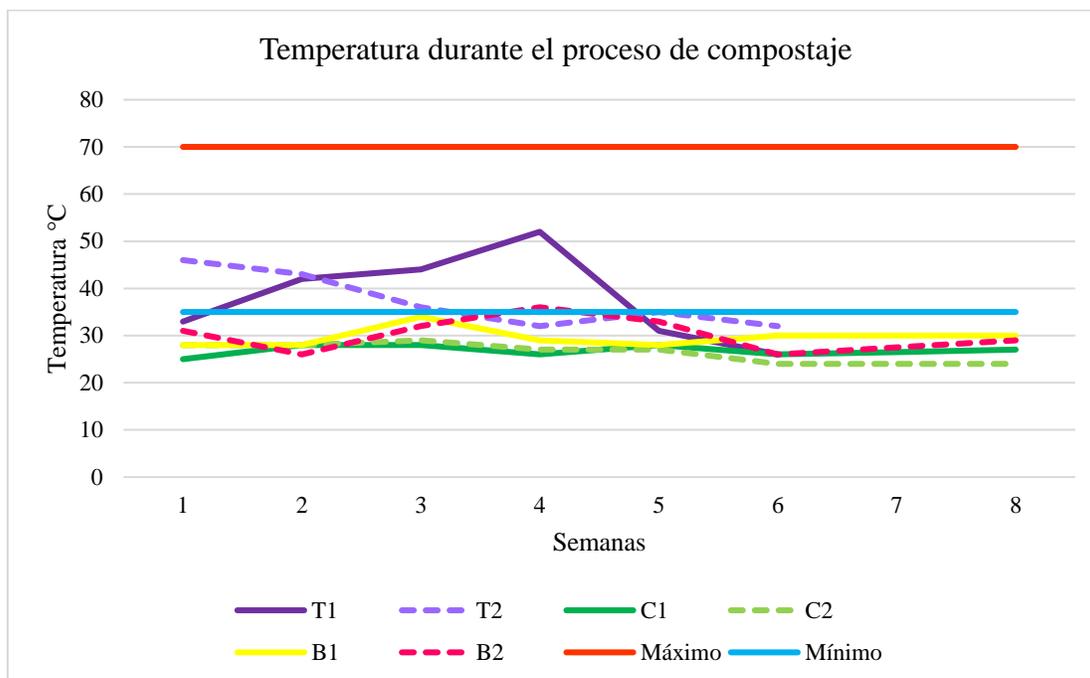
De acuerdo con las mediciones reportadas, en la **Figura 29** se observa que la única técnica que obtuvo rangos óptimos constantes durante todo el proceso fue C1, a diferencia de C2 que presentó 25 % del tiempo una escasez de humedad.

Por otro lado, las técnicas B1 y B2 fueron las que mantuvieron un rango más húmedo en todo el proceso con 75 % y 50 % respectivamente. Tiene sentido que esta técnica cuente con mayor humedad, ya que, por sus características, es la que presentó más complicaciones para realizar el proceso de aireación. Conforme los recipientes llegaban a su capacidad máxima, aumentaba la dificultad para realizar el volteo, lo que provocaba una compactación de los residuos y, en algunos momentos, malos olores por una oxigenación deficiente.

La diferencia entre técnicas varía por la manipulación durante el proceso: humedad de los residuos orgánicos al momento de agregarse al compostaje, la ubicación de la técnica en el

hogar, su exposición a las condiciones atmosféricas, cantidad de volteo diario realizado y cantidad de material secante agregado.

#### 4.3.2.3 Temperatura



*T1 y T2: Takakura / B1 y B2: Prueba balde / C1 y C2: Cama de volteo con MM*

**Figura 30.** Temperatura durante el proceso de compostaje.

La **Figura 30** muestra cómo la técnica que estuvo por debajo del rango óptimo durante todo el proceso fue la C1 y C2. Esto se fundamenta porque en las pilas de volteo la altura afecta proporcionalmente la temperatura. De acuerdo con FAO (2013), en pilas de baja altura y base ancha, el calor generado por los microorganismos no se conserva. Para este caso, las medidas de las camas utilizadas fueron: 80 cm de largo, 46 cm de ancho y 23 cm de altura.

Asimismo, se evidencia cómo las técnicas B1 y B2 nunca alcanzaron el rango óptimo a lo largo de todo el proceso. Esto puede deberse a que las familias presentaron una cierta dificultad para realizar el volteo eficiente, lo que generó una disponibilidad de oxígeno pobre y, por consiguiente, una alta humedad y baja temperatura.

De todas las pruebas realizadas, las únicas que se mantuvieron dentro del rango ideal la mayor parte del tiempo fueron T1 y T2, siendo la primera la única que registró el valor más alto con 52 °C. Pese a esto, ninguna de las técnicas alcanzó temperaturas por encima de 55 °C, donde Martin (2003) citado en Bohórquez (2019) menciona que se requiere un mínimo de tres días con temperaturas iguales o superiores a 55 °C para eliminar los patógenos del compostaje.

Cabe destacar que no se cuenta con evidencia suficiente para poder determinar si el abono obtenido está libre de patógenos, ya que no se realizaron estudios microbiológicos al abono obtenido y las mediciones de temperatura durante el proceso se realizaron una vez por semana. Es decir, no se cuenta con el registro en otros momentos de la semana en caso de haberse presentado picos de temperatura. Se recomienda, si se utiliza el abono en plantas comestibles, lavarlas bien con abundante agua y jabón antes de consumirlas.

#### 4.3.3 Calidad del abono

A nivel nacional, no existen parámetros específicos para determinar la calidad del abono orgánico, ya que depende del uso que se le dé, el tipo de cultivo y las características del suelo al cual se aplicará. Por lo tanto, al depender de diversos factores, se requiere analizar el abono durante su aplicación en la siembra de cultivos para poder determinar su influencia. Aun así, se encontraron algunos valores de referencia para los principales macro y micronutrientes, para aquellos que no se encontraron valores máximos y/o mínimos permisibles, se procedió a comparar con otros estudios similares.

**Cuadro 26.** Resultado del análisis químico según parámetros prioritarios

Parámetro	T1	T2	B1	B2	C1	C2	Comercial	Referencia <sup>6</sup>
C/N <sup>7</sup>	13,9	15,4	17,2	12,8	14,6	15,5	20,9	10:1 – 15:1
Humedad	18	61	33	43	34	21	53	30 – 40%
CE (mS/cm) <sup>8</sup>	8,5	15,1	1,6	4,7	2,7	8,5	4,1	<10 mS/cm <sup>9</sup>

<sup>6</sup> Valores de referencia tomados del Manual de Compostaje del Agricultor de la FAO (2013).

<sup>7</sup> C/N: Relación carbono-nitrógeno.

<sup>8</sup> CE: Conductividad eléctrica.

<sup>9</sup> US Composting Council (2002) citado en Camacho et al. (2018).

<b>pH</b>	7,5	9,6	9,2	8,7	7,8	7,5	6,0	7 – 9 <sup>10</sup>
<b>Materia orgánica (base seca)</b>	19,9	50,7	11,2	12,5	14,0	23,1	63,7	>20%
<b>Carbono (%)</b>	13,9	35,5	7,9	8,7	9,8	16,2	44,6	>15 <sup>11</sup>

*Nota: T1 y T2: Takakura | B1 y B2: Prueba balde | C1 y C2: Cama de volteo con MM balde / Se identifican parámetros en color verde cuando se encuentran en valores óptimos según sus referencias y color rojo cuando los valores son superiores o inferiores al rango de referencia.*

De acuerdo con Camacho, Uribe, Newcomer, Masters y Kinyua (2018): “la calidad del compost depende en gran medida de las características de los materiales que se emplean en el proceso de elaboración”, por lo que el resultado será variable para todos los productos terminados y según las técnicas utilizadas (p.1). Se han determinado parámetros efectivos para la medición de los procesos bioquímicos que definen la calidad del abono, de los cuales se consideran en este estudio: la relación C/N, humedad, conductividad eléctrica (CE), pH, materia orgánica (% M.O), carbono (% C) y presencia de macro y micronutrientes.

#### *4.3.3.1 Relación C/N*

Las proporciones de carbono y nitrógeno tienen una importancia particular en el compost. El carbono sirve como fuente de energía y componente esencial para los microorganismos, mientras que el nitrógeno es elemental para la síntesis de aminoácidos, proteínas y ácidos nucleicos. Los valores mayores a 35:1 indican que el proceso de descomposición se encuentra retardado debido a la dificultad de degradación del carbono y los valores inferiores a este pueden aumentar la pérdida de nitrógeno. Sin embargo, estudios recientes han demostrado que el compostaje puede llevarse a cabo eficazmente con un valor inferior a 15:1, ya que

<sup>10</sup> Valor de referencia tomado de Azim et al. (2018).

<sup>11</sup> Valor de referencia tomado de Muñoz et al. (2015).

reduce la necesidad de utilizar un agente de carga para ajustar la relación C/N inicial. (Azim, Souidi, Boukhari y Perissol, 2018).

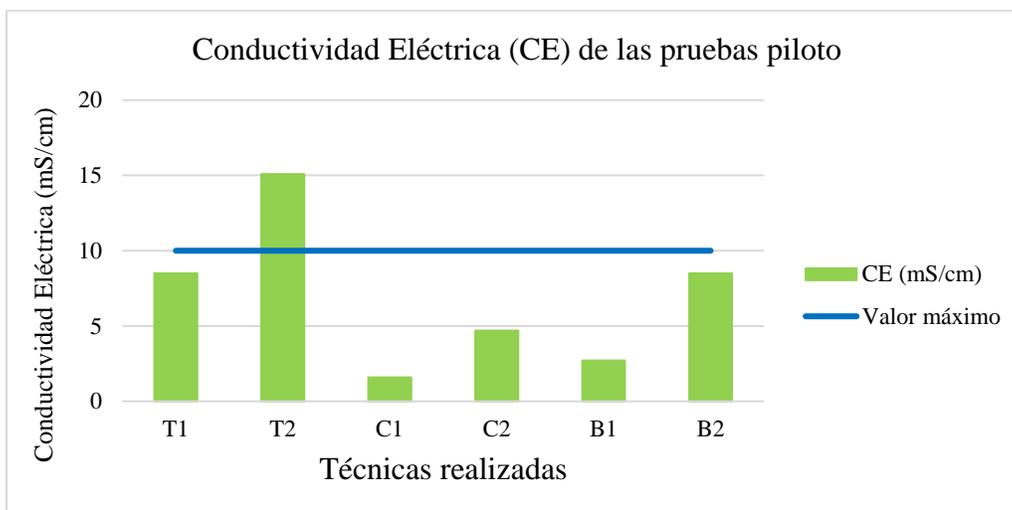
Según los valores permisibles de la FAO (2013), únicamente las técnicas T1, B2 y C1 permiten caracterizar el abono como estable y en el rango de referencia. Bajo esta última condición, los resultados de T2, B1 y C2 superan el valor máximo 15:1.

#### *4.3.3.2 Humedad*

La humedad se encuentra estrechamente relacionada a la temperatura que almacena el compostaje y el tamaño de la partícula, es decir, varía según la fase de descomposición y su etapa final de maduración. Dado que la calidad se analiza en la etapa de maduración, el rango óptimo debe abarcar entre el 30 % y 40 % según FAO, donde únicamente las técnicas C1, C2 y B1 se encuentran en el intervalo o cerca de él. El valor de T2 superó con un 61 % de humedad, lo cual se asocia a la influencia de las condiciones de reserva en el sitio de implementación (Barrio 4 Millas) y al tiempo insuficiente de reposo, el cual debía ser mayor a los 15 días teóricos para esta muestra en particular. En cuanto al 18 % y 21 % de humedad registrado para T1 y B2 respectivamente, se demostró que la última adición de residuos en ambas técnicas se realizó muchos días antes de la fecha de recolecta, por lo que el tiempo de reposo propició a la pérdida de humedad.

#### *4.3.3.3 Conductividad eléctrica (CE)*

La medición de la conductividad eléctrica resulta esencial, ya que relaciona el contenido de sales provenientes de los alimentos procesados y que en exceso pueden resultar nocivas para las plantas al momento de utilizar el producto como abono (Castro, Daza y Marmolejo; 2016). Para el análisis de las muestras, se consideró el máximo permisible estipulado por US Composting Council (citado por Camacho et. al (2018)) equivalente a 10 mS/cm. Tal como se muestra en la **Figura 31**, todas las muestras cumplieron con un valor inferior al indicado, con excepción de la técnica T2, reflejando un distintivo en la base alimenticia de la familia encargada del mantenimiento del compostaje.



*T1 y T2: Takakura / B1 y B2: Prueba balde / C1 y C2: Cama de volteo con MM*

**Figura 31.** Conductividad eléctrica (CE) de los abonos obtenidos

#### 4.3.3.4 pH

El pH de una muestra es uno de los indicadores de madurez del compost, donde aumenta en su etapa de descomposición para, posteriormente, alcanzar un valor neutro ideal. FAO sugiere que el rango de pH debe estar entre 6,5 y 8,5, lo que excluye tres de las muestras por incumplimiento del valor máximo permisible (T2, C1 y C2). Por otro lado, Azim et al. determinan un rango máximo de 9, lo que permite que la muestra C2 se incluya dentro de los intervalos permisibles.

#### 4.3.3.5 Materia orgánica (% MO)

Determinar el porcentaje de materia orgánica en base seca en abonos resulta fundamental para garantizar los beneficios que puede aportar al suelo donde será añadida. Su valor debe ser mayor a 20 %, lo que equivale a una serie de beneficios: mayor aporte de nutrientes, alimentación para los microorganismos del suelo, retención de humedad, reducción de erosión y mejora en la capacidad de intercambio de cationes (FAO, 2013). Los resultados relacionados a este parámetro demostraron la insuficiente presencia de materia orgánica en la mayoría de las muestras, a excepción de T2 y B2, con 50,75 % y 23,12 % respectivamente. Cuanto mayor sea la incorporación de residuos de origen animal y vegetal, mayores serán los

efectos positivos, reflejándose así la poca variación y adición de residuos orgánicos a las muestras T1, C1, C2 y B1 en su proceso de descomposición (Camacho et al., 2018).

#### 4.3.3.6 Carbono (%)

En el caso específico del carbono, T2 y B2 fueron las únicas en obtener un nivel mayor de 15 % definido por la Norma Técnica Colombiana (citado por Muñoz et. al), mientras que las muestras T1, C1, C2 y B1 están por debajo de lo recomendado.

**Cuadro 27.** Resultado del análisis químico completo de macro y micronutrientes

Parámetro	T1	T2	C1	C2	B1	B2	Comercial
<b>N (%)</b>	2,78	2,30	0,46	0,68	0,67	1,04	2,13
<b>P (%)</b>	0,42	0,40	0,11	0,12	0,12	0,12	0,47
<b>Ca (%)</b>	0,68	0,80	5,08	7,30	1,70	2,13	1,32
<b>Mg (%)</b>	0,24	0,26	0,52	1,06	1,00	0,26	0,20
<b>K (%)</b>	2,50	4,82	0,54	0,58	0,88	0,59	0,30
<b>S (%)</b>	0,32	0,34	0,05	0,07	0,07	0,10	0,43
<b>Fe (mg/kg)</b>	7 699	11 710	<b>57 298</b>	37 038	<b>56 366</b>	<b>63 350</b>	8671
<b>Cu (mg/kg)</b>	21	25	64	62	80	62	29
<b>Zn (mg/kg)</b>	69	70	118	102	108	86	90
<b>Mn (mg/kg)</b>	474	686	948	736	1956	3348	209
<b>B (mg/kg)</b>	28	42	6	10	8	7	12

T1 y T2: Takakura / B1 y B2: Prueba balde / C1 y C2: Cama de volteo con MM

#### 4.3.3.7 Macronutrientes

De acuerdo con FAO (2013), “los macronutrientes primarios son Nitrógeno, Fósforo y Potasio, y los secundarios son Magnesio, Azufre y Calcio” (p.35). En relación con los macronutrientes secundarios, se señala que el contenido de magnesio y calcio debe ser

conocido por el consumidor para tomar mejores decisiones a la hora de establecer un suplemento nutricional y ajuste de pH a la planta, por lo tanto, sus valores óptimos dependerán del cultivo en cuestión. Aunque rara vez es motivo de preocupación, el contenido de metales traza, especialmente los conocidos como fitotóxicos, donde se incluye el boro y el manganeso, también debe ser bajo (US Composting Council, 2001).

#### A. Nitrógeno

Parte de su importancia recae en la formación de nitratos que absorbe la planta; la cual es esencial para su crecimiento y desarrollo. De acuerdo con la literatura, se recomienda que un abono cuente con la presencia de nitrógeno entre 0,3 % y 2 % de su contenido en masa (FAO, 2013). El análisis de las muestras reportó que todas se encontraron dentro del rango, excepto T1 y T2 que se excedieron en 0,78 % y 0,30 % respectivamente.

#### B. Fósforo

FAO (2013) indica que este nutriente es vital para la transferencia de energía y, por ello, en la eficiencia de la fotosíntesis. Y al haber una deficiencia de este nutriente. También señala que el fósforo es deficiente en la mayoría de los suelos naturales, agrícolas o donde el pH limite su disponibilidad. El rango óptimo para que se encuentre en el abono es de 0,1 % – 1,0 %. Para este estudio, todas las muestras se encuentran dentro del rango.

#### C. Calcio

De las muestras, se pudo observar un mayor porcentaje de calcio en las técnicas trabajadas con MM, obteniéndose 7,3 % (C2) y 5,08 % (C1). Lo anterior se debe a la aplicación de cal una vez por semana para neutralizar el compostaje y evitar la humedad en el recipiente. En comparación con las demás muestras, los abonos T1 y T2 elaborados con técnica de Takakura presentaron los menores valores con 0,68 % y 0,80 %.

#### D. Magnesio

Los resultados de magnesio en las muestras fueron variables, predominando B1 con 80 %. En contraste, T1 y T2 mostraron los valores más inferiores de las seis muestras, lo que refleja una carencia significativa de este macromineral, con la posibilidad de ser causada por el tipo de residuos utilizados para la elaboración del abono.

#### E. Potasio

Este macronutriente “juega un papel vital en la síntesis de carbohidratos y de proteínas, y por ende en la estructura de la planta. El potasio mejora el régimen hídrico de la planta y aumenta su tolerancia a la sequía, heladas y salinidad. Las plantas bien provistas con K sufren menos de enfermedades” (FAO, 2013, p.35). Y de acuerdo con la FAO (2013), este se recomienda en valores de 0,3 %–1,0 % del abono. Las técnicas T1 y T2 fueron las que mostraron altos contenidos de este elemento, lo cual puede relacionarse con la alimentación de dichas familias rica en plátanos y bananos (Cuadro 2).

#### F. Azufre

Cánepa y Trémols (2015) indican que el porcentaje de azufre en suelos orgánicos comúnmente no sobrepasa el 1%, además, en el bioensayo realizado por Camacho et al. (2017) indican cómo las seis muestras de abono orgánico oscilaron entre 0,17 % a 0,27 %. En comparación con las muestras de este estudio, los valores de azufre oscilaron entre 0,07 % y 0,34 %, en ambos escenarios se encontraron niveles en un rango esperado menor al 1 %.

#### 4.3.3.8 Micronutrientes

“Los micronutrientes son requeridos en cantidades muy pequeñas, pero generalmente son importantes para el metabolismo vegetal y animal. Estos son el hierro, el zinc, el manganeso, el boro, el cobre, el molibdeno y el cloro” (FAO, 2013, p.35). De la misma manera, la Norma Chilena de Compost establece que las concentraciones máximas zinc y cobre son 200 mg/kg y 100 mg/kg en base seca del compost, cumpliéndose ambos parámetros en todas las muestras analizadas (2005, p.10).

#### A. Hierro

De acuerdo con indicaciones del Laboratorio de suelos y Foliar de la UCR, para el caso específico de este nutriente, no es común que se exceda el valor de 50 000 ppm en abonos orgánicos, ya que puede llegar a ser tóxico para las plantas. Sin embargo, en el análisis al digerirse el abono en su totalidad, el hierro reportado puede que ya estuviera presente en la estructura del suelo y no necesariamente es hierro disponible para las plantas (M, González Arce, comunicación personal, 19 de octubre del 2020). Tras los análisis, se muestra cómo las

técnicas B1, C1 y C2 cuentan con cantidades mayores de las 50 000 ppm y son técnicas que utilizaron tierra de la zona como principal insumo para el tratamiento de los residuos.

Una hipótesis es que el suelo utilizado contenía concentraciones significativas de Fe y es que: “en suelos ácidos, el Fe se encuentra fácilmente disponible, mientras que en suelos alcalinos o neutros es insoluble y se observan deficiencias en las plantas” (Hedrich et al, 2011 citado en Naranjo-Morán et al, 2021). Además, el suelo puede presentar deficiencia o exceso de hierro a causa de varios factores como el pH (Juárez, M et al, 2007); a menor pH, mayor contenido de hierro en suelo. Y es que, según Gaudel et al. (2003, p.132), se encontraron concentraciones relativamente altas de óxidos e hidróxidos de hierro en suelos formados por sedimentos altamente meteorizados, siendo esta una condición común en los suelos de Pococí y La Sierpe en la provincia de Limón. Para fundamentar esta hipótesis, se requiere estudios de las características fisicoquímicas del suelo de Matina, por lo que se recomienda generar esta información en un futuro cercano.

Otra posible razón es la producción bananera intensiva que se da en el cantón. Según explica Naranjo-Morán et al. (2021), el Fe -así como otros metales- pueden ingresar a las plantaciones a través de aplicaciones prolongadas o excesivas de fertilizantes y agrotóxicos. Para el caso del cantón de Matina, las comunidades se encuentran inmersas dentro de plantaciones y al estar expuestas al riego aéreo de plaguicidas; los suelos aledaños donde habitan las personas y donde se recolectó la tierra para las técnicas de compostaje pueden estar siendo impactados por los formulados químicos.

Otro factor por considerar puede ser que el agua de pozo utilizada para lavar las frutas y vegetales contiene este elemento en exceso. En un estudio realizado en 124 pozos de agua potable en la zona, se detectó en promedio **261 µg/L** de hierro. Además, se observó que los pozos cercanos a las plantaciones de banano tenían un pH más bajo y un contenido de hierro más alto (Van Wendel de Joode et al., 2016).

De igual forma, para poder determinar si el abono genera toxicidad en plantas, se recomienda realizar una prueba en los cultivos y si estas muestran “necrosis en las hojas, un

anaranjamiento de las hojas de algunas variedades de arroz; (...) panículas no se desarrollan y las raíces son pardas, gruesas y a veces espesas” (Lora S, 2007), indican niveles de toxicidad.

#### B. Manganeseo

El manganeseo es un micronutriente fundamental para todos los organismos, especialmente para los suelos y cultivos, sin embargo, su alto contenido dificulta la absorción de calcio y magnesio; a su vez, una deficiencia de manganeseo es más frecuente en suelos que son salinos y alcalinos, calcáreos o turbosos (Samiei y Bostani, 2016).

En relación con el análisis, la técnica B2 resultó ser la más alta de todas con **3348 mg/kg** en comparación con las otras técnicas. Esto puede deberse al agua de pozo utilizada en el hogar, ya que, al igual que con el caso del Fe (Van Wendel de Joode et al, 2016), sugiere que puede haber contaminación por Mn en el agua potable resultante de la fumigación en las plantaciones bananeras con mancozeb<sup>12</sup> y donde las concentraciones más altas de Mn encontradas fueron en pozos de agua potable operados por empresas bananeras y pozos privados ubicados a menos de 50 m de distancia de las plantaciones de banano. Además, Van Wendel de Joode et al. (2016) determinó que el 33 % de las muestras del agua potable tenían concentraciones de Mn mayores a los **50 mg/L** recomendado por la Agencia de Protección Ambiental (EPA por sus siglas en inglés) y el 22 % superó los **100 mg/L** que recomienda la OMS.

#### C. Cobre

La Norma Chilena (2005) establece que los valores de cobre no pueden superar el máximo permisible de 100 mg/kg para Clase A, relacionada a un producto de alto nivel de calidad, lo que demuestra el cumplimiento de todas las muestras analizadas. El cobre es un micronutriente que se presenta en concentraciones significativas en los alimentos como hígado de res, zanahoria, papa, lentejas, garbanzos, frijoles, gallo pinto, huevo de gallina y leche en polvo; opciones que complementan la base alimenticia promedio de los costarricenses (Silva, 2012).

---

<sup>12</sup> Fungicida aplicado semanalmente vía aérea y el cual contiene Mn en un 20% en peso de su formulado (Van Wendel de Joode et al., 2016).

#### D. Zinc

En el caso del zinc sucede lo mismo que el cobre, cumpliéndose el máximo permisible de 200 mg/kg en todos los resultados de las técnicas de compostaje para Clase A de la Norma Chilena.

#### E. Boro

El contenido de boro fue mayor en T2 con 42 mg/kg, seguido de T1 con 28 mg/kg y C2 con 10 mg/kg. Dado la falta de estudios previos que definan los valores de referencia del boro en el compostaje, no se puede determinar su nivel de influencia, sin embargo, Vera, Moreno, García, Morais y Bastida (2019) mencionan que el boro puede tener un impacto crítico en el ciclo del N del suelo si tiene dosis elevadas, bloqueando la disponibilidad de N para las plantas, los microbios y afectando las reacciones bioquímicas de dicho suelo. Por lo tanto, si el compostaje es utilizado en cultivos, la disponibilidad del nitrógeno de dicho suelo puede verse perjudicada.

#### 4.3.3.9 Abono comercial (AC)

Dado que la composición química de los abonos orgánicos depende estrictamente de los residuos incorporados en las técnicas, se decidió tomar en consideración el análisis químico de un formulado comercial, el cual fue sometido bajo las mismas pruebas de laboratorio que las destacadas en este estudio. Con base en los resultados obtenidos del AC, se determinó que la mayoría de los parámetros se encontraban dentro del rango óptimo teórico, al igual que los resultados de las técnicas de estudio, con excepción de las siguientes:

- C/N: esta relación no debe superar 15:1, sin embargo, el AC presenta el mayor valor de todos los resultados obtenidos.
- M.O: presentó 63,74 % que resulta beneficioso cuando es mayor a 20 %, ya que influye en el aporte de nutrientes al suelo y promueve el crecimiento de las plantas. Esto sobresale en comparación a las demás muestras.
- C: teóricamente, este valor debe ser superior a 15 %, lo cual cumple con 44,57 %, superando nuevamente con este valor.
- N: la FAO determina un rango esperable de 0,3 % - 2 %, no obstante, el resultado de AC sobrepasa con 2,13 % al igual que T1 y T2.

- K y Mn: para ambos parámetros se obtuvieron los valores más bajos de todos, con 0,3 % y 209 mg/kg respectivamente.

#### 4.3.4 Viabilidad técnica

Parte de la importancia de la prueba piloto fue determinar cuáles técnicas se adaptan mejor a las condiciones ambientales de Matina. De acuerdo con lo observado durante las visitas de campo, los análisis reportados y la percepción de las familias participantes, da como resultado que las técnicas Takakura y Cama de volteo son las mejores opciones para el cantón.

**Cuadro 28.** *Determinación de viabilidad técnica de las pruebas aplicadas*

<b>Técnica</b>	<b>Mayor practicidad para dar volteo</b>	<b>Menor generación de larvas y malos olores</b>	<b>Menor afectación por humedad</b>	<b>Menor tiempo de descomposición</b>	<b>Menos tiempo empleado</b>	<b>Total</b>
<b>Takakura</b>	x			x		2
<b>Cama de volteo</b>	x	x	x	x	x	5
<b>Balde</b>					x	1

#### 4.3.5 Viabilidad económica

De acuerdo con los costos asociados a la elaboración de cada técnica (Cuadro 6), la producción generada y utilizando un valor de venta similar al que se encuentra en el mercado (esto por si las familias decidieran vender el abono producido); se realizó un análisis beneficio-costos donde las tres pruebas obtuvieron valores mayores a 1 indicando su viabilidad económica. La técnica que obtuvo un mayor porcentaje en el retorno de la inversión fue la cama de volteo con microorganismos de montaña con un 181 %. Esto debido a que las características de la prueba permitieron generar una mayor cantidad de abono, lo que se traduce en mayores ingresos por año. Mientras que Takakura fue la técnica con menor porcentaje, debido a que es la que generó menor cantidad de abono.

**Cuadro 29.** Variables económicas de las pruebas realizadas

Técnica	Tasa Interna de Retorno (TIR)	Beneficio/Costo
Microorganismos de Montaña	181%	8,55
Balde	44%	2,50
Takakura	6%	1,10

**Cuadro 30.** Presupuesto de las tres técnicas aplicadas

	<b>Materiales<sup>13</sup></b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Cantidad necesaria</b>	<b>Costo total</b>
<i>Técnica de Balde</i>	Balde	Unidad	₡3 500	1	₡3 500,00
	Tela	m	₡1 500	2	₡3 000,00
	Pala (pequeña)	Unidad	₡2 500	1	₡2 500,00
	Sumatoria				<b>₡9 000,00</b>
	<i>Ingreso</i>				
		<b>Detalle</b>	<b>Costo unitario del kg</b>	<b>Cantidad producida (kg)*</b>	<b>Precio venta</b>
	Compost producido en balde	₡1 500	11,88	₡17 820	<b>₡106 920</b>
	<b>Materiales</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Cantidad necesaria</b>	<b>Costo total</b>

<sup>13</sup> En el apartado de Materiales, se realizaron los cálculos contemplando la compra de los materiales desde cero. La idea es reutilizar lo que se encuentra en el hogar. Para el tema de las frutas y verduras, lo que se requiere son las cáscaras.

<i>Técnica Microorganismos de Montaña (MM)</i>	Estañón	Unidad	¢27 000	1	¢27 000	
	Cascarilla de arroz	Bolsa (10 kg)	¢3 380	1	¢3 380,00	
	Tela	m	¢1 500	2	¢3 000,00	
	Melaza	Piching a	¢6 760	1	¢6 760,00	
	Balde	Unidad	¢3 500	1	¢3 500,00	
	Sumatoria					<b>¢43 640</b>
	<i>Ingreso</i>					
	<b>Detalle</b>	<b>Costo unitario del kg</b>	<b>Cantidad producida (kg)*</b>	<b>Precio venta</b>	<b>Ventas anuales</b>	
	Compost producido en medio estañón	¢1 500	20,33	¢30 495	<b>¢182 970</b>	
<i>Técnica Takakura</i>	<b>Materiales</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Cantidad necesaria</b>	<b>Costo total</b>	
	Cascarilla de arroz	kg	¢1 300	2	¢2 600,00	
	Uva*	gramos	¢1500	100	¢1500	
	Harina de trigo	kg	¢1 700	2	¢3 400,00	
	Yogurt	mL	¢800	1	¢800	
	Canastas	Unidad	¢3 500	2	¢7 000,00	
	Tela	m	¢1 500	2	¢3 000,00	
	Bolsas verdes	Bolsa	¢800	1	¢800,00	

compostables					
Pala	Unidad	€5 200	1		€5 200
Sumatoria					<b>€24 300,00</b>
<i>Ingreso</i>					
<b>Detalle</b>	<b>Costo unitario del kg</b>	<b>Cantidad producida (kg) *</b>	<b>Precio venta</b>	<b>Ventas anuales</b>	
Compost producido en una canasta	€1 500	4	€6 000	<b>€36 000</b>	

\* En cantidad producida se contempla lo producido en 2 meses equivalentes al periodo de prueba en campo.

#### 4.3.6 Propuesta de tratamiento de residuos orgánicos

A través del análisis integral de las tres técnicas de compostaje, se logró determinar las dos mejores y se realizó la propuesta (**Figura 32**). Dentro de su contenido están las guías para implementar ambas técnicas (**Figura 33**), experiencias de la comunidad y el análisis económico descrito anteriormente. El documento completo se encuentra en el **Anexo 25**.



**Figura 32.** Portada de la Propuesta para el tratamiento de residuos orgánicos.

 <h2>Takakura</h2> <p>GUÍA DE COMPOSTAJE</p> <p><b>¿Cómo funciona?</b></p> <p>La idea es hacer dos mezclas que ayuden a que los residuos orgánicos se descompongan más rápido y así tener abono en menor tiempo.</p> <p><b>¿Cómo hago esas mezclas?</b></p> <p>Se necesitan 2 botellas de plástico de 2 L y con ellas haremos dos tipos de mezclas:</p>	 <h2>Microorganismos de Montaña (MM)</h2> <p>GUÍA DE COMPOSTAJE</p> <p><b>¿Cómo funciona?</b></p> <p>La idea es hacer una mezcla para añadirla a nuestro compostaje con el fin de que active los microorganismos presentes en la montaña y que nos ayuden a obtener abono mucho más rápido.</p> <p><b>¿Cómo hago esa mezcla?</b></p>		
<table border="1"> <tr> <td data-bbox="334 1465 581 1812"> <p><b>Mezcla dulce</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 50 g azúcar</li> <li>• 1,5 litros de agua</li> <li>• 5 cucharadas de Yogurt</li> <li>• 100 g de queso</li> <li>• Cerveza (mitad de lata)</li> <li>• 1 cucharada de levadura</li> </ul> </td> <td data-bbox="581 1465 831 1812"> <p><b>Mezcla salada</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 15 g sal</li> <li>• 1,5 litros de agua</li> <li>• Cáscaras de 10 uvas</li> <li>• Cáscara de papaya, pepino, tomate.</li> <li>• Restos de lechuga</li> </ul>  </td> </tr> </table> <p style="text-align: right;">7</p>	<p><b>Mezcla dulce</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 50 g azúcar</li> <li>• 1,5 litros de agua</li> <li>• 5 cucharadas de Yogurt</li> <li>• 100 g de queso</li> <li>• Cerveza (mitad de lata)</li> <li>• 1 cucharada de levadura</li> </ul>	<p><b>Mezcla salada</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 15 g sal</li> <li>• 1,5 litros de agua</li> <li>• Cáscaras de 10 uvas</li> <li>• Cáscara de papaya, pepino, tomate.</li> <li>• Restos de lechuga</li> </ul> 	<p> Primero necesito ir a la montaña y recoger tierra que este en las raíces de los árboles, porque es tierra que se ha descompuesto gracias a los microorganismos.</p> <p>Una vez tenemos la tierra de montaña, vamos a necesitar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Un balde, cubeta o recipiente de 20 L</li> <li>• 10 L de melaza</li> </ul> <p> A eso, le agregamos <b>granza o semolina de arroz</b> hasta que al tomarlo con la mano, apretemos y la mezcla quede compacta, sin que salgan gotas ni se desborone.</p> <p> Cuando ya está en el punto, tapamos el recipiente herméticamente y lo dejamos reposar por <b>2 semanas</b>.</p> <p style="text-align: right;">9</p>
<p><b>Mezcla dulce</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 50 g azúcar</li> <li>• 1,5 litros de agua</li> <li>• 5 cucharadas de Yogurt</li> <li>• 100 g de queso</li> <li>• Cerveza (mitad de lata)</li> <li>• 1 cucharada de levadura</li> </ul>	<p><b>Mezcla salada</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 15 g sal</li> <li>• 1,5 litros de agua</li> <li>• Cáscaras de 10 uvas</li> <li>• Cáscara de papaya, pepino, tomate.</li> <li>• Restos de lechuga</li> </ul> 		

**Figura 33.** Guías de compostaje Takakura y MM.

La información descrita anteriormente demuestra que las tres técnicas de compostaje utilizadas en la investigación son aptas para su aplicación en hogares, aun cuando las más viables son la técnica de Takakura y Cama de Volteo con MM, permitiendo gestionar correctamente los residuos orgánicos generados, utilizar residuos valorizables para su almacenamiento y crear un abono de alta calidad, lo cual se demostró por medio de los análisis químicos realizados.

#### **4.4 FASE IV. Campaña de sensibilización**

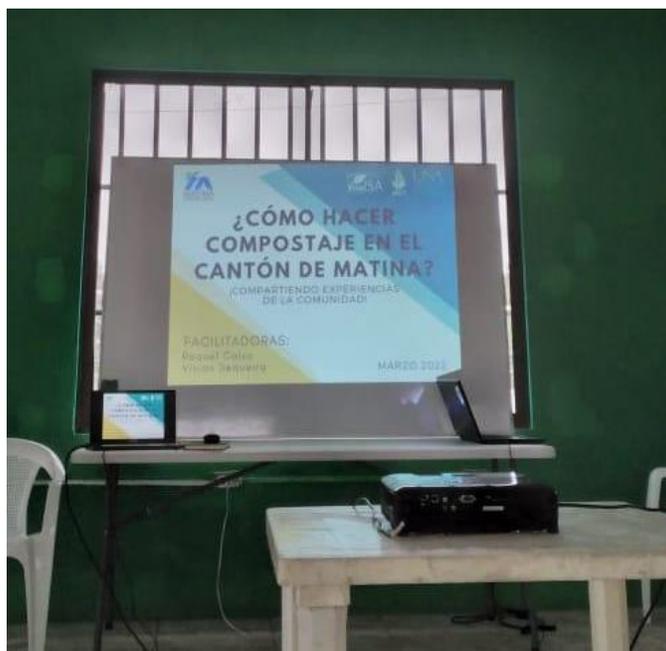
Parte de los objetivos fue divulgar la información recopilada y los resultados obtenidos de la prueba piloto de compostaje. Para ello se realizaron tres talleres de compostaje, uno por cada distrito. Se convocó a las personas de la comunidad a través de redes sociales y dadas las condiciones de la pandemia, se aplicó un aforo de 30 personas para cada taller.

##### **4.4.1 Matina**

El sábado 18 de marzo del 2022 se brindó la capacitación a los vecinos de Matina en el Salón Multiusos de la zona a las 8 a.m. Se obtuvo la participación de 18 personas, de las cuales 17 fueron mujeres de todas las edades. La mitad de las personas participantes contaba con experiencia o conocimientos básicos en el tema y buscaban cómo optimizar el proceso de compostaje, por lo que se mostraron interesadas en las técnicas brindadas.



**Figura 34.** Taller de sensibilización en el distrito de Matina



**Figura 35.** Presentación del taller de sensibilización en Matina

#### **4.4.2 Batán**

El mismo sábado 18 de marzo del 2022 en horas de la tarde se facilitó el taller a los vecinos de Batán en las instalaciones del Gimnasio del distrito. Se contó con la participación de 23 personas. Como parte del taller, además de compartir la información, también se procedió a obsequiarle a las personas interesadas, un poco de semilla de Takakura para que inicien con el compostaje en sus hogares.



**Figura 36..** Taller de sensibilización en el distrito de Batán.

#### 4.4.3 Carrandí

Este taller se aplicó el domingo 19 de marzo en el salón comunal de Carrandí. Este taller contó con menos participación, ya que ese día llovió y no hubo electricidad durante la mañana, lo cual imposibilitó la llegada de las personas. Pese a esa limitación, se logró facilitar la charla y se generó un espacio ameno para conversar en detalle con los participantes y al haber menos personas, se pudo presentar mediante la pantalla de la computadora.



**Figura 37.** Taller de sensibilización en Carrandí.

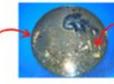


**Figura 38.** Charla en el distrito de Carrandí.

Al finalizar los tres talleres, se evidenció una respuesta positiva por parte de las personas participantes. Todos se llevaron semilla de Takakura y los documentos informativos brindados (**Figura 39**). Se contempló la posible presencia de niños en los talleres, por lo que se generó material de entretenimiento y aunque no se presentaron; se les obsequió el material a los participantes que tuviesen niños en casa (**Figura 40**).

Se procedió a enviar un cuestionario en línea a los participantes a través de WhatsApp o correo electrónico, con el fin de conocer su nivel de satisfacción con la información compartida. De las personas que respondieron, el **83 %** (n=6) ya conocía con anterioridad información relacionada con el tema y la información nueva les pareció útil para su vida. En su mayoría, concuerdan en que les gustaría que se dé continuidad a los talleres, además, desean aprender con mayor detalle temas como cultivos orgánicos para poder utilizar el abono aprendido e iniciar sus sembradíos propios. Las personas participantes que no respondieron la encuesta hicieron llegar sus comentarios vía WhatsApp con imágenes del proceso y agradecidas por la experiencia (**Figura 41**).

✓ Sobremos que el proceso se hizo bien si el "M" huele a fermento y el líquido presenta una "nata blanca" en la superficie.



Las partes blancas que se observan flotando son levaduras y las necesitamos para que nos ayuden a la descomposición de los residuos.

Una vez pasan los 22 días, ya está listo nuestro MM. Para poder usarlo necesitamos diluirlo en agua sin cloro o agua de río.

Vamos a usar 1 litro de nuestro MM en 20 L de agua.

Se recomienda aplicar al compostaje 500 ml de MM diluido y 500 g de cal cada 8 días hasta que ya no se vean residuos.

Algunas consideraciones:

- El compostaje se puede hacer en un recipiente hecho de madera, plástico, madera, cajas de cartón o cualquier otro que permita la entrada de aire al contenedor.
- Se recomienda taparlo con una tela para evitar el ingreso de insectos.
- Agregue los residuos orgánicos, picados y lo más secos posible.
- Se recomienda revolver mínimo de 1 vez al día.
- Compruebe la humedad con la prueba del puño y si está muy húmeda proceda a voltearlo, agregarle aserrín, granza, cartón de huevo y/o coláqueto al sol.
- El líquido de MM también puede agregarlo al servicio sanitario para ayudar a mantener la actividad de microorganismos en el tanque séptico.



PARA MAYOR INFORMACIÓN:

adrian.arguedas@munitatino.go.cr  
vivan.sequeira.perazo@est.una.ac.cr  
raquel.calvo.badilla@est.una.ac.cr

GUÍAS PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS

En el cantón de Matina, Limón, Costa Rica.

---

## Takakura

GUÍA DE COMPOSTAJE

¿Cómo funciona?

La idea es hacer dos mezclas que ayuden a que los residuos orgánicos se descompongan más rápido y así tener abono en menor tiempo.

¿Cómo hago esas mezclas?

Se necesitan 2 botellas de plástico de 2 litros y con ellas haremos dos tipos de mezclas:

Mezcla dulce	Mezcla salada
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 50 g azúcar</li> <li>• 1.5 litros de agua</li> <li>• 5 cucharadas de Yogurt</li> <li>• 100 g de queso</li> <li>• Cerveza (mitad de lata)</li> <li>• 1 cucharada de levadura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 15 g sal</li> <li>• 1.5 litros de agua</li> <li>• Cáscaras de 10 uvas</li> <li>• Cáscara de papaya, pepino, tomate.</li> <li>• Restos de lechuga</li> </ul>

Se tapan con un plástico o tela la cual permita que entre aire a las mezclas y se dejan reposar **7 días** en lugar seco y donde no reciba luz directa del sol.

✓ Sobremos que el proceso se hizo bien si las mezclas huelen a fermento.

✗ Si por el contrario, las mezclas presentan un olor a pudrición, quiere decir que no recibieron el oxígeno que necesitaban y no se pueden usar.

Si todo sale bien, ¿qué se hace con las mezclas?

Las mezclamos con **5 kilos** de semolina de arroz, granza de arroz o aserrín, **2 kilos** de harina de trigo y **2 kilos** de tierra de montaña.

Lo dejamos en reposo, tapado con plástico durante 7 días.



Sobremos que está lista para depositar en reposo, cuando hacemos la prueba del puño. La cual consiste en agarrar un puño del material, cerrar la mano y al abrirse, debe quedar compacto y sin salir gránulos.



Transcurridos los 7 días, ya el Takakura está listo para usarlo.

Algunas consideraciones:

- Se puede colocar en un recipiente hecho de madera, plástico, madera, cajas de cartón o cualquier otro que permita la entrada de aire al contenedor.
- Se recomienda taparlo con una tela para evitar el ingreso de insectos.
- Agregue los residuos orgánicos, picados y lo más secos posible.
- Se recomienda dar un volteo mínimo de 3 veces al día.
- Compruebe la humedad con la prueba del puño y si está muy húmeda agregue aserrín, granza, cartón de huevo o coláqueto al sol.

## Microorganismos de Montaña (MM)

GUÍA DE COMPOSTAJE

¿Cómo funciona?

La idea es hacer una mezcla para añadirla a nuestro compostaje con el fin de que active los microorganismos presentes en la montaña y que nos ayuden a obtener abono mucho más rápido.

¿Cómo hago esa mezcla?



Primero debemos ir a la montaña y recoger tierra que esté en las raíces de los árboles, porque es tierra que se ha desmenuado gracias a los microorganismos. Así como hojas secas que tengan partes blancas.



Cuando ya tenemos la tierra de montaña, vamos a necesitar:

- Un balde, cubeta o recipiente de 20 L.
- 10 L de mezcla

A eso, le agregamos granza o semolina de arroz y agua sin cloro hasta que al tomarlo con la mano, apretemos y la mezcla quede compacta; es decir, sin que salgan gotas ni se desborde.

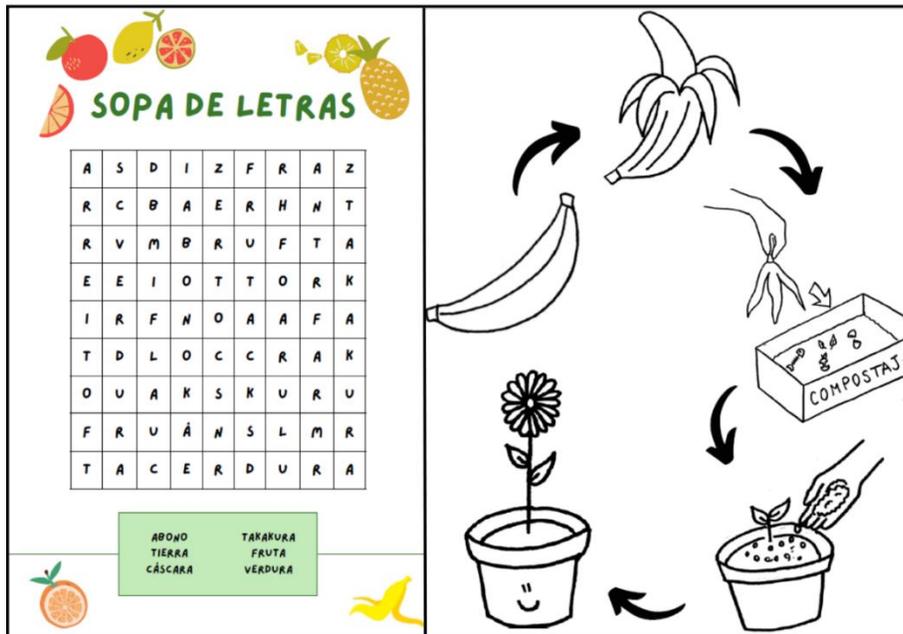


Cuando ya está en ese punto, tapamos el recipiente herméticamente y lo dejamos reposar por **2 semanas**.

¿Qué hago después de las 2 semanas?

Necesitaremos una tela de aprox. **1 m x 1 m** para poder envolver **5 kg** de nuestra mezcla. La idea es echarla en un recipiente de **20 litros** con agua sin cloro o de río como si fuéramos un té muy grande. Si la dejamos reposar con tapa por **22 días** o hasta que notemos que se hace una nata blanca en la superficie.

Figura 39. Brochures de guías para compostaje



**Figura 40.** Material divulgativo para niños relacionado al compostaje



**Figura 41.** Fotografías del proceso de abono enviadas por participantes del taller

## **5. Conclusiones y recomendaciones**

### **5.1 Conclusiones**

Basado en la fase inicial de diagnóstico, se identificaron deficiencias en la gestión de residuos sólidos del cantón por medio de la aplicación de la encuesta que logró recopilar la opinión de los usuarios del servicio. Esto permitió que el Departamento de Gestión Ambiental llevara a cabo medidas de planificación más rigurosas y oportunidades de mejora en la cobertura de recolección, calidad del servicio y comunicación de horarios.

Se evidenció la falta de sensibilización ambiental durante las visitas de campo, al observar la acumulación de basura (“puños”), quema de residuos y disposiciones en cuerpos de agua; lo cual no recae únicamente en la figura de la Municipalidad, sino también en las comunidades, empresas privadas, instituciones públicas y la academia.

El Plan Municipal para la GIRS requería actualización, por lo que el Plan 2021-2026 facilitaría las medidas por implementar a corto, mediano y largo plazo. Además, se realizó un margen de comparación entre las metas alcanzadas en el período anterior y lo deseado para el 2021-2026; proceso vital para elaborar medidas más alcanzables y prioritarias que reflejan las necesidades del cantón.

Las técnicas Takakura y Cama de Volteo con Microorganismos de Montaña fueron las que presentaron mejores resultados a nivel ambiental, técnico y económico. Por otro lado, las condiciones climáticas de Matina fueron un factor de influencia en el proceso de compostaje y en la calidad del abono obtenido, dado el nivel de humedad presentado en la zona.

Gracias a la variabilidad en los resultados obtenidos del análisis de laboratorio, se determinó que la riqueza nutricional de los abonos orgánicos depende directamente de la cantidad y la diversidad de residuos orgánicos que se agreguen al compostaje y que, aunque se utilice la misma técnica, la calidad puede variar entre sí.

Las experiencias con las familias de Matina permitieron elaborar la propuesta de tratamiento de residuos orgánicos y el material audiovisual necesario para la campaña de sensibilización. Dicha campaña permitió el acercamiento con las comunidades de Matina, Batán y Carrandí; conocer sus distintas realidades y apoyarles en su proceso de aprendizaje en el tema. Además, a través de comunicaciones personales con los participantes y la implementación de cuestionarios, se identificó el interés de las personas en las técnicas de compostaje y su aplicación.

## **5.2 Recomendaciones**

### **5.2.1. Recomendaciones dirigidas a la Municipalidad de Matina**

Para la generación de datos históricos, se recomienda realizar encuestas anuales que recopilen información general de la gestión de los residuos del cantón y, de esta manera, conocer la percepción de los usuarios y la calidad del servicio.

Además, se considera esencial que la Municipalidad determine puntos estratégicos donde se puedan colocar canastas de grandes volúmenes en lugares que cuenten con las siguientes condiciones: en zonas de puños, lugares con alta densidad vehicular y en la entrada de comunidades con difícil acceso.

A raíz del diagnóstico realizado, se sugiere realizar un estudio para la optimización de las rutas de recolección de residuos, con el fin de disminuir el tiempo de recolecta, aumentar la cobertura y frecuencia.

Debido a las limitaciones relacionadas a la disposición final de residuos en el Parque Tecnológico Ambiental EBI Santa Rosa, se recomienda analizar la viabilidad técnica, ambiental y económica para crear un sitio de transferencia entre Matina–Limón; la cual sea apoyada por medio de alianzas estratégicas entre Municipalidad y empresas público-privadas.

Se recomienda que el Departamento de Gestión Ambiental lidere y financie capacitaciones para incentivar la elaboración de compostaje aplicando las guías generadas en el presente proyecto a las comunidades del cantón, con el fin de disminuir la carga de residuos orgánicos enviados al relleno sanitario.

Al ser Matina un cantón con cercanía costera se insta al Departamento de Gestión Ambiental incorporar al PMGIRS en el corto plazo lo requerido en el Plan Nacional de Residuos Marinos (PNRM).

### **5.2.2. Recomendaciones dirigidas a la academia**

Aunado a los análisis químicos realizados, se insta a realizar un análisis de las características fisicoquímicas del suelo para conocer los niveles de macro y micronutrientes, con énfasis en hierro y manganeso, que complemente la información generada en este proyecto.

De ser el caso que se replique la metodología de este documento, se sugiere que, posterior a la obtención del abono, se realicen los análisis químicos completos, incluido el de patógenos, con el fin de conocer la fitotoxicidad del abono estudiado.

Dada la falta de estandarización de parámetros, se aconseja crear una norma técnica a nivel nacional que permita definir los parámetros de calidad de un abono orgánico para su comercialización, ya que la aplicación de compostaje es una respuesta alternativa a los agroquímicos.

## 6. Referencias

- Aguilar, A. (2015). *Compostaje como tecnología para la reducción de emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) en el manejo de residuos orgánicos, San Rafael de Heredia, Costa Rica.* (tesis de pregrado). Universidad Nacional, Heredia.
- Aguilera, A. (2017). El costo-beneficio como herramienta de decisión en la inversión en actividades científicas. *Cofin Habana*, 11(2), 322-343. Recuperado de: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2073-60612017000200022&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2073-60612017000200022&lng=es&tlng=es).
- Alhanti, B., van Wendel de Joode, B., Soto Martínez, M., Mora, A. M., Córdoba Gamboa, L., Reich, B., Lindh, C. H., Quirós Lépiz, M., & Hoppin, J. A. (2021) *Las exposiciones ambientales contribuyen a los síntomas respiratorios y alérgicos entre las mujeres que viven en las regiones productoras de banano de Costa Rica.* *Medicina Ocupacional y Ambiental*, (1), 2021-107611. Recuperado de <https://doi.org/10.1136/oemed-2021-107611>
- Azim, K., Soudi, B., Boukhari, S. et al. (2018). *Composting parameters and compost quality: a literature review.* *Org. Agr.* 8, 141–158. Recuperado de <https://doi.org/10.1007/s13165-017-0180-z>
- Bernache, G. (2012). Riesgo de contaminación por disposición final de residuos un estudio de la región centro occidente de México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, (1), 97-105. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v28s1/v28s1a14.pdf>
- Bohórquez, W. (2019). *El proceso de compostaje.* Primera edición. Bogotá: Ediciones Unisalle. <https://ciencia.lasalle.edu.co/libros/72>
- Camacho, Fabricio & Uribe, Lidieth & Newcomer, Quint & Masters, Karen & Kinyua, Maureen. (2018). *Bio-optimización del compost con cultivos de microorganismos de montaña (MM) y lodos digeridos de biodigestor (LDBIO).* *UNED Research Journal*. 10. pp 330-341. 10.22458/urjv10i2.2163.
- Cánepa Y; Trémols, A. (2015). *Importancia del azufre en la agricultura.* *Cuba Tabaco*, 16(1), 78-85.

- Castro, Daza & Marmolejo (2016). *Evaluación de la adecuación de humedad en el compostaje de biorresiduos de origen municipal en la Planta de Manejo de Residuos Sólidos (PMRS) del Municipio de Versalles, Valle del Cauca*. *Gestión y Ambiente*, 19(1), 179-191.
- Castro, K. (2019). *Evaluación y propuesta de mejoramiento del sistema de recolección de los residuos sólidos ordinarios de la Municipalidad de Paraíso*. (tesis de pregrado). Universidad de Costa Rica, San Pedro.
- Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA) (2017). ¿Cómo hacer microorganismos de montaña? Recuperado de <http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Brochure-MicroCIA-VF-2017web.pdf>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe y Ministerio de Desarrollo Social y Familia (CEPAL). (2016). *Guía general para la gestión de residuos domiciliarios*, Santiago Chile, Publicación de las Naciones Unidas.
- Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA). (2017). *Caracterización y gestión de los residuos orgánicos en América del Norte, Montreal*. Recuperado de <http://www3.cec.org/islandora/es/item/11770-characterization-and-management-organic-waste-in-north-america-white-paper-es.pdf>
- Contraloría General de la República, Costa Rica. (2016). Auditoria Operativa recolección de residuos sólidos. Obtenido de [https://cgrfiles.cgr.go.cr/publico/docs\\_cgr/2016/SIGYD\\_D\\_2016002526.pdf](https://cgrfiles.cgr.go.cr/publico/docs_cgr/2016/SIGYD_D_2016002526.pdf)
- Cruz, N. (2010). *Aprovechamiento y manejo de desechos orgánicos de cocina utilizando microorganismos eficientes de montaña (MEM) aislados de dos bosques secundarios de Costa Rica* (tesis de grado). Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Biología, 2010.
- FAO. (2013). *Manual de Compostaje del Agricultor*. Santiago de Chile: FAO. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>
- Fortalecimiento de la Capacidad Institucional en el Manejo Integral de los Residuos Sólidos (FOCIMIRS). (2017). *Manual de Recolección y Transporte de los Residuos Sólidos*. Recuperado de: <https://ambiente.gob.do/wp-content/uploads/2016/10/03-Recolecci%C3%B3n-y-Transporte-RS.pdf>

Gaudel, C.A., Moran, D. y Gurdian, E. (2003) Sistema Radical del Banano: hacia un mejor conocimiento para su manejo productivo. Memorias de un simposio internacional, San José, Costa Rica, noviembre, 2003. Juárez, M., Cerdán, M y Sánchez-Sánchez, A. (2007) *Hierro en el sistema suelo-planta*. España: Universidad de Alicante. Recuperado de <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/1845>

GIZ (Agencia de Cooperación Técnica Alemana). (2019). *Primer informe Situación de la Gestión de los Residuos Sólidos para la determinación de la NAMA residuos Costa Rica*. Recuperado de: <https://cambioclimatico.go.cr/wp-content/uploads/2019/07/Primer-informe-Situaci%C3%B3n-de-la-Gesti%C3%B3n-de-los-Residuos-S%C3%B3lidos-para-la-determinaci%C3%B3n-de-la-NAMA-residuos-Costa-Rica.pdf>

Granados, S. (2014). *Cuantificación y caracterización de los Residuos Sólidos municipales, para diseñar un centro de recuperación de Residuos Sólidos, en la comunidad de Orosi, Paraíso, Cartago, Costa Rica* (tesis de pregrado). Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago.

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2006). Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Capítulo 4: Tratamiento biológico de los desechos sólidos. Recuperado de: [https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/5\\_Volume5/V5\\_4\\_Ch4\\_Bio\\_Treat.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/5_Volume5/V5_4_Ch4_Bio_Treat.pdf)

Guzñay, C (2017). *Guía agroecológica para una agricultura resiliente en la parte baja de la Subcuenca del río Daule, Ecuador*. Recuperado de [https://www.avsf.org/public/posts/2254/guia\\_agroecologica\\_agricultura\\_resiliente\\_ecuador\\_avsf\\_2017.pdf](https://www.avsf.org/public/posts/2254/guia_agroecologica_agricultura_resiliente_ecuador_avsf_2017.pdf)

Hernández, D. (2012). *Optimización del sistema de recolección de residuos sólidos del cantón de Montes de Oca, San José, Costa Rica*. (tesis de grado). Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica.

Institute for Global Environmental Strategies (IGES). (2010). *Compostaje para la reducción de residuos*. Trad. Jica. Kitakyushu, JP. Recuperado de

[https://www.jica.go.jp/kyushu/office/ku57pq000009v1mc-att/comp\\_kit\\_low.pdf](https://www.jica.go.jp/kyushu/office/ku57pq000009v1mc-att/comp_kit_low.pdf)

Instituto Meteorológico Nacional (IMN). (2015). *Inventario nacional de gases de efecto invernadero y absorción de carbono, 2012*. San José, Costa Rica: IMN.

Instituto Meteorológico Nacional (IMN). (2018). *Climatología aeronáutica (2013-2017)*. Recuperado de

<https://www.imn.ac.cr/documents/10179/38326/Climatolog%C3%ADa+de+Lim%C3%B3n/ddd8ca1f-bee4-4a2b-8459-fb01d139fe3e>

Instituto Nacional de Desarrollo (INDER). (2016). *Caracterización del Territorio Limón-Matina*.

Recuperado de: <https://www.inder.go.cr/lima/Caracterizacion-territorio-Limon-Matina.pdf>

Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC). (2011). *Indicadores Nacionales - Censos Nacionales de Población y Vivienda 2000 y 2011 Limón*. Recuperado de:

<https://www.inec.cr/documento/censo-2011-indicadores-cantales-provincia-de-limon-2000-2011>

Jiménez, N. (2015). La gestión integral de residuos sólidos urbanos en México: entre la intención y la realidad. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana De Estudios Socioambientales*, (17), 29-56.

<https://doi.org/10.17141/letrasverdes.17.2015.1419>

La Gaceta (13 de abril del 2020). Directriz Ministerio de Ambiente y Energía N.º 0003-2020. *Diario Oficial La Gaceta*.

Ley N.º 5395. Procuraduría General de la República (PGR), Costa Rica, San José, 30 de octubre de 1973.

Ley N.º 8839. Diario Oficial La Gaceta, Costa Rica, San José, 13 de julio del 2010.

Lora S, R. (2007). *Contaminación por elementos menores y posibles soluciones*. Revista U.D.C.A. Actualidad & Divulgación Científica, 10 (1): 5-20

Márquez Pérez, J. (2006). *Macro Y Micro Ruteo De Residuos Sólidos Residenciales*. (tesis de grado) Universidad de Sucre, Sincelejo, Colombia.

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marina (MARM). (2011). *Estudio sobre modelos de gestión de residuos en entornos rurales aislados*. Recuperado de: [https://ent.cat/wp-content/uploads/2015/07/2011\\_Gestion-de-residuos-en-entornos-rurales.pdf](https://ent.cat/wp-content/uploads/2015/07/2011_Gestion-de-residuos-en-entornos-rurales.pdf)

- Ministerio de Salud. (2011). *Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos 2010-2021*. San José, Costa Rica: Ministerio de Salud.
- Ministerio de Salud. (2016a). *Plan Nacional Para la Gestión Integral de Residuos 2016-2021*. San José, Costa Rica: Ministerio de Salud.
- Ministerio de Salud. (2016b). *Estrategia Nacional de Separación, Recuperación y Valorización de Residuos (ENSRVR)*. San José, Costa Rica: Ministerio de Salud.
- Ministerio de Salud. (2020). Reglamento para la prohibición de uso de estereofón sale a consulta pública (en línea). Recuperado de: <https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/centro-de-prensa/noticias/741-noticias-2020/1873-reglamento-para-la-prohibicion-de-uso-de-estereofon-sale-a-consulta-publica>
- Molina, J.A (2018). *Manejo de residuos y desechos sólidos generados en comunidad “La Reina”, aldea El Rodeo, Escuintla* (tesis grado de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Mazatenango.
- Naranjo-Morán, J., Vera-Morales, M. y Mora-González, A. (2021). *Acumulaciones de hierro en agroecosistemas bananeros (Milagro, Ecuador): Una revisión bibliográfica de algunos factores que intervienen en la salud y nutrición del cultivo*. Siembra 8 (2) 1-13.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2018). Cómo la basura afecta al desarrollo de América Latina. (en línea) Recuperado de: <https://news.un.org/es/story/2018/10/1443562>
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2019). Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (en línea). Recuperado de: [https://unstats.un.org/sdgs/report/2019/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2019\\_Spanish.pdf](https://unstats.un.org/sdgs/report/2019/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2019_Spanish.pdf)
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2019). *La tecnología puede convertir en riqueza los desechos de las ciudades*. (en línea) Recuperado de <https://news.un.org/es/story/2019/10/1463472>
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2016). *La OMS publica estimaciones nacionales sobre la exposición a la contaminación del aire y sus repercusiones para la salud*. (en línea) Recuperado de: <https://www.who.int/es/news-room/detail/27-09-2016-who-releases-country-estimates-on-air-pollution-exposure-and-health-impact>

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2017). *Las consecuencias de la contaminación ambiental: 1,7 millones de defunciones infantiles anuales, según la OMS*. (en línea) Recuperado de: <https://www.who.int/es/news-room/detail/06-03-2017-the-cost-of-a-polluted-environment-1-7-million-child-deaths-a-year-says-who>

Pharino, C. (2017). *Challenges for Sustainable Solid Waste Management*. Singapore: Springer. doi: 10.1007/978-981-10-4631-5.

Presidencia de la República. (2019). *Gobierno promueve ley para combatir contaminación por plásticos* (en línea). Recuperado de: <https://www.presidencia.go.cr/comunicados/2019/02/gobierno-promueve-ley-para-combatir-contaminacion-por-plasticos/>

Programa Competitividad y Medio Ambiente. CYMA (2008). *Manual para la elaboración de Planes Municipales de Gestión Integral de Residuos Sólidos*. SAN JOSÉ, Costa Rica: Ministerio de Salud

Programa Competitividad y Medio Ambiente. CYMA (2012). *Guía de interpretación de la metodología para la realización de estudios de generación y composición de residuos ordinarios*. SAN JOSÉ, Costa Rica: Ministerio de Salud

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2020). *Antecedentes Objetivos de Desarrollo Sostenible* (en línea). Recuperado de: <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/background/>

Programa Infantes y Salud (ISA). (2018). *Entrega sistematización en centros ‘ambiente y salud en el Cantón de Matina’*. Recuperado de: <http://www.isa.una.ac.cr/index.php/noticias/64-entrega-sistematizacion-encuentros-ambiente-y-salud-en-el-cant-de-matina>

Ramírez, S. (2012). *Innovaciones agroecológicas para una producción agropecuaria sostenible en la región del Trifinio*. Turrialba, Costa Rica: CATIE.

Reglamento de Centros de Recuperación de Residuos Valorizables N.º 41052-S. Procuraduría General de la República, Costa Rica, San José, 1 de junio del 2018.

Reglamento General para la Clasificación y Manejo de Residuos Peligrosos N.º 37788 S MINAE.

- Procuraduría General de la República, Costa Rica, San José, 19 de enero del 2014.
- Reglamento para el Manejo Integral de Residuos Sólidos Municipalidad de Matina. Diario Oficial La Gaceta, Costa Rica, Matina, 26 de julio del 2017.
- Reglamento sobre el Manejo de Residuos Sólidos Ordinarios N.º 36093-S. Procuraduría General de la República, Costa Rica, San José, 15 de julio del 2010.
- Samiei, M., & Bostani, A. (2016). Manganese Fractionation in Soils after Application of Municipal Solid Wastes Compost in Two Consecutive Years. *Applied & Environmental Soil Science*, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2016/5202789>
- Silva, P. (2012). Cobre en alimentos de consumo básico por espectroscopia de absorción atómica modalidad de llama, Costa Rica. *Revista Costarricense de Salud Pública* (21) 92-95.
- Soto, S. (2019). Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible 2019: Gestión de los residuos sólidos en Costa Rica. Recuperado de <http://repositorio.conare.ac.cr/handle/20.500.12337/7818>
- Taquía, J. (2013). Optimización de rutas en una empresa de recojo de residuos sólidos en el distrito de los Olivos. (tesis de grado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- US Composting Council (2001). *Field Guide to Compost Use*. Recuperado de: <http://www.mncompostingcouncil.org/uploads/1/5/6/0/15602762/fgcu.pdf>
- Van Wendel de Joode, B., Barbeau, B., Bouchard, M.F., Mora, A., Skytt, Å., Córdoba, L., Quesada, R., Lundth, T., Lindth, C.H. y Mergler, D. (2016). *Concentraciones de manganeso en agua potable de aldeas cercanas a plantaciones bananeras con aspersión aérea de mancozeb en Costa Rica: Resultados del Estudio de Salud Ambiental Infantil (ISA)*. *Environmental Pollution* (215) 247-257.
- Vera, A; Moreno, J.L; García, C; Morais, D; Bastida, F. (2019). Boron in soil: The impacts on the biomass, composition and activity of the soil microbial community. *Science of The Total Environment*, 685, 564-573. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.375>

## 7. Anexos

**Anexos 1.** Toneladas métricas generadas en el cantón desde el año 2016 al 2019. **Fuente:** información brindada por la Municipalidad de Matina

	<b>Toneladas métricas</b>				
<b>MES</b>	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Enero</b>	393,25	374,86	387,91	201,18	431,37
<b>Febrero</b>	273,84	359,99	323,75	72,70	353,69
<b>Marzo</b>	285,13	381,66	320,65	412,66	410,87
<b>Abril</b>	306,7	262,48	308,34	338,05	226,88
<b>Mayo</b>	286,33	438,85	308,4	181,64	479,68
<b>Junio</b>	381,98	311,65	175,58	455,66	411,93
<b>Julio</b>	303,02	451,58	441,61	460	486,67
<b>Agosto</b>	348,67	267,95	504,67	373,77	-
<b>Septiembre</b>	342,9	301,32	149,69	427,12	-
<b>Octubre</b>	335,07	435,05	522,65	225,69	-
<b>Noviembre</b>	340,95	265,35	371,58	319,64	-
<b>Diciembre</b>	422,36	271,5	432,11	467,26	-
<b>Total al año</b>	<b>4020,2</b>	<b>4122,24</b>	<b>4246,94</b>	<b>3935,37</b>	<b>2801,09</b>
<b>Promedio mensual</b>	<b>335,02</b>	<b>343,52</b>	<b>353,91</b>	<b>327,95</b>	<b>400,16</b>

<b>Promedio semanal</b>	77,31	79,27	81,67	75,68	90,36
-----------------------------	-------	-------	-------	-------	-------

**Anexos 2.** Composición de los residuos sólidos domiciliarios. **Fuente:** Sosa, 2019

<b>Clasificación</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
<b>Orgánico (biodegradable)</b>	70,00
<b>Plástico</b>	17,37
<b>Papel / Cartón</b>	5,26
<b>Otros (Papel higiénico, madera. Empaques)</b>	2,66
<b>Metales</b>	2,10
<b>Vidrio</b>	1,05
<b>Poli laminados</b>	1,05
<b>Aluminio</b>	0,51
<b>Textiles</b>	-
<b>Electrónicos</b>	-

**Anexos 3.** Lineamientos estratégicos del Plan Municipal para la Gestión Integrada de Residuos Sólidos 2021 -2026. **Fuente:** brindado por miembros de la Municipalidad de Matina

**PLAN DE ACCIÓN 2021-2026**

OBJETIVO	ACTIVIDAD	META	INDICADOR	RESPONSABLE	RECURSOS	CUMPLIMIENTO DE META						PRESUPUESTO ESTIMADO
						2021	2022	2023	2024	2025	2026	
						1	2	3	4	5	6	
<b>1- Instaurar una política institucional de manejo de residuos sólidos en la municipalidad</b>	1.1 Emitir una directriz para responsabilizar a los funcionarios municipales de separar los materiales reciclables generados.	Separar y gestionar adecuadamente los residuos sólidos valorizables generados en cada departamento del municipio.	Elaboración y entrega de la directriz a todos los funcionarios municipales	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Alcaldía</li> <li>● Unidad de Gestión Ambiental</li> </ul>	Recurso Técnico y Humano	<b>X</b>						N/A
	1.2 Emitir una directriz para la compra de	Fomentar la compra y la utilización de	*Elaboración y entrega de la directriz al	*Alcaldía *Unidad de Gestión Ambiental	*Recurso Técnico Humano	<b>X</b>						N/A

materiales y suministros reciclables y reciclados en cumplimiento del artículo 29 de la Ley N° 8839.	materiales reutilizables, reciclables, biodegradables y valorizables dentro de la institución.	Departamento de Proveeduría									
1.3 Impartir un taller de capacitación sobre el manejo integral de residuos sólidos a funcionarios municipales con asistencia obligatoria.	Sensibilizar a los funcionarios municipales sobre el manejo adecuado de los recursos y los residuos sólidos.	*Realización del taller *Bitácora de asistencia	*Unidad de Gestión Ambiental	*Recurso Técnico Humano *Recurso Financiero	X						C\$200 000

<p>1.4 Realizar una conferencia para sensibilizar al Concejo Municipal sobre la importancia del PMGIRS-Matina y la gestión integral de residuos sólidos.</p>	<p>Sensibilizar a los miembros de Concejo Municipal sobre el manejo adecuado de los recursos y los residuos sólidos.</p>	<p>*Realización del taller *Bitácora de asistencia</p>	<p>*Unidad de Gestión Ambiental</p>	<p>*Recurso Técnico Humano *Recurso Financiero</p>	<p>X</p>						<p>€200 000</p>
<p>1.5 Elaboración e implementación del PGAI con la integración de los actores</p>	<p>Elaborar e implementar el Programa de Gestión Ambiental Institucional (PGAI) en</p>	<p>*Elaboración y entrega del PGAI a DIGECA</p>	<p>*Unidad de Gestión Ambiental *Comisión Ambiental Institucional</p>	<p>*Recurso Técnico Humano</p>	<p>X</p>	<p>X</p>					<p>N/A</p>

sociales, para la implementación, seguimiento y monitoreo del PMGIRS, con el fin de garantizar la sostenibilidad institucional y el fortalecimiento de este.	los tres edificios municipales.											
--	---------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

OBJETIVO	ACTIVIDAD	META	INDICADOR	RESPONSABLE	RECURSOS	CUMPLIMIENTO DE META						PRESUPUESTO ESTIMADO
						2021	2022	2023	2024	2025	2026	

<b>2- Mejorar el servicio de recolección de residuos sólidos del cantón de Matina</b>	2.1 Implementación de rutas de recolección de residuos sólidos con horarios definidos para las diferentes comunidades del cantón.	Implementar rutas de recolección de residuos sólidos periódicas y definidas para las comunidades del cantón que cuentan con este servicio.	*Divulgación de las rutas en medios oficiales (página de Facebook municipal) *Informes semanales de recolección	*Unidad de Gestión Ambiental	*Recurso Técnico Humano	X							N/A
	2.2 Gestionar un estudio técnico para el rediseño de las rutas de recolección	Implementar rutas de recolección de residuos sólidos según	*Documentación que respalde la realización del estudio técnico	*Alcaldía *Unidad de Gestión Ambiental	*Recurso Técnico Humano *Recurso Financiero		X	X					€3 000 000

	de residuos sólidos.	estudio técnico previo.										
	2.3 Adquirir otro vehículo recolector de residuos sólidos ordinarios	Aumentar la cobertura del servicio de recolección y transporte de un 59% a un 80%. Aumentar la periodicidad de recolección de residuos sólidos en las	*Adquisición del vehículo recolector	*Alcaldía *Departamento de Proveduría	*Recurso Técnico Humano *Recurso Financiero	<b>X</b>						Camión nuevo: C125 000 000 Alquiler por un año: C60 000 000

		comunidad es del cantón.										
	2.4 Efectuar un estudio de actualización del censo de contribuyente s del servicio de recolección	Incorporar al sistema de cobro a las personas que se les brinda el servicio de recolección de residuos sólidos y no pagan por el mismo.	*Lista y cantidad de nuevos contribuyente s (detallado)	*Alcaldía *Departamento Tributario	*Recurso Técnico Humano *Recurso Financiero			<b>X</b>	<b>X</b>			€3 000 000

<p>2.5 Ejecutar la actualización de la tarifa de acuerdo con el estudio técnico realizado bajo la Contratación Directa 2018CD-000039-01.</p>	<p>Aumento del 30% en los ingresos por la prestación de los servicios</p>	<p>*Publicación y ejecución de la nueva tarifa</p>	<p>*Alcaldía *Departamento Tributario</p>	<p>*Recurso Técnico Humano *Recurso Financiero</p>	<p>X</p>	<p>X</p>						<p>€200 000</p>
<p>2.6 Informar a los usuarios del servicio acerca de la Ley 8839 y Código Municipal, la obligación de pagar</p>	<p>de residuos sólidos.</p>	<p>*Divulgación de las rutas en medios oficiales (página de Facebook municipal), perifoneo,</p>	<p>*Alcaldía *Departamento Tributario *Unidad de Gestión Ambiental</p>	<p>*Recurso Técnico Humano *Recurso Financiero</p>	<p>X</p>	<p>X</p>	<p>X</p>	<p>X</p>				<p>€200 000</p>

oportunament e los servicios municipales de residuos sólidos.		información física.									
2.7 Realizar un análisis de la base de datos de contribuyente s para identificar a los usuarios morosos del servicio de recolección de períodos anteriores y establecer una estrategia		*Lista detallada de contribuyente s morosos. *Estrategia a seguir.	*Alcaldía *Departamento Tributario	*Recurso Técnico Humano	X						N/A

	eficaz de cobro.											
	2.8 Creación de la Oficina de Gestión Ambiental	*Contar con un espacio físico propio para la atención de denuncias, trabajo de oficina y archivo de documentos.	Designación de espacio físico para el G.A	*Alcaldía	*Recurso Técnico Humano	X						N/A

OBJETIVO	ACTIVIDAD	META	INDICADOR	RESPONSABLE	RECURSOS	CUMPLIMIENTO DE META	PRESUPUESTO ESTIMADO
----------	-----------	------	-----------	-------------	----------	----------------------	----------------------

						2021	2022	2023	2024	2025	2026	
<b>3- Mejorar el servicio de aseo de vías y sitios públicos</b>	3.1 Realizar un estudio técnico para la actualización de las tarifas y ampliación del servicio de limpieza de vías y sitios públicos.	*Definir el área en la que se brindará el servicio de limpieza de vías y chapia.	*Contratación del estudio: Informe final	*Alcaldía *Unidad de Gestión Ambiental *Departamento Tributario *Departamento de Proveduría	*Recurso Técnico Humano *Recurso Financiero		X	X				€3 000 000
<b>4- Implementar el servicio de mantenimiento de parques y</b>	4.1 Realizar un estudio técnico para la implementación del servicio de	*Brindar y cobrar por el servicio de mantenimiento de parques y	*Contratación del estudio: Informe final	*Alcaldía *Unidad de Gestión Ambiental *Departamento Tributario *Departamento de	*Recurso Técnico Humano *Recurso Financiero		X	X				€3 000 000

<b>obras de ornato</b>	parques y obras de ornato.	obras de ornato.		to de Proveduría *Departamento de Presupuesto								
------------------------	----------------------------	------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

OBJETIVO	ACTIVIDAD	META	INDICADOR	RESPONSABLE	RECURSOS	CUMPLIMIENTO DE META						PRESUPUESTO ESTIMADO
						2021	2022	2023	2024	2025	2026	
						1	2	3	4	5	6	
<b>5- Desarrollar un proceso de educación y comunicación en el tema de gestión integral de</b>	5.1 Desarrollar actividades de educación ambiental (talleres, charlas, giras, campañas), en el tema	*Realizar tres actividades masivas de educación ambiental al año (una por cada distrito). *Realizar cinco	*Realización de las actividades, talleres o campañas de educación ambiental anuales *Boletín informativo	*Unidad de Gestión Ambiental *Comité GIRS-Matina	*Recurso Técnico Humano *Recurso Financiero	X	X	X	X	x	x	€3 000 000

<b>residuos a la sociedad civil del cantón</b>	de manejo integral de residuos sólidos para las comunidades del cantón. Asimismo, divulgar el derecho y deber que tiene la ciudadanía de denunciar formalmente un mal manejo de residuos sólidos ante el	campañas de limpieza de playas y ríos al año. *Realizar una campaña de recolección de residuos electrónicos por año. *Realizar una campaña de recolección de residuos tradicionales por año.	físico y digital									
--	--	--	------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Departamento de Gestión Ambiental Municipal.												
5.2 Implementar el uso de la tecnología para generar sensibilización social y ambiental.	*Crear plataformas de información y concientización de carácter ambiental (p.e Facebook, Instagram, otras)	*Creación de la plataforma digital	*Unidad de Gestión Ambiental *Comité GIRS-Matina	*Recurso Técnico	X							N/A
5.3 Fortalecer las alianzas público-privadas	*Involucrar más actores sociales, ya sean privados o	*Documentación de proyectos o alianzas con	*Unidad de Gestión Ambiental *Comité GIRS-Matina	*Recurso Técnico Humano *Recurso Financiero	X	X	X	X	x	x		€100 000

	para la GIRS.	públicos, en el proceso de GIRS.	los actores sociales									
	5.4 Realizar estudios de generación y composición de los residuos sólidos que se generan en todo el cantón.	*Contar con estudios técnicos para la toma de decisiones	*Estudio realizado y documentado	*Unidad de Gestión Ambiental	*Recurso Técnico Humano *Recurso Financiero	X						€1 000 000

OBJETIVO	ACTIVIDAD	META	INDICADOR	RESPONSABLE	RECURSOS	CUMPLIMIENTO DE META						PRESUPUESTO ESTIMADO
						2021	2022	2023	2024	2025	2026	

<b>6- Consolidar el Centro de Recuperación de Materiales Valorizables de Matina (CRMV-Matina)</b>	6.1 Dotar del equipo, herramientas y suministros necesarios para el funcionamiento eficiente del CRM.	*Adquirir una compactadora para cartón y un triturador de vidrio. *Dotar de energía eléctrica al CRMV-Matina. *Compra de herramienta s y suministros para los trabajadores del CRMV-Matina.	*Compra de equipo *Ampliación de CRMV-Matina	*Alcaldía *Unidad de Gestión Ambiental *Departamento de Proveduría	*Recurso Técnico Humano *Recurso Financiero	<b>X</b>	<b>X</b>					¢12 000 000
---	---	---	--	--	--	----------	----------	--	--	--	--	-------------

	6.2 Establecer convenio con un grupo organizado para la administración del CRMV-Matina	*Otorgar la administración del CRMV-Matina a un grupo organizado del cantón. *Generar empleo a nivel local. *Impulsar el sentido de pertenencia.	*Elaboración del convenio	*Alcaldía *Unidad de Gestión Ambiental	*Recurso Técnico Humano	X								N/A
--	---	--	---------------------------	---	-------------------------	---	--	--	--	--	--	--	--	-----

OBJETIVO	ACTIVIDAD	META	INDICADOR	RESPONSABLE	RECURSOS	CUMPLIMIENTO DE META						PRESUPUESTO ESTIMADO	
						2021	2022	2023	2024	2025	2026		
7- Impulsar el servicio de	7.1 Adquirir otro vehículo recolector	*Aumentar la cobertura del	*Adquisición del vehículo recolector de cajón seco	*Alcaldía *Unidad de Gestión Ambiental	*Recurso Técnico Humano	X							€50 000 000

<b>Recolección de residuos sólidos valorizables del cantón de Matina</b>	de residuos sólidos valorizables .	servicio. *Definir rutas de recolección de residuos valorizables en 20% de las comunidades del cantón.		*Departamento de Proveduría	*Recurso Financiero							
	7.2 Contratar personal exclusivo para la recolección de RSV.	*Contar con personal exclusivo para la recolección y descarga de los RSV.	*Cantidad de contratos (dos conductores y dos peones).	*Alcaldía *Unidad de Gestión Ambiental *Departamento de Proveduría *Departamento de Presupuesto	*Recurso Técnico Humano *Recurso Financiero	X	X	X	X			€21 600 000

	7.3 Fomentar en las comunidades la creación de centros de transferencia de residuos valorizables que faciliten la gestión de residuos de este tipo.	*Facilitar la recolección de RSV.	Cantidad de centros de transferencia	*Unidad de Gestión Ambiental	*Recurso Técnico Humano	X	X	X	X	X	X	N/A
--	--	-----------------------------------	--------------------------------------	------------------------------	-------------------------	---	---	---	---	---	---	-----

	7.4 Crear un programa de incentivos no fiscal para los grupos organizados, empresas, comercios e instituciones.	*Aumentar la cantidad de grupos organizados, empresas, comercio e instituciones que participen en el GIRS.	*Elaboración e implementación de los incentivos, por ejemplo, <i>stickers</i> , certificados, estructuras en las comunidades más activas en separación de RSV (p.e <i>playground</i> , máquinas de ejercicio al aire libre, basureros).	*Alcaldía *Unidad de Gestión Ambiental *Departamento de Proveduría	*Recurso Técnico *Recurso Financiero	X	X	X	X	X	X	C8 000 000 /año
--	---	--	---	--	---	---	---	---	---	---	---	-----------------

**Anexos 4.** Ecuación 3. Número de vehículos recolectores necesarios. **Fuente:** (Taquí, 2013, p. 13)

$$N_v = \frac{G \cdot P \cdot 7 \cdot Fr \cdot K}{N \cdot C \cdot dh}$$

Donde:

$N_v$  =Número de vehículos necesarios

$G$ : Producción de residuos sólidos en Kg/hab/día

$P$ : Densidad de población en hab/km

$Fr$ : Factor de reserva

$K$ : Factor de cobertura

$N$ : Número de viajes por turno

$C$ : Capacidad del vehículo en kilogramos

$dh$ : días hábiles

**Anexos 5.** Ecuación 4. Tamaño de cuadrilla ideal. **Fuente:** (Taquíá, 2013, p. 13)

$$Nr = \frac{N \cdot C}{R \cdot H}$$

Donde

R: Rendimiento en kg/Hombre/h

H: Duración de la Jornada en hora

**Anexos 6.** Lista de verificación del Plan Municipal de GIRS. **Fuente:** elaboración propia

<b>Lista de verificación - Municipalidad de Matina</b>			
<b>Plan para la Gestión Integral de Residuos Sólidos 2014-2018</b>			
<b>Objetivo 1. Lograr un mejoramiento de los servicios municipales de residuos sólidos</b>	<b>Responsable</b>	<b>Cumplimiento (Total=1 pto/Parcial= 0,5 pts /Nulo= 0 pts)</b>	<b>Observaciones/Limitaciones</b>
Se emitió una directriz para responsabilizar a los funcionarios municipales a separar los materiales reciclables generados.	Alcaldía	0	No se ha realizado
Se emitió una directriz para la compra de materiales y suministros reciclables y reciclados en cumplimiento del Artículo 29 de la Ley N° 8839	Alcaldía	0	No se ha realizado
Se realizó una conferencia para sensibilizar al Concejo Municipal sobre la	Vice-Alcaldía	1	Se realizó con la antigua PRESOL (según Roger Portugués-empleado municipal)

importancia del PMGIRS-Matina y la gestión integral de residuos sólidos.			
Se impartió un taller de capacitación sobre el manejo integral de residuos sólidos a funcionarios municipales con asistencia obligatoria.	Recursos Humanos	1	Sí se realizó
Cuentan con un inventario de los activos en desuso (equipos, maquinaria y otros) para su aprovechamiento y reciclaje posterior.	Auditoría Municipal	1	Existe, Dpto. Proveduría
Cuentan con un presupuesto anual municipal para la implementación eficaz del plan de acción.	Alcaldía – Concejo Municipal	0.5	Hasta ahora se cuenta con presupuesto para implementar ciertos proyectos orientados al manejo de los RS
Se gestionaron alternativas de patrocinio y alianzas estratégicas externas con los sectores público y privado.	Vice-Alcaldía	0.5	p.e Tajo Chirripó (donación de árboles, campañas de educación ambiental, Feria del Árbol y recolección de RSV)
Se cuenta con una plaza de Gestor Ambiental con énfasis en la gestión integral de residuos sólidos	Alcaldía – Concejo Municipal	1	A partir del 2020
Se cambió la nomenclatura de los servicios de “basura” por “residuos” y “aseo” por “limpieza”	Contabilidad	0	
Se aplica trimestralmente los indicadores OPS/OMS para monitorear la eficiencia y	Coordinador PMGIRS	0	

eficacia de los servicios de residuos sólidos.			
Se realizó un estudio técnico para la modificación total del reglamento municipal de residuos sólidos	Alcaldía – Concejo Municipal	1	Si, en 2017
Se sistematizó la información de las cantidades de residuos sólidos ordinarios recolectados, transportados y dispuestos	Coordinador PMGIRS	1	Se lleva un control en Excel desde el 2016
Se efectuó un estudio de actualización del censo de contribuyentes del servicio de recolección.	Departamento Tributario	1	Se han realizado varios censos. Actualmente (2020) se está realizando uno
Se realiza semanalmente una supervisión de campo del servicio de recolección.	Encargado de Sanidad	0.5	Se realiza parcialmente, se necesita un vehículo para realizar esta tarea de forma semanal
Se adquirió un vehículo recolector de residuos sólidos ordinarios.	Alcaldía	1	Se adquirieron 2 en 2016, y en 2020 se adquirirá otro
Se desarrolló un estudio técnico para la actualización de las tarifas y ampliación de las categorías del servicio municipal de recolección, tratamiento y disposición de residuos sólidos.	Departamento tributario	1	A través de Fundación CEPRONA-2018
Se informó a los usuarios del servicio acerca de la Ley 8839 y Código Municipal la obligación de pagar	Departamento tributario	1	Al menos este año sí se ha realizado (perifoneo, vallas publicitarias, redes sociales)

oportunamente los servicios municipales de residuos sólidos.			
Se realizó un análisis de la base de datos de contribuyentes para identificar a los usuarios morosos del servicio de recolección de períodos anteriores y establecer una estrategia eficaz de cobro.	Departamento tributario	1	Se realiza anualmente
Se realizó un estudio técnico para la actualización de las tarifas y ampliación del servicio de limpieza de vías y sitios públicos.	Vice-Alcaldía	0	No se ha realizado nada en Materia de Aseo de Vías
Se realizó un análisis de la base de datos de contribuyentes para identificar a los usuarios morosos del servicio de limpieza de vías de períodos anteriores y establecer una estrategia eficaz de cobro.	Departamento tributario	0	No se ha realizado nada en Materia de Aseo de Vías
<b>Objetivo 2. Sensibilizar a la población hacia el cumplimiento de la Ley 8839 y el manejo adecuado de los residuos sólidos.</b>	<b>Responsable</b>	<b>Cumplimiento (Total=1 pto/Parcial= 0,5 pts /Nulo= 0 pts)</b>	<b>Observaciones/Limitaciones</b>
Se impartió 12 (doce) conferencias informativas a la población del PMGIRS-	Vice-Alcaldía	1	Principalmente enfocada a escuelas

Matina por año en coordinación con empresas, instituciones y organizaciones.			
Se efectuó 6 (seis) talleres de capacitación por año dirigido a docentes en coordinación con la Regional MEP-Matina	Vice-Alcaldía	0.5	Sólo 1 en CTP de Bataán, alrededor del año 2017
Se divulgó la implementación del PMGIRS por medios locales, como: perifoneo, redes sociales y sitio Internet municipal.	Vice-Alcaldía	0.5	
Se elaboró y reprodujo un panfleto general informativo y un afiche para la población.	Vice-Alcaldía	1	Sí se realizó en administración 2016-2020
Se estableció alianzas con un mínimo de 10 escuelas primarias y 3 colegios para la entrega de materiales reciclables.	Vice-Alcaldía	0.5	Alianza como tal no, pero sí se realiza la recolección de RSV a 5 escuelas, 2 colegios
Se realizó 6 obras de teatro infantil de promoción del reciclaje por año.	Vice-Alcaldía	0	
Se coordinó con la ARS-Matina respecto a los Programa de manejo de residuos sólidos en las empresas del cantón	Vice-Alcaldía	0.5	
Se seleccionó potenciales líderes comunitarios con	Vice-Alcaldía	0.5	A partir de este año 2020

apoyo de organizaciones comunitarias.			
<b>Objetivo 3. Establecer un sistema de recolección selectiva y separación de materiales reciclables</b>	<b>Responsable</b>	<b>Cumplimiento (Total=1 pto/Parcial= 0,5 pts /Nulo= 0 pts)</b>	<b>Observaciones/Limitaciones</b>
Se estableció un subcomité especial dentro de la Comité Coordinador PMGIRS-Matina para dar seguimiento a su funcionamiento	Vice-Alcaldía	0.5	Los mismos integrantes del Comité GIRS velan por el cumplimiento (en lo que cabe)
Se dotó del equipo, herramientas y suministros necesarios para el funcionamiento eficiente del CRM.	Vice-Alcaldía	0.5	Parcialmente, principalmente herramientas
Se adquirió vehículo para la recuperación de materiales reciclables.	Vice-Alcaldía	1	Año 2018, SM-6885
Se cuenta con acuerdos de cooperación formalizados a través de convenios entre los diversos actores y sectores involucrados en este proceso.	Alcalde	0	
Se estableció alianzas estratégicas con un mínimo 20 empresas para la recuperación y entrega de materiales reciclables.	Alcalde	1	Documentado no, pero sí se realiza la reelección de RSV a más de 20 empresas y/o instituciones

Se estableció alianzas estratégicas con un mínimo de 10 instituciones públicas para la recuperación y entrega de materiales reciclables	Alcalde	0.5	Documentado no, pero sí se realiza la reelección de RSV a más de 20 empresas y/o instituciones
Se realizó un estudio de composición física de los residuos sólidos ordinarios	Vice-Alcaldía	1	Con la UCR-Tesis Fabiola Sosa
Se fomentó el uso de bolsas transparentes para el almacenamiento y entrega de materiales reciclables.	Vice-Alcaldía	0	
Se informó a los usuarios sobre la correcta forma de almacenar y entregar los residuos sólidos de manera detallada.	Coordinador PMGIRS	0.5	De forma parcial
Se instauró un programa anual de recuperación de residuos voluminosos y electrónicos	Coordinador PMGIRS	0	
Se creó una base de datos de empresas, instituciones y organizaciones comprometidas a entregar los materiales reciclables	Vice-Alcaldía	0.5	De forma parcial
Se aumentó el número de empresas, agroindustrias que <b>aprovechan</b> los residuos orgánicos para producir abono orgánico.	Vice-Alcaldía	0	

**Anexos 7.** Agenda del grupo focal para evaluación del sistema de gestión de residuos.

<b>Agenda de la actividad</b>	
3:30 - 3:35 p.m. 5 min	<p><b>Palabras de bienvenida.</b></p> <p>Adrián da unas palabras de bienvenida. Presenta los perfiles de cada integrante del comité y de nosotras como estudiantes-asistentes.</p>
3:35 - 3:50 p.m. 15 min	<p><b>Actividad lúdica.</b></p> <p>(Semáforo) por Raquel.</p>
3:50 - 4:00 p.m. 10 min	<p><b>Presentación sobre el contexto del trabajo de investigación y de la actualización del PMGIRS 2020-2024.</b></p> <p>Presentación en Power Point sobre el trabajo de investigación.</p>
4:00 - 4:05 p.m. 5 min	<p><b>Explicación de la dinámica: rondas por eje temático de discusión.</b></p> <p>La actividad se compone de seis rondas divididas por áreas temáticas, las cuales permitirán una evaluación más exhaustiva de cada uno de los aspectos del diagnóstico. Cada ronda tendrá una duración de 10 min (con excepción de la primera), por lo que se recomienda ser concretos a la hora de realizar las observaciones. Para el primer eje temático (I Ronda), los participantes tendrán 2 minutos para explicar cada uno su participación en este proceso. Para las demás rondas, la dinámica será diferente; por eje temático se les dará prioridad a dos participantes del panel durante los primeros 5 min y el tiempo restante será para discutir el tema de forma conjunta.</p>

	<p>Reglas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● La sesión será grabada (consentimiento informado).</li> <li>● La información que brinden será confidencial y se utilizará para fines educativos.</li> <li>● Respetar el uso de la palabra.</li> <li>● Indicar en el chat si quiere dar la palabra.</li> </ul>
<p>4:05 - 4:20 p.m. 15 min</p>	<p><b><i>I Ronda: Participación y experiencias del Comité Coordinador del PMGIRS.</i></b></p> <p>Se le brinda la palabra a cada uno de forma ordenada:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Adrián Torres</li> <li>▪ Edgar Álvarez</li> <li>▪ Jose Castillo</li> <li>▪ Danny Vargas</li> <li>▪ Glenda Robinson</li> <li>▪ Adrián Arguedas.</li> </ul>
<p>4:20 - 4:30 p.m. 10 min</p>	<p><b><i>II Ronda: Transformaciones y cambios económicos, socioculturales y ambientales del cantón.</i></b></p> <p>¿Cuáles costumbres, tradiciones o dinámicas cotidianas de la población se encuentran afectando directamente al cantón en cuanto a residuos sólidos?</p>

<p>4:30 - 4:40 p.m. 10 min</p>	<p><b>III Ronda: Rutas de recolección.</b></p> <p>¿Cuáles son las problemáticas que presentan las rutas de recolección? Aún si se dispone de un presupuesto para la compra de nuevos camiones recolectores, ¿cómo se podría optimizar esta gestión? ¿Es necesaria la capacitación del personal y la concientización de la población? ¿Sobre qué aspectos?</p>
<p>4:40 - 4:50 p.m. 10 min</p>	<p>Receso</p>
<p>4:50 - 5:00 p.m. 10 min</p>	<p><b>IV Ronda: Sitios de disposición.</b></p> <p>¿Cuáles son los sitios que se consideran botaderos a cielo abierto? Influencia de los comercios en esta problemática. Influencia de ciertos actores sociales en esta problemática. Situación del relleno sanitario EBI en Limón (ruta, costo, distancia).</p>
<p>5:00 - 5:20 p.m. 10 min</p>	<p><b>V Ronda: Principales desafíos y metas para lograr una eficiente gestión de residuos sólidos.</b></p> <p>Tomando en consideración lo recopilado anteriormente, ¿qué aspectos podemos considerar como desafíos y metas a alcanzar para mejorar la gestión de los residuos sólidos?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Centro de acopio</li> <li>2. Campañas de recolecta de residuos valorizables</li> <li>3. Generar alianzas público-privadas para:</li> <li>4. Capacitaciones al personal de la municipalidad y población.</li> </ol>

	<p>5. Residuos orgánicos.</p> <p>6. Otras</p>
<p>5:20 - 5:30 p.m.</p> <p>10 min</p>	<p><b>Conclusiones y resumen de los alcances de la actividad.</b></p>

**Anexos 8.** Encuesta destinada a comunidad del cantón de Matina. **Fuente:** elaboración propia basado en (CYMA, 2012, p 47)



**Encuesta sobre el manejo de residuos sólidos en las casas del cantón de Matina**

Para mejorar el servicio de recolecta de basura (residuos sólidos), le pedimos su opinión acerca del servicio y saber qué hace usted con la basura (residuos sólidos)



Por favor, responder una encuesta por familia. Usted puede participar respondiendo las siguientes preguntas. Su participación será anónima y confidencial. Le tomará solo 5 minutos.

Por favor, realizar una encuesta por vivienda.

**Fase I**

1. Edad:

18 años – 20 años

21 años – 30 años

31 años – 40 años

41 años – 50 años

51 años – 60 años

60 años o más

2. ¿Cuántas personas viven en su casa?

---

3. Distrito al que pertenece:

Batán

Carrandí

Matina

4. Barrio donde habita:

---

5. En el sector donde usted vive, ¿hay servicio de recolección de basura (residuos sólidos)?

Sí

No

A veces

6. ¿Cada cuánto recolectan la basura (residuos sólidos)?

Cada semana

Cada mes

Varias veces al año

Nunca

7. ¿Cuáles son los días de recolección de basura (residuos sólidos) en el sector donde usted vive?

No sé

Lunes

Martes

Miércoles

Jueves

Viernes

Sábado

Domingo

8. ¿A qué hora pasa el camión recolector?

No sé

Entre las 3 a.m. y 5 a.m.

Entre las 6 a.m. y 9 a.m.

Entre las 10 a.m. y 1 p.m.

Entre las 2 p.m. y 4 p.m.

Entre las 5 p.m. y 8 p.m.

Entre las 9 p.m. y 11 p.m.

Entre las 12 p.m. y 2 a.m.

9. ¿A qué hora saca usted la basura (residuos sólidos)?

---

10. ¿Dónde coloca los residuos para su recolección?

En la acera / por la calle en el suelo frente a su casa

En una canasta propia

En un estañón

En un sitio común en la entrada de su barrio

Otro: \_\_\_\_\_

11. Si el camión no pasa, ¿qué hace usted con la basura (residuos sólidos)?

Los quema

Los entierra

Los bota en un lote abandonado

Contrata a un servicio para que los recoja

Le paga a alguien para que se lo lleve

Los bota en el río/ quebrada

Otro: \_\_\_\_\_

12. ¿Cómo considera el servicio de recolección que ofrece la Municipalidad?

Deficiente

Regular

Aceptable

Bueno

Excelente

13. ¿Por qué?

---

14. ¿Qué cambios recomienda usted para que el servicio sea excelente?

---

## **Fase II**

1. ¿Qué hace usted con las cáscaras de frutas y verduras (residuos orgánicos)?

Los bota en la basura

Los bota en el patio

Los entierra

Otro: \_\_\_\_\_

2. ¿Qué hace con los sobros de comida?

No hay

Le damos a los animales

Los bota en la basura

Los entierra

Otro: \_\_\_\_\_

3. ¿Hace abono en su casa con los restos de frutas y verduras (residuos orgánicos)? (Compostaje: es una forma de hacer abono usando los restos de comidas, frutas y vegetales).

Sí

No

3. ¿Le gustaría aprender a hacer abono?

Sí

No

¡Agradecemos su colaboración!

**Anexos 9** Encuesta destinada a comercios del cantón. **Fuente:** elaboración propia basado en (CYMA, 2012, pp 48)



### **Encuesta sobre el manejo de residuos sólidos en comercios del cantón de Matina**

Para mejorar el servicio de recolecta de basura (residuos sólidos), le pedimos su opinión acerca del servicio y saber qué hace usted con la basura (residuos sólidos)



Usted puede participar respondiendo las siguientes preguntas. Su participación será anónima y confidencial. Le tomará solo 5 minutos.

#### **Fase I**

1. Nombre del comercio:

\_\_\_\_\_

2. Sexo:

( ) Femenino

Masculino

Prefiero no decir

3. Edad:

18 años – 20 años

21 años – 30 años

31 años – 40 años

41 años – 50 años

51 años – 60 años

60 años o más

4. ¿Cargo de la persona encuestada?

Dueño del local

Administrador del local

Colaborador del local

5. Distrito al que pertenece:

Batán

Carrandí

Matina

6. ¿Cuántos días a la semana permanece en funcionamiento el comercio?

7 días a la semana

Seis días a la semana

Cinco días a la semana

Cuatro días a la semana

Tres días a la semana

Dos días a la semana

Un día a la semana

7. ¿Cuántas personas trabajan en el negocio?

---

8. ¿Cada cuánto recolectan la basura (residuos sólidos)?

Cada semana

Cada mes

Varias veces al año

Nunca

9. ¿Cuáles son los días de recolección de basura (residuos sólidos) en el sector donde se encuentra el local?

No sé

Lunes

Martes

Miércoles

Jueves

Viernes

Sábado

Domingo

10. ¿A qué hora pasa el camión recolector?

Entre las 3 a.m. y 5 a.m.

Entre las 6 a.m. y 9 a.m.

Entre las 10 a.m. y 1 p.m.

Entre las 2 p.m. y 4 p.m.

Entre las 5 p.m. y 8 p.m.

Entre las 9 p.m. y 11 p.m.

Entre las 12 p.m. y 2 a.m.

11. ¿A qué hora sacan los residuos sólidos?

\_\_\_\_\_

12. ¿Dónde coloca los residuos para su recolección?

En la acera / por la calle en el suelo

En una canasta propia

En un estañón

En un sitio común en la entrada del sector donde se encuentra el local

Otro: \_\_\_\_\_

13. Si el camión no pasa, ¿qué hace usted con la basura (los residuos)?

Los quema

Los entierra

Los bota en un vertedero

Contrata a un servicio para que los recoja

Le paga alguien que se los lleve

Los bota en el río

Otro: \_\_\_\_\_

14. De la siguiente lista, ¿cuáles residuos se generan en su local?

Papel / periódico

Cartón

Plástico

Latas / aluminio

Residuos orgánicos

Residuos electrónicos

Otro

15. ¿Cuál residuo se genera en mayor cantidad?

\_\_\_\_\_

16. ¿En el local separan los residuos para su posterior reciclaje?

Sí

No

No lo sé

17. ¿Cómo considera el servicio de recolección que ofrece la Municipalidad?

Deficiente

Regular

Aceptable

Bueno

Excelente

18. Justifique la respuesta anterior:

---

19. ¿Qué cambios recomienda usted para que el servicio sea excelente?

---

## Fase II

1. ¿Cómo desecha usted los residuos orgánicos (sobros de comida, cáscaras de frutas, de verduras)?

Los bota en la basura

Los bota en el patio

Los entierra

Otro: \_\_\_\_\_

2. ¿Realiza compostaje en su local con los residuos orgánicos? (Compostaje es una forma de hacer abono usando los restos de comida, frutas y vegetales)

Sí

No

3. ¿Le gustaría aprender a realizar compostaje?

Sí

No

¡Agradecemos su colaboración!

**Anexos 10** Comercios seleccionados aleatoriamente. **Fuente:** elaboración propia

<b>MUESTRA</b>	<b>N° DE COMERCIO</b>	<b>NOMBRE DE COMERCIO</b>	<b>PROPIETARIO</b>
<b>1</b>	107	TALLER AUTOMOTRIZ EL PAMA	AUTOMOTRIZ EL PAMA S.A.
<b>2</b>	241	CICLO REPUESTOS TATU	KATTIA MEJÍA VARGAS
<b>3</b>	169	MUNDO FIESTAS	RODRÍGUEZ ARAYA RONALD
<b>4</b>	7	DRUMMONDS SPORT BAR	RODOLFO ROMERO CHANG
<b>5</b>	393	TIENDA BAZAR YORLENY	BRISOT LINDO BURTON
<b>6</b>	399	COPY INTERNET FLOWERS	ADRIANA FLORES QUIRÓS
<b>7</b>	210	ALMACÉN EL BARATAZO	ERISE DE LOS ÁNGELES PLATERO CARRILLO
<b>8</b>	242	LIBRERÍA Y BAZAR EL FAROLITO	AGUSTÍN GARCÍA GUTIÉRREZ
<b>9</b>	265	CLÍNICA TECNOLÓGICA RABBI	OROZCO CASTILLO RAÚL
<b>10</b>	167	POLLO FRITO LA ESTACIÓN	VILLALOBOS CASTRO EDWIN
<b>11</b>	65	PULPERÍA MANA	MARIANA BUSTOS RÍOS
<b>12</b>	401	SUPER MERCADO EL ALMENDRO	COMERCIAL FONG HE S.A.
<b>13</b>	123	IMPORTADORA MONGE	GMG SERVICIOS DE CR S.A.
<b>14</b>	264	TIENDA LA ECONÓMICA	REYES REYES OLIVA ESMERALDA
<b>15</b>	56	POLLOLANDIA VENECIA	JEFFREY GONZÁLEZ JARA

<b>16</b>	254	LICENCIA REST MIL SABORES	ORLANDO GIL NG
<b>17</b>	162	VENTA, CHANCES, LOTERÍA PRIMO 1.	JOSHUA RODRÍGUEZ PÉREZ
<b>18</b>	327	PULPERÍA DONOVAN	VEGA PÉREZ MIGUEL
<b>19</b>	202	TIENDA MEDELLÍN	LORENA BADILLA SALAS
<b>20</b>	266	ALMACÉN M EXPRESS	CM BARRE PRECIOS
<b>21</b>	151	BANCO NACIONAL	BANCO NACIONAL DE COSTA RICA
<b>22</b>	61	PULPERÍA LA ESTRELLA	KEILIN VEGA BONILLA
<b>23</b>	233	FRAICHE BATÁN	3101677991 S.A.
<b>24</b>	158	TIENDA ZAPATERÍA TODO Y MAS	ARCEYUTH ALFARO DANIEL
<b>25</b>	313	PULPERÍA GRIFLTS	IRLANDA MOLINA RAMOS
<b>26</b>	403	BAR CHICO LEE	
<b>27</b>	230	NATVALE BOUTIQUE AMERICANA	JAFET ÁLVAREZ SALAZAR
<b>28</b>	45	SODA 88	JIANSHENG ZHENG
<b>29</b>	363	PULPERÍA LA PLAZA	SEGUNDA HERNÁNDEZ OROZCO
<b>30</b>	389	TIENDA OUT ROPA AMERICANA	OSCAR PAYAN PAYAN
<b>31</b>	216	CICLO SALAS	CARLOS SALAS AZOFEIFA

<b>32</b>	349	ABASTECEDOR SAN MIGUEL	YAMILETH AVELLAN JARQUÍN
<b>33</b>	115	AGROVETERINARIA BATÁN	SERVICIOS AGRÍCOLAS Y VETERINARIOS.
<b>34</b>	154	GOLLO BATÁN	UNIÓN COMERCIAL DE CR
<b>35</b>	9	ABASTECEDOR JOSEBETH	YESSICA MATARRITA HURTADO
<b>36</b>	66	RESTAURANTE SANDRA	SANDRA ESPINOZA ESPINOZA
<b>37</b>	110	PULPERÍA SAN ANTONIO	CARLOS MORA QUINTERO
<b>38</b>	386	SALÓN DE BELLEZA	ROSE MARY CÉSPEDES
<b>39</b>	304	TIENDA COMERCIAL MARIANELA	EDGAR SALAS HERRERA
<b>40</b>	98	AUTOSERVICIO QUIDO	ABSALON GUIDO RAMÍREZ
<b>41</b>	67	MINI SUPER FINCA ZENT	ZENT S.A.
<b>42</b>	142	VETERINARIA EL ARCA DE NOE	RUTH TARDENCILLA HERNÁNDEZ
<b>43</b>	15	PULPERÍA (COMISARIATO)	ASOC. SOL. EMPLEADOS DE BANANITA
<b>44</b>	326	PULPERÍA KARLISSA	MARTA OLIVARES MONGE
<b>45</b>	341	REPUESTOS USADOS DEY	DURAN CORDERO DAGOBERTO
<b>46</b>	6	VERDULERÍA J Y B	SCOTT PETTERKIN BENJAMIN
<b>47</b>	34	SUPER BONANZA I	TANG JINTIAN
<b>48</b>	352	SODA CHALO	GONZALO VINDAS CISNERO
<b>49</b>	384	BAR FRANCINI	-

**Anexos 11** Herramienta para aplicar durante el recorrido a colaboradores del servicio de recolección. **Fuente:** elaboración propia basándose en datos del CYMA (2008, p 96)

Ruta de recolección:							
Fecha:				Chofer:			
				Cuadrilla total:			
Hora de inicio:			Kilometraje inicial:				
Hora final:			Kilometraje final:				
<b>CARACTERÍSTICAS DEL VEHÍCULO DE RECOLECCIÓN</b>							
Año	N° placa	Tipo			Modelo	Capacidad	
		Compactador	Vagoneta	Camión sin compactación		Peso (t)	Volumen (m <sup>3</sup> )
<b>CANTIDAD DE ZONAS ATENDIDAS</b>							
Barrios, lugares o zonas atendidas		Tipo de recolección (un lado de la calle=1, grupos de residuos en esquinas=2, por contenedores=3,		Tiempo empleado o por parada (min)	Tiempo entre paradas (min)	Observaciones  (Distancia en reversa, giros en U, recolecta a pie)	

	dos lados a la vez=4)			
<b>TIPO DE ENVASES PREDOMINANTES</b>	<b>Observaciones</b>			
( ) Barriles ( ) Estañones ( ) Recipientes plásticos ( ) Bolsas ( ) Otro:				
<b>PARA OPTIMIZAR LAS RUTAS</b>			<b>OBSERVACIONES</b>	
Jornada laboral:				
Tiempo promedio diario de trabajo:				
Tiempo promedio NO empleado en recolección:				
Distancia de la ruta al relleno:				
Cantidad aprox. de residuos recolectados por parada:				

Distancia promedio entre paradas de recolección:		
Número de calles con pendientes:		
Se recolectaron los residuos en la hora habitual:	<b>SÍ ( ) NO ( )</b>	
Se recolectaron los residuos en todas las calles de la ruta:	<b>SÍ ( ) NO ( )</b>	
Tiempo de descarga en el relleno:		
Toneladas totales recolectadas:		

**Anexos 12** Modificación en la boleta de choferes encargados de las rutas de recolección. **Fuente:** Hernández (2012)

**Municipalidad de Montes de Oca**  
*Dirección de Servicios Ambientales*



**Formulario para el uso y control de recolectores de residuos sólidos**

Fecha: \_\_\_\_\_  
Placa: \_\_\_\_\_ Chofer: \_\_\_\_\_

Número:	Ruta:	Sector:	Hora inicio:
Nombre:			Hora final:
			Turno:

Horímetro inicio: \_\_\_\_\_ Horímetro final: \_\_\_\_\_  
Kilometraje inicio: \_\_\_\_\_ Kilometraje final: \_\_\_\_\_

Cuadrilla:	Observaciones/Tardías:

Observaciones: \_\_\_\_\_

**Cumplimiento de la ruta:**

Se recolectaron los residuos en todas las calles de la ruta: *Sí*  --- *No*

*Calles Pendientes:*

Se recolectaron los residuos en la hora habitual: *Sí*  --- *No*

Se depositaron los residuos en el relleno sanitario al finalizar la ruta: *Sí*  --- *No*

Firma del chofer: \_\_\_\_\_

**Anexos 13.** Cuestionario del taller de capacitación. **Fuente:** elaboración propia



**Cuestionario sobre el taller de manejo de residuos orgánicos en hogares**

La aplicación del presente instrumento tiene como objetivo el conocer la opinión de los participantes con respecto al taller sobre el manejo adecuado de los residuos orgánicos en hogares.



**UNA**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
COSTA RICA

**Indicaciones:**

- Esta encuesta puede ser llenada únicamente por personas mayores de edad.
- Por favor, responder las siguientes preguntas eligiendo un solo ítem.

1. Sexo:

Hombre

Mujer

Prefiero no decir

2. ¿Conocía algún tipo de información relacionada al manejo de los residuos sólidos anteriormente?

Sí

No

Tal vez

3. ¿Cuál es su medio de preferencia para obtener la información relacionada a la gestión de residuos orgánicos?

Redes sociales (Facebook, WhatsApp, otros)

Físico (panfletos, afiches, brochures)

Comunicación verbal (talleres, reuniones comunales, entre otros).

Todas las opciones

4. ¿Aplicaría alguna de las técnicas de compostaje expuestas en su casa?

Sí

No (agregar sus razones en la sección de comentarios y sugerencias)

Tal vez

5. Comentarios y sugerencias

---

---

---

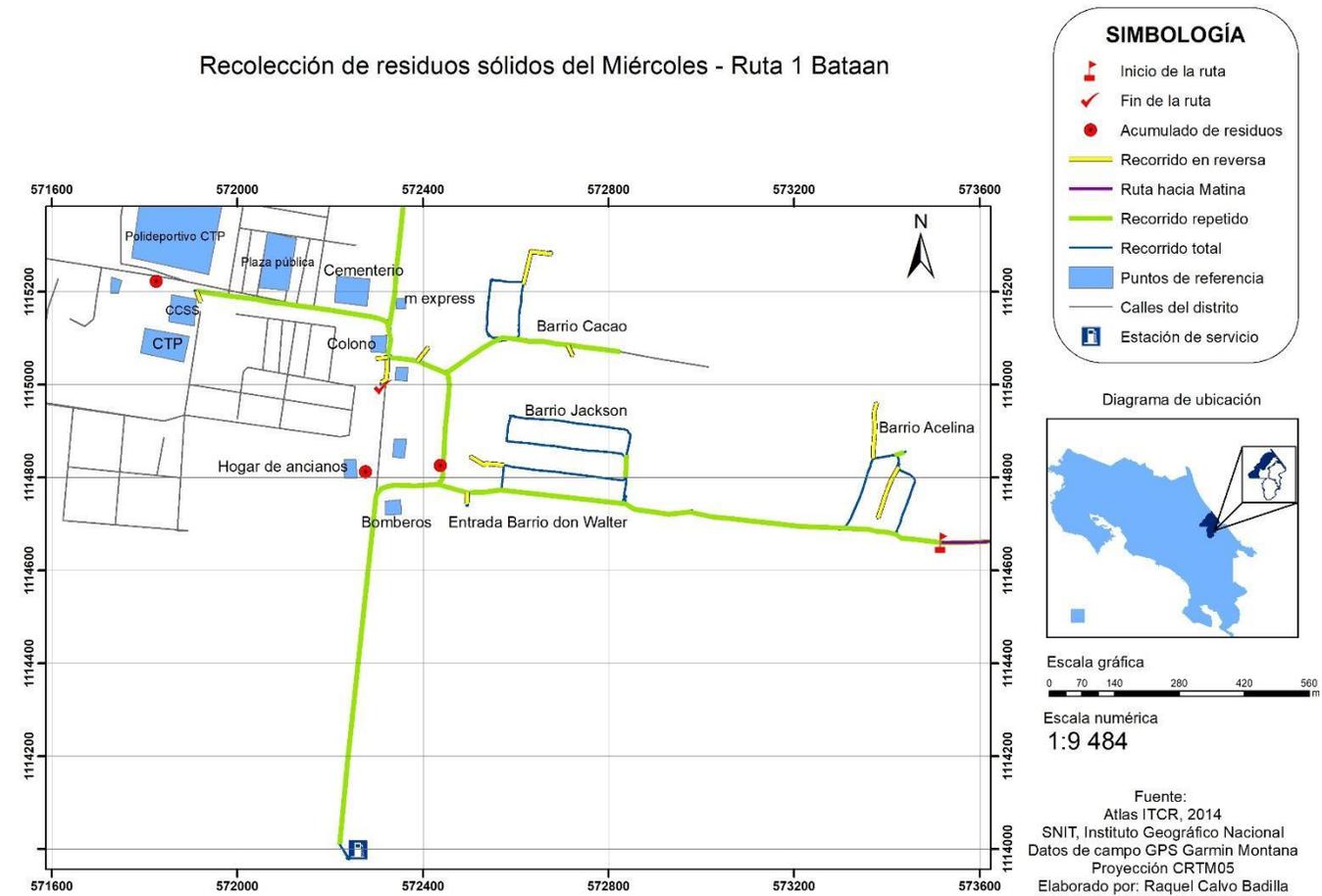
¡Agradecemos su colaboración!

**Anexos 14.** Recorrido de la ruta 1 asignada al martes

Recolección de residuos sólidos del Martes - Ruta 1 Bataan



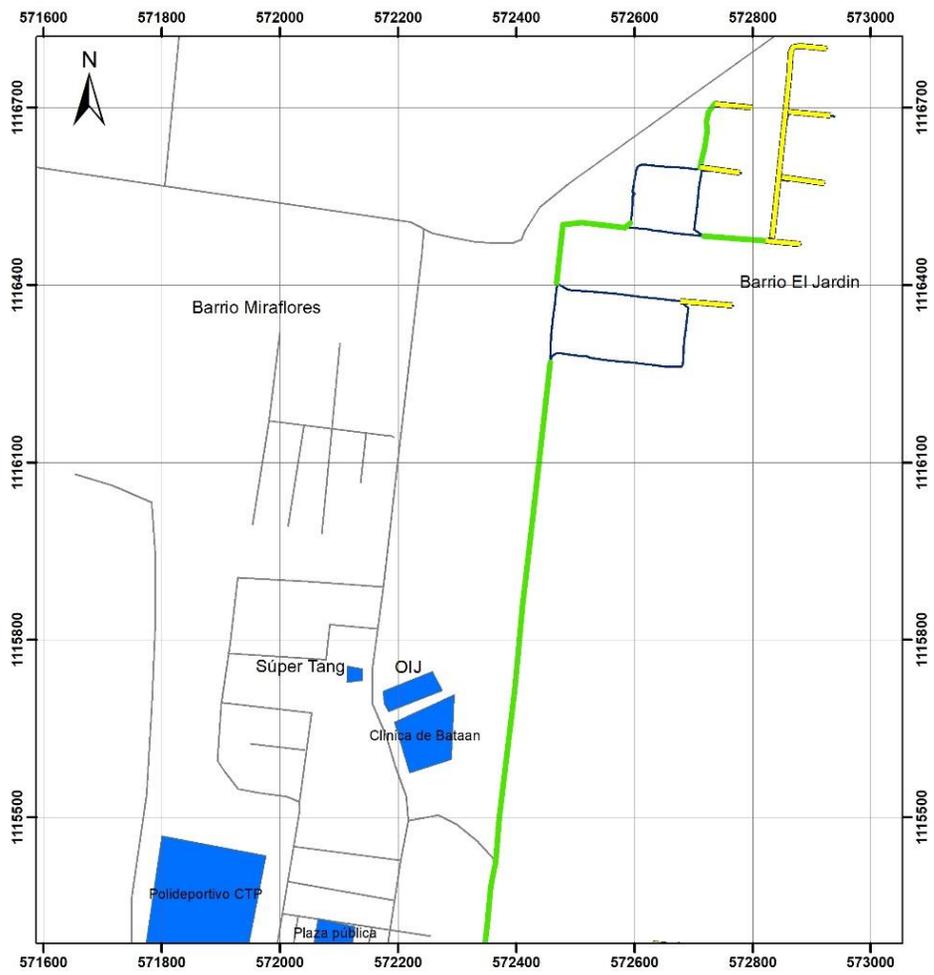
**Anexos 15.** Recorrido de la ruta 1 asignada al miércoles (parte 1<sup>14</sup>).



<sup>14</sup> Por lo extenso de la ruta, se procedió a realizar dos mapas del recorrido del mismo día para visualizar mejor las características del recorrido.

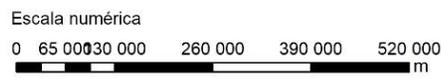
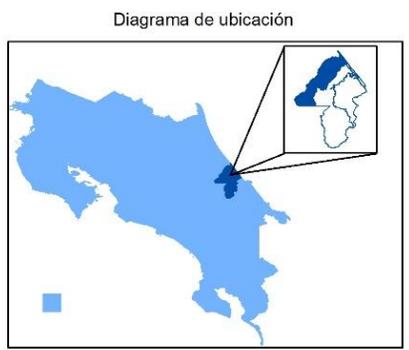
**Anexos 16.** Recorrido de la ruta 1 asignada al miércoles (parte 2).

**Recolección de residuos sólidos Miércoles - Ruta 1 Bataan**



**SIMBOLOGÍA**

- Recorrido en reversa
- Recorrido repetido
- Recorrido total
- Puntos de referencia
- Calles del distrito

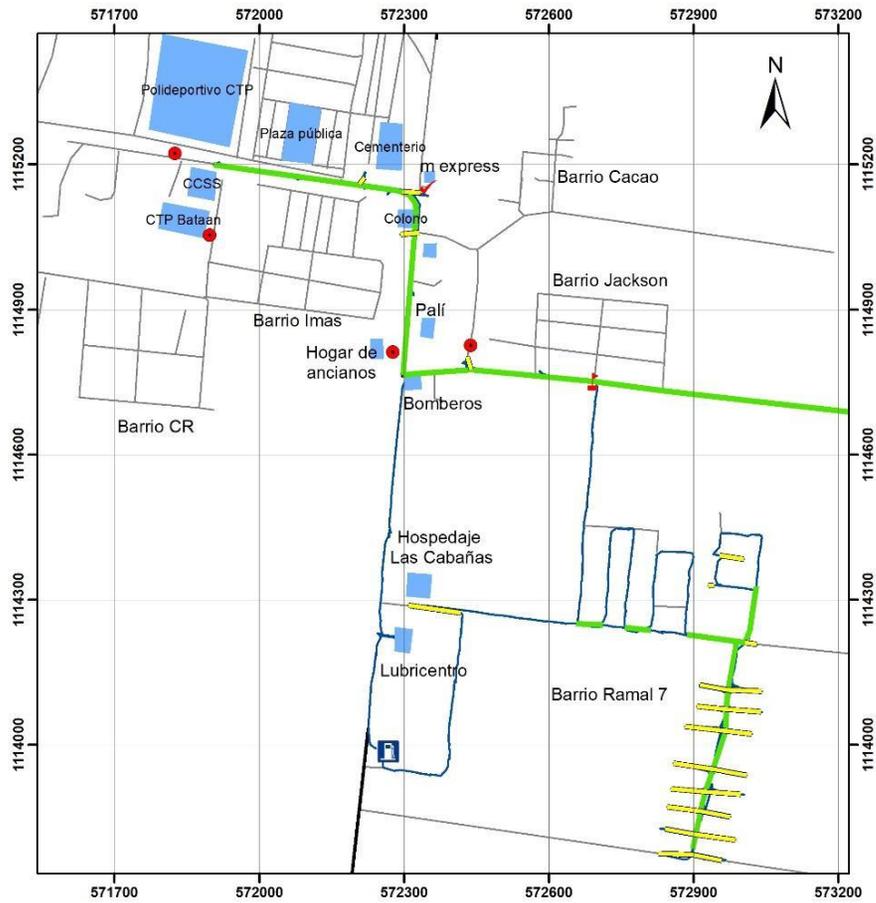


Escala gráfica  
1:6 607 464,48

Fuente:  
Atlas ITCR, 2014  
SNIT, Instituto Geográfico Nacional  
Datos de campos GPS Garmin Montana  
Proyección CRTM05  
Elaborado por: Raquel Calvo Badilla

**Anexos 17.** Recorrido de la ruta 1 asignada al jueves

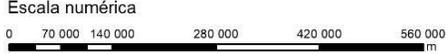
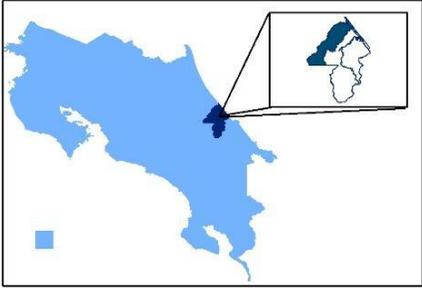
Recolección de residuos sólidos Jueves - Ruta 1 Bataan



**SIMBOLOGÍA**

- Inicio de la ruta
- Recorrido total
- Recorrido repetido
- Recorrido en reversa
- Calles del distrito
- Acumulado de residuos
- Puntos de referencia
- Gasolinera
- Ruta 804
- Fin de la ruta

Diagrama de ubicación

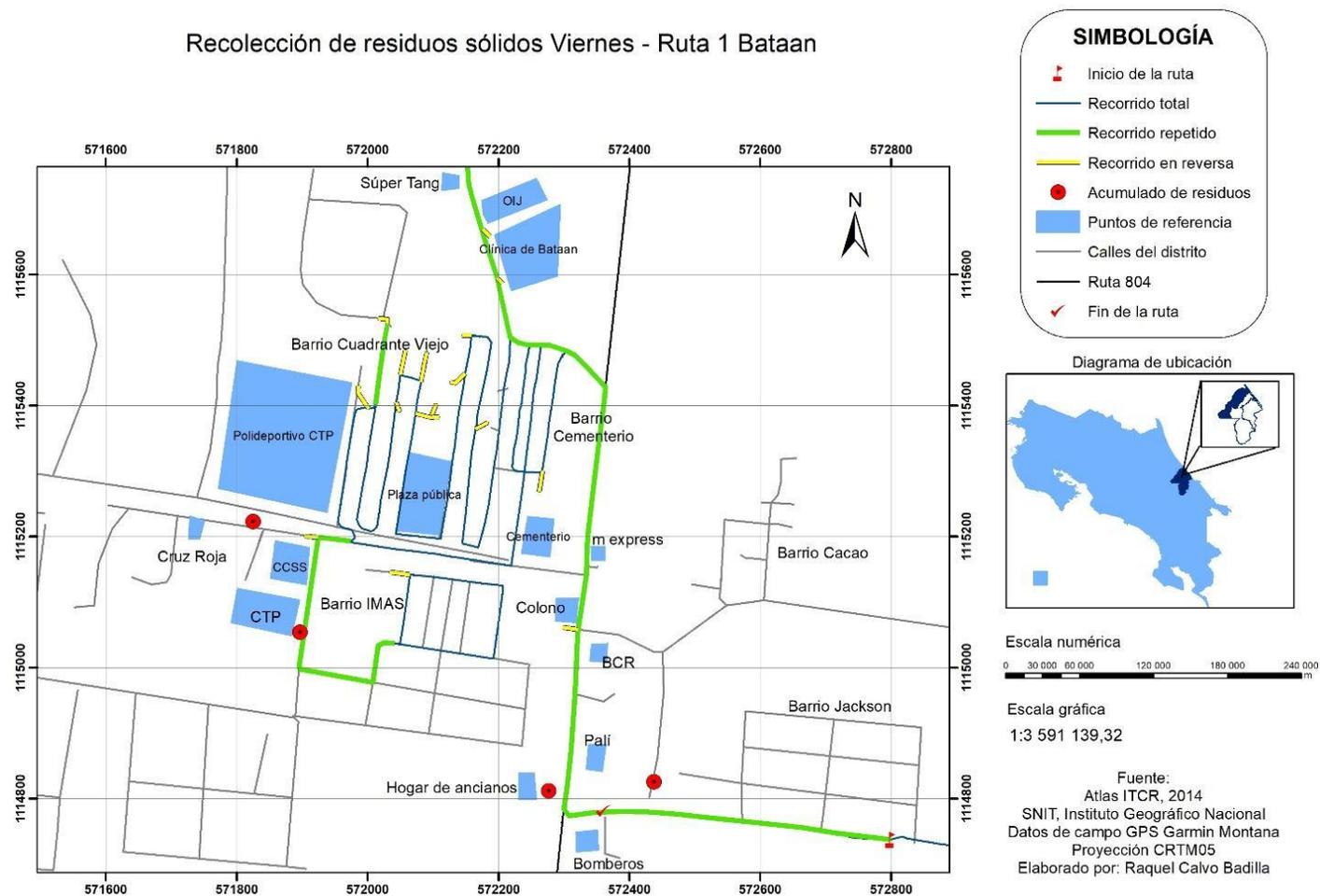


Escala gráfica  
1:6 684 975,58

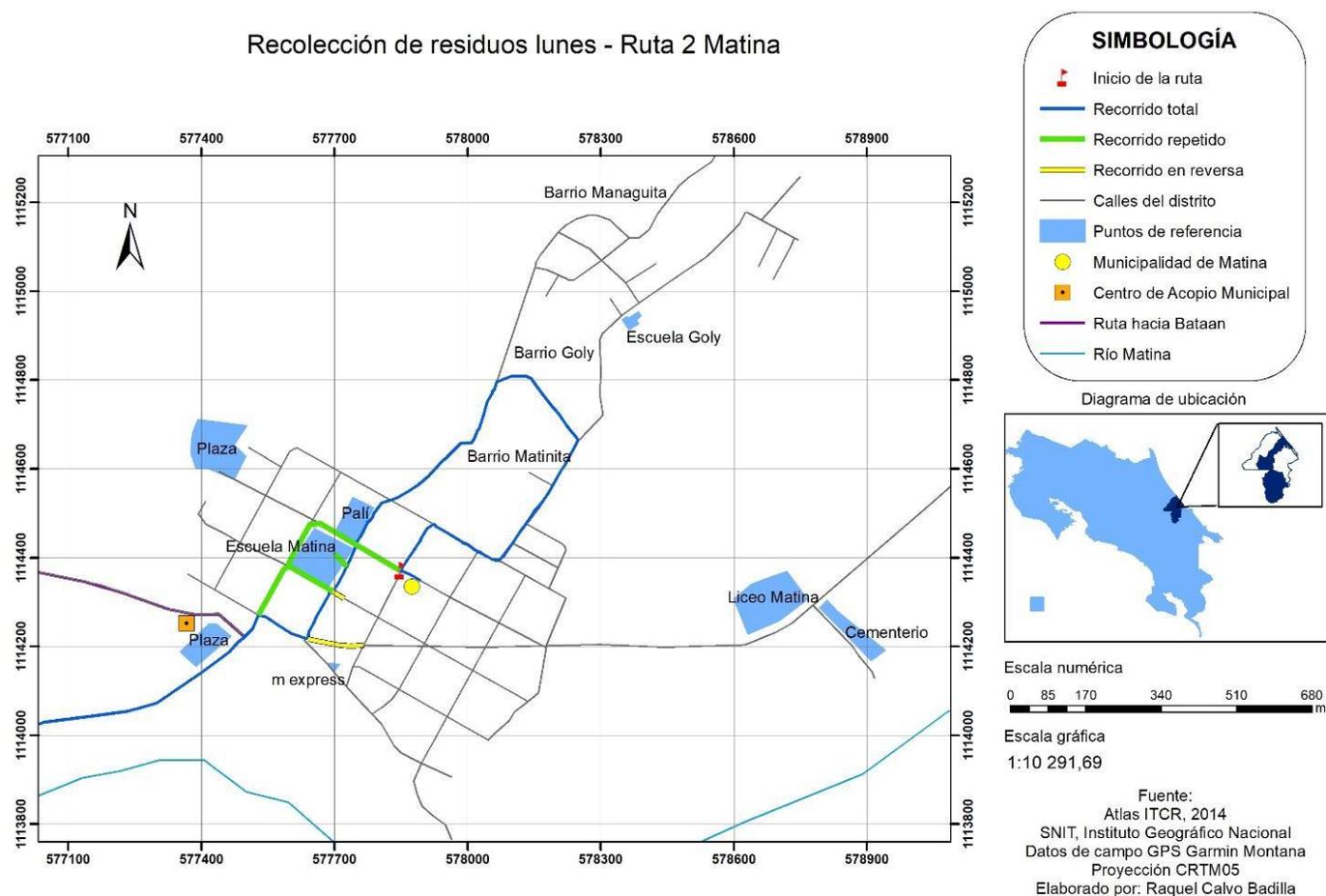
Fuente:  
Atlas ITCR, 2014  
SNIT, Instituto Geográfico Nacional  
Datos de campo GPS Garmin Montana  
Proyección CRTM05  
Elaborado por: Raquel Calvo Badilla

## Anexos 18. Recorrido de la ruta 1 asignada al viernes

### Recolección de residuos sólidos Viernes - Ruta 1 Bataan

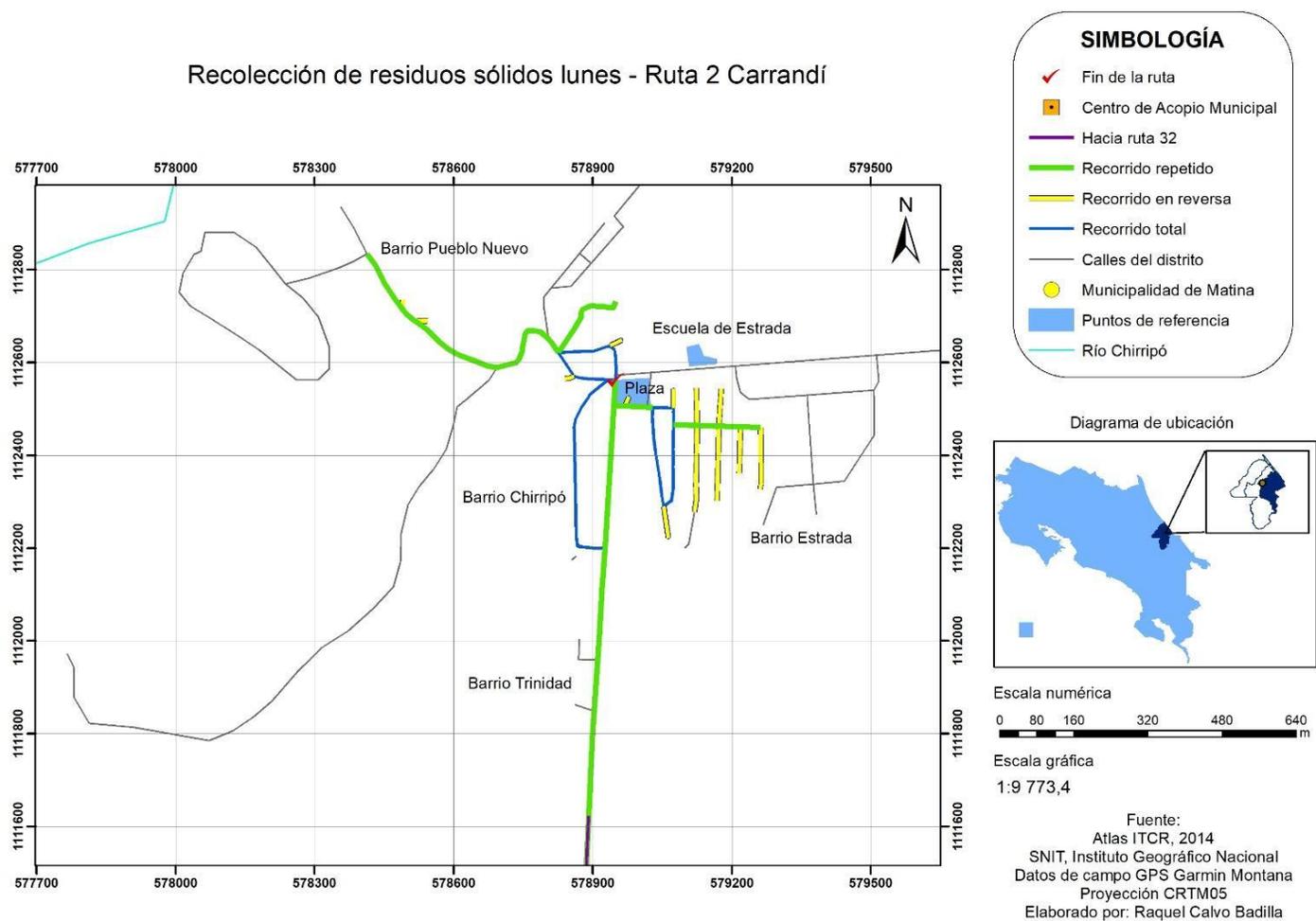


**Anexos 19.** Recorrido de la ruta 2 asignada al lunes (parte 1).<sup>15</sup>



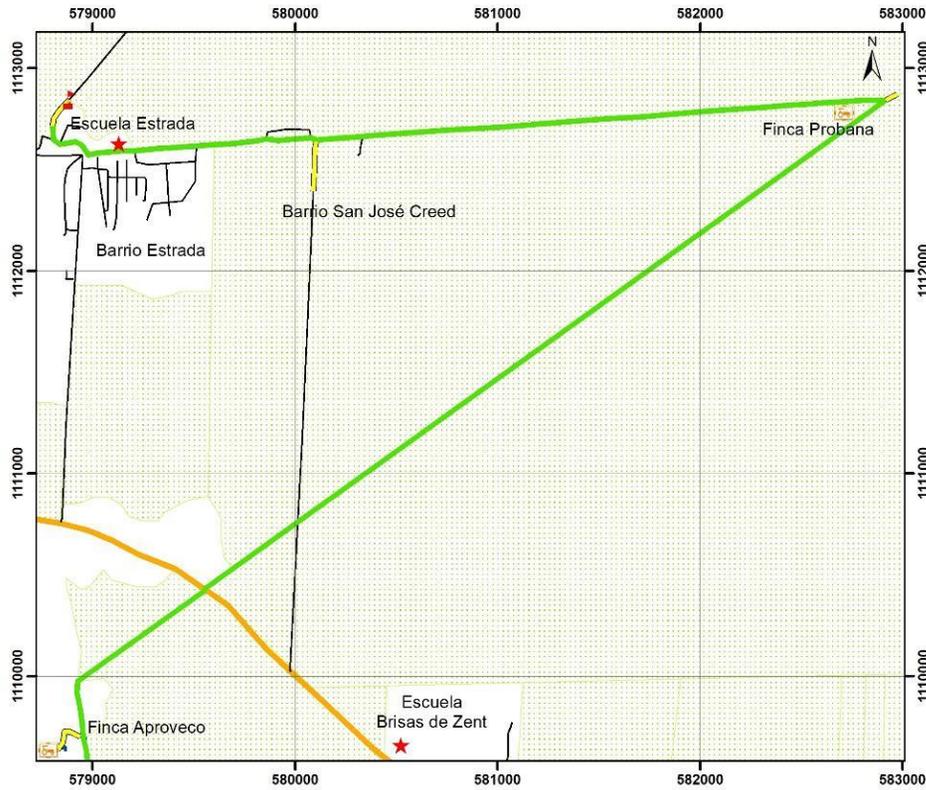
<sup>15</sup> Debido a los atrasos que se generaron en la ruta 2 producto de la faltante del tercer camión, durante la gira no se completó la ruta del viernes de esa semana. Por ello, solo se cuenta con datos teóricos del recorrido de ese día; brindados por Adrián Arguedas, gestor ambiental de la Municipalidad.

## Anexos 20. Recorrido de la ruta 2 asignada al lunes (parte 2)



**Anexos 21.** Recorrido de la ruta 2 asignada al martes (parte 1).

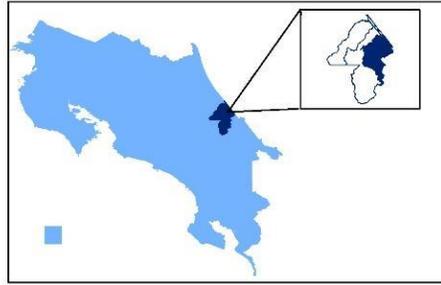
Recolección de residuos martes - Ruta 2 Carrandí



**SIMBOLOGÍA**

- Recorrido total
- Recorrido repetido
- Recorrido en reversa
- ★ Escuela
- 🏠 Finca
- Calles del distrito
- ▨ Plantaciones
- Ruta 32

Diagrama de ubicación

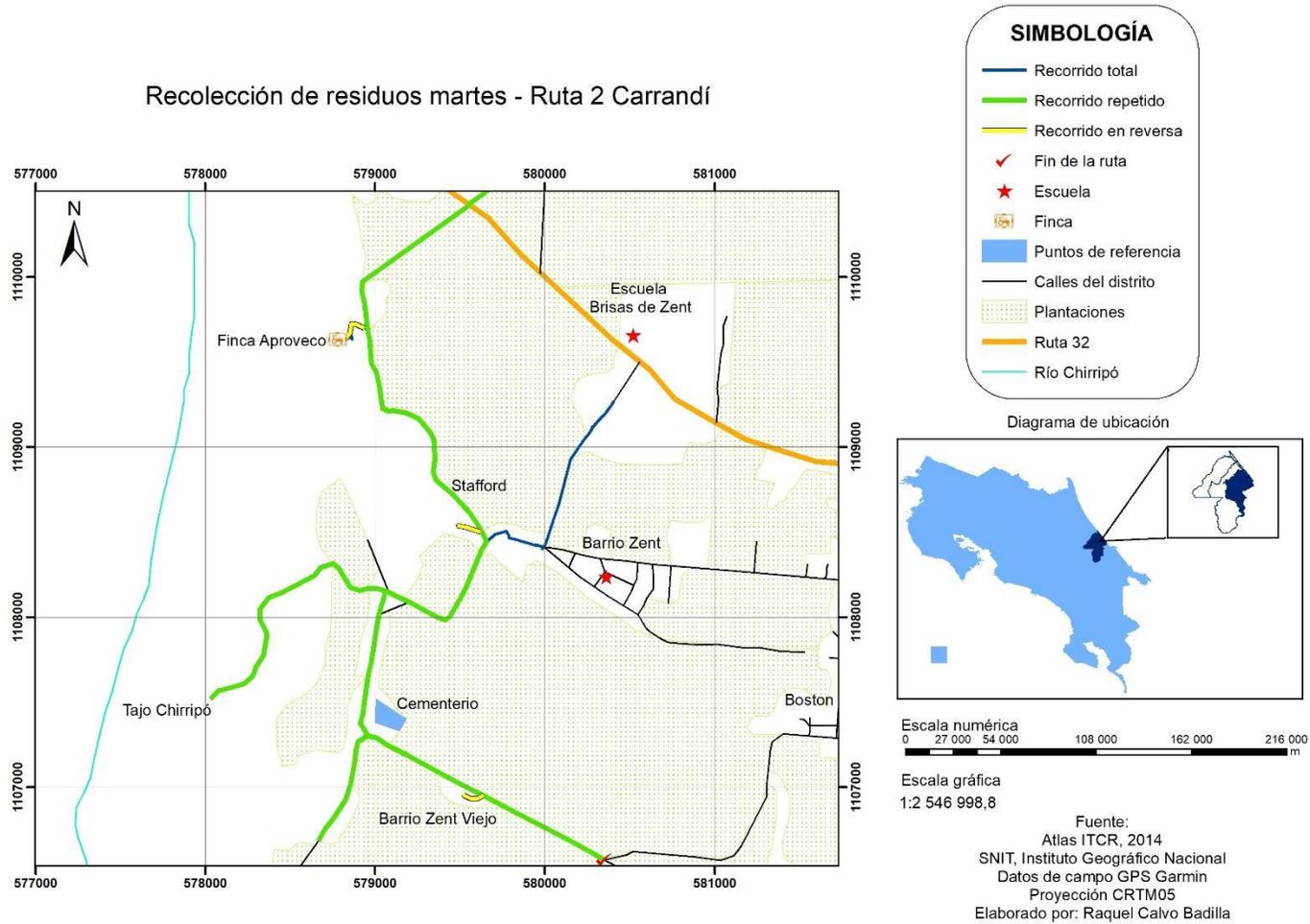


Escala numérica  
0 27 000 54 000 108 000 162 000 216 000  
m

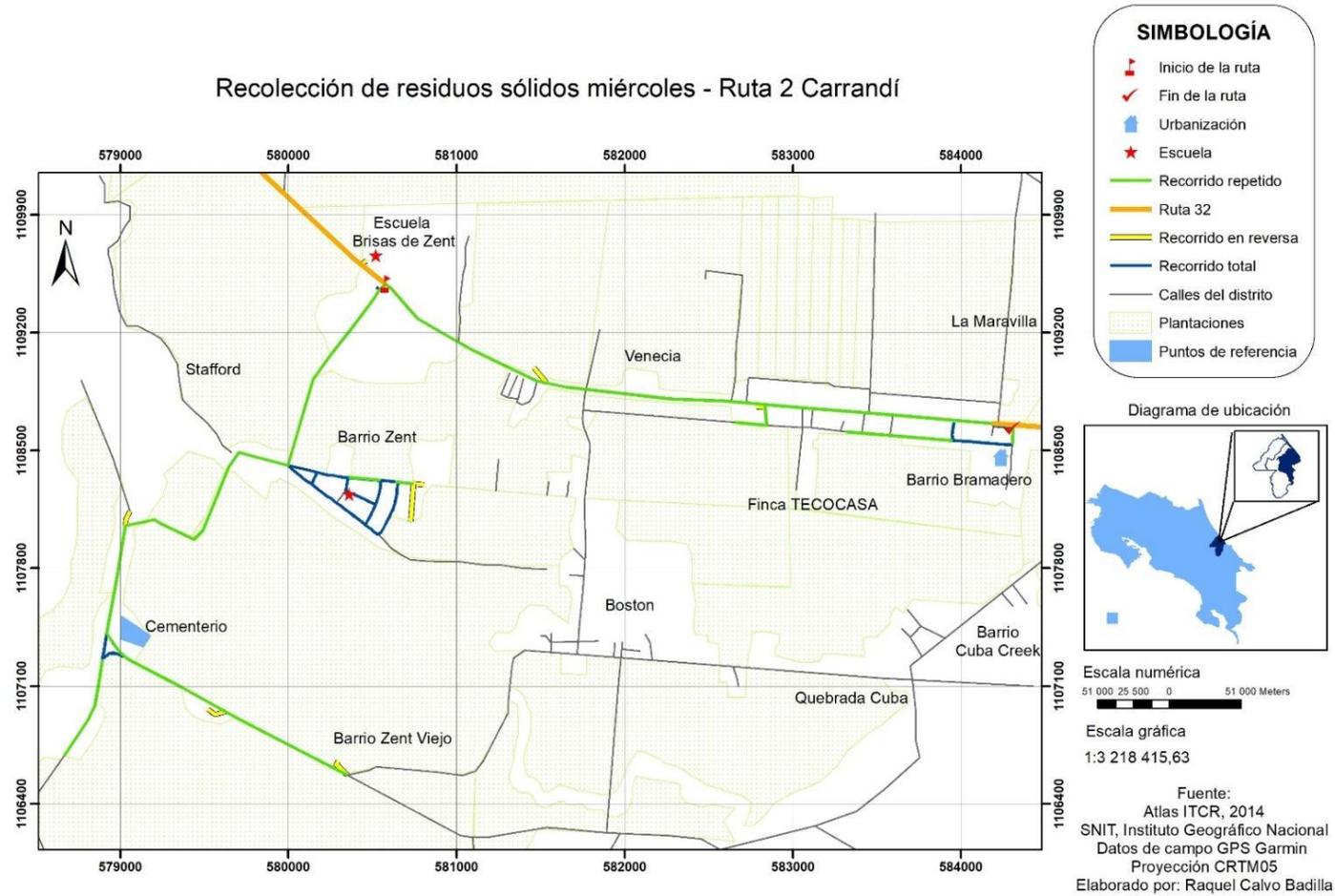
Escala gráfica  
1:2 546 998,8

Fuente:  
Atlas ITCR, 2014  
SNIT, Instituto Geográfico Nacional  
Datos de campo GPS Garmin  
Proyección CRTM05  
Elaborado por: Raquel Calvo Badilla

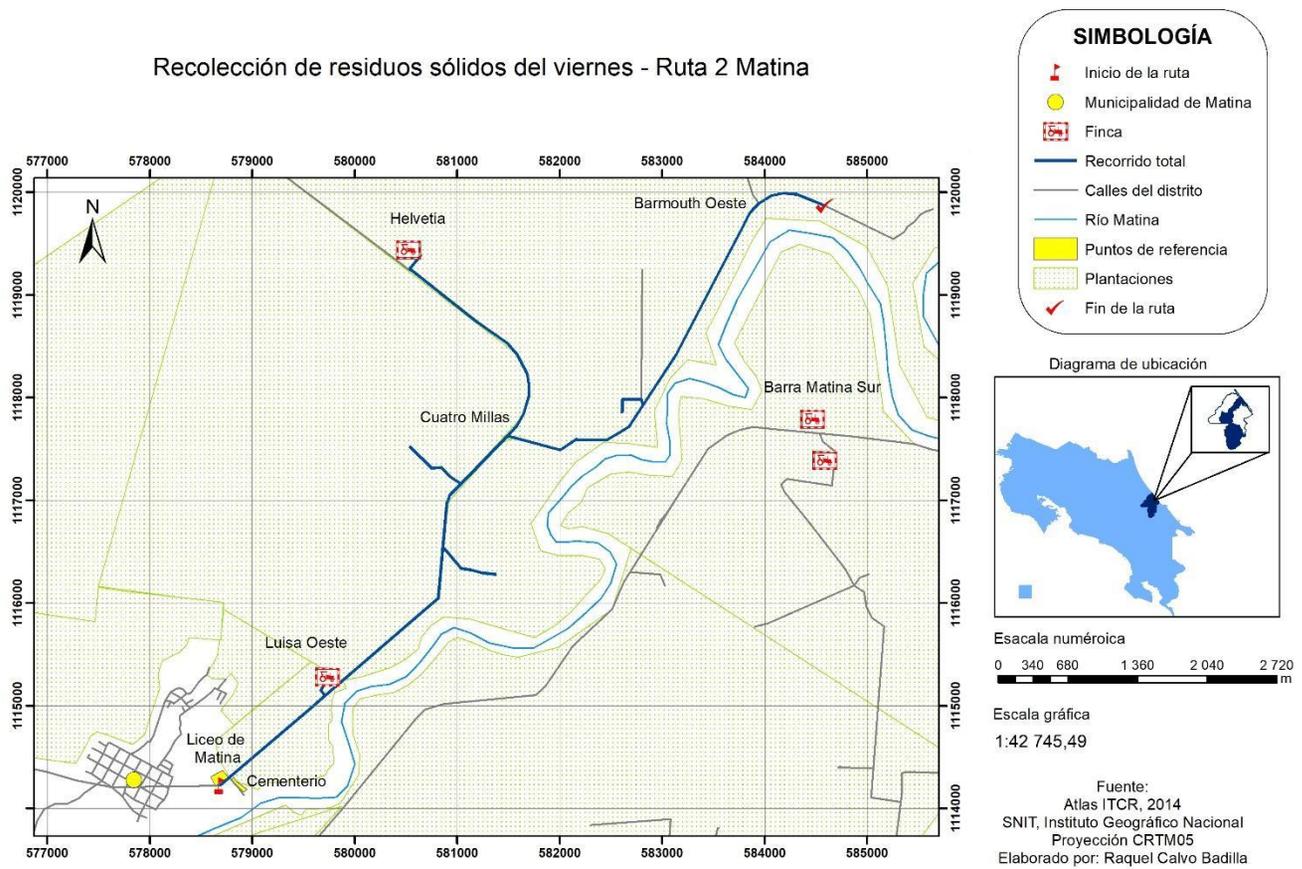
**Anexos 22.** Recorrido de la ruta 2 asignada al martes (parte 2).



**Anexos 23.** Recorrido de la ruta 2 asignada al miércoles.



**Anexos 24.** Recorrido teórico asignado al viernes para la ruta 2.



**Anexo 25.** Rutas de recolección de residuos 2021-2026

<b>Días</b>	<b>Ruta Batán</b>	<b>Ruta Matina-Estrada</b>	<b>Ruta Carrandí</b>	<b>Ruta Periferia</b>
<b>Lunes</b>	B. IMAS, Barrio Costa Rica, María Agüero, Las Palmas, Los Castillo, Bandeco, La Paz. Batán Centro	4 Millas, Fincas: San Marcos, Banadosmil, Palo Alto, La Luisa, Matina centro	B. Campesinos, 15 Millas*, Bananita*, Saborío*, La Maravilla*, Fincas: Palo Verde, Sorsales, Montebello, Turquesa	Placeres, Fincas: Miluca, Arenal, Placeres, Aeropuerto, 24 Millas, Luzón, Leyte, Santa Marta
<b>Martes</b>	Trinidad, Miraflores, recta Paco Araya Batán Centro	Barrios Matina: Goly, Matinita, Managüita, Centro, Río, CCSS, Bomba Lester	Pista Ruta 32, B. Salas, Venecia, La Flor. Fincas sobre Ruta 32: Miravalles 1 y 2, Chirripó, Venecia	Almendros, Sahara, Pueblo Nuevo de Sahara, Goshen*. Fincas: Orosí 1 y 2, Prubasa 1 y 2. La Unión
<b>Miércoles</b>	Aselyca, B. W.C, Cacao, Canasta Monte Líbano, Jackson, Batán Centro, La Fila, Jardín	Recta a Santa Clara, San Miguel*, B-Line, Banabac, Bristol, Baltimore, Corina*, Esperanza*. Finca Bristol, Finca Baltimore	Cuba Creek, Boston, Lomas del Toro*, Larga Distancia*. Finca Carrandí 1 y 2	Cenízaro, 26 Millas, 28 Millas, La Alegría*, Finca El Esfuerzo, cuadrante El Esfuerzo, Espabel, Barbilla, Davao. Fincas: Bioban 2, Aproveco 2
<b>Jueves</b>	Porvenir, Ramal 7, Batán Centro	Barrios Estrada: Brisas, Precario, Pueblo Nuevo, Recta hasta Puente. Finca Estrada, Peña, Banasol*. Barrio Banasol	Se apoya en las rutas faltantes	Se apoya en las rutas faltantes

<b>Viernes</b>	Batán Centro, detrás de Cementerio, Cuadrante Viejo	Matina Centro. Probana, Zent Viejo, Zent Nuevo, Brisas de Zent, Bellavista*. Finca Zent, Finca Monteverde	Se apoya en las rutas faltantes	Se apoya en las rutas faltantes
----------------	---	---	---------------------------------	---------------------------------

**Anexos 25.** Propuesta para el tratamiento de residuos orgánicos



## Glosario

1.Introducción.....	4
2 Metodología.....	6
3.Guías de compostaje	
3.1 Takakura.....	7
3.2 Volteo con MM.....	9
4.Ventajas y desventajas.....	11
5.Experiencias en Matina.....	12
6.Presupuesto.....	15
7.Agradecimientos.....	17
8.Recomendaciones.....	18
9.Referencias.....	19



**Residuo:** Material sólido, semisólido, líquido o gas, cuyo generador o poseedor debe o requiere deshacerse de él, y que puede o debe ser valorizado o tratado responsablemente o, en su defecto, ser manejado por sistemas de disposición final adecuados.

**Residuos orgánicos:** Residuo tanto de origen animal como vegetal que puede descomponerse. Ejemplo: cáscaras de huevo, de frutas y verduras. Hojas secas, zacate, huesos y desechos de comida.

**Compostaje:** Proceso en el que se pueden transformar los residuos orgánicos en abono.

**Materia Orgánica:** La materia orgánica está compuesta principalmente de carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo y azufre, aunque puede contener otros macro y micronutrientes esenciales para las plantas.

**Toneladas:** Unidad de medida de la masa. Equivale a 1000 kilogramos.

**Microorganismos de Montaña (MM):** Hongos, bacterias, micorrizas, levaduras y otros organismos benéficos. Los cuales viven y se encuentran en el suelo de montaña.

**mL:** Mililitros

**L:** Litros

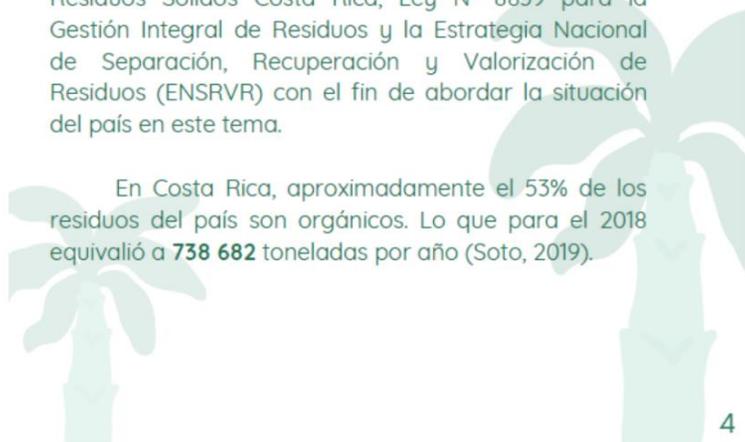
**kg:** Kilogramos

## INTRODUCCIÓN

A nivel nacional se registraron **3 982** toneladas/día de residuos generados en el 2019, donde **3 132** toneladas/día se disponen en rellenos sanitarios o vertederos semicontrolados y del resto (**850** toneladas/día) se desconoce su disposición final. Este último escenario es recurrente en comunidades que carecen de servicio de recolección, llevándolos a realizar prácticas ilegales como quemas de residuos, depósitos en lotes baldíos o en cuerpos de agua. (Contraloría General de la República, 2016, p.2).

Tras este panorama, se cuenta con iniciativas a nivel público como: la Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos 2010-2021, Plan de Residuos Sólidos Costa Rica, Ley N° 8839 para la Gestión Integral de Residuos y la Estrategia Nacional de Separación, Recuperación y Valorización de Residuos (ENSRVR) con el fin de abordar la situación del país en este tema.

En Costa Rica, aproximadamente el 53% de los residuos del país son orgánicos. Lo que para el 2018 equivalió a **738 682** toneladas por año (Soto, 2019).

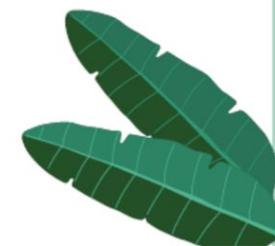


4

El cantón de Matina no es la excepción a dichas cifras. Según el estudio de generación y composición del municipio realizado en el año 2019; el 70% de los residuos enviados al relleno corresponden a orgánicos

Debido a ello se busca priorizar una solución que ayude a darle un tratamiento a los residuos del cantón además de obtener un aprovechamiento de los mismos. Es por esto que se realizó un plan piloto en 6 familias de la comunidad de Matina, con el fin de determinar cuáles técnicas de compostaje se adaptan mejor a las condiciones ambientales de zona.

La presente propuesta forma parte del proyecto de graduación de estudiantes de la Universidad Nacional a cargo del Programa ISA-IRET y en conjunto con la Municipalidad de Matina.



5



Durante la prueba, se aplicaron 3 métodos de compostaje con el fin de evaluar su desempeño en las condiciones ambientales de Matina y con ello se determinaron las 2 técnicas más viables a nivel económico y técnico.

Los métodos se aplicaron en tamaño escala ya que la idea es que lo apliquen en los hogares del cantón y el período de prueba se extendió desde el mes de noviembre 2020 a finales de enero 2021. Las pruebas de compostaje aplicadas fueron: Balde, Camas de volteo con MM y Takakura.

A continuación, se presentan las guías de las 2 técnicas que se recomiendan para aplicar en los hogares de la comunidad:



### ¿Cómo funciona?

La idea es hacer dos mezclas que ayuden a que los residuos orgánicos se descompongan más rápido y así tener abono en menor tiempo.

### ¿Cómo hago esas mezclas?

Se necesitan 2 botellas de plástico de 2 L y con ellas haremos dos tipos de mezclas:

#### Mezcla dulce

- 50 g azúcar
- 1,5 litros de agua
- 5 cucharadas de Yogurt
- 100 g de queso
- Cerveza (mitad de lata)
- 1 cucharada de levadura



#### Mezcla salada

- 15 g sal
- 1,5 litros de agua
- Cáscaras de 10 uvas
- Cáscara de papaya, pepino, tomate.
- Restos de lechuga



7

UNA VEZ HECHAS LAS MEZCLAS, LAS DEJO RESPONER POR 1 SEMANA EN UN LUGAR SECO Y DONDE NO ENTRE MUCHA LUZ

Las dejamos tapadas con plástico y una liga



Una vez pasa la semana, ¿qué hago con las mezclas?

Lo mezclamos con 3 kilos de semolina o granza de arroz, 2 kilos de harina de trigo y 2 kilos de tierra de montaña. Lo dejamos en reposo, tapado con plástico durante 7 días.



Sabremos que está lista para dejarla en reposo, cuando agarramos un puño, queda compacto y no le salen gotas.



8

# Microorganismos de Montaña

GUÍA DE COMPOSTAJE

¿Cómo funciona?

La idea es hacer una mezcla para añadirla a nuestro compostaje con el fin de que active los microorganismos presentes en la montaña y que nos ayuden a obtener abono mucho más rápido.

¿Cómo hago esa mezcla?



Primero necesito ir a la montaña y recoger tierra que este en las raíces de los árboles, porque es tierra que se ha descompuesto gracias a los microorganismos.

Una vez tenemos la tierra de montaña, vamos a necesitar:

- Un balde, cubeta o recipiente de 20 L
- 10 L de melaza



A eso, le agregamos granza o semolina de arroz hasta que al tomarlo con la mano, apretemos y la mezcla quede compacta, sin que salgan gotas ni se desborone.



Cuando ya está en el punto, tapamos el recipiente herméticamente y lo dejamos reposar por 2 semanas.

9

## ¿Qué hago después de las 2 semanas?

10

Necesitaremos un tela de aprox. 1 m x 1 m para poder envolver **5 kg** de nuestra mezcla. La idea es echarla en un recipiente de 20 L con agua sin clorar o de río como si hiciéramos un té muy grande. Y la dejamos reposar con tapa por 22 días o hasta que notemos que se hace una nata blanca en la superficie.



Las partes blancas que se observan flotando son levaduras y las necesitamos para que nos ayuden a la descomposición de los residuos.

Una vez pasan los 22 días, ya está listo nuestro MM. Para poder usarlo necesitamos diluirlo en agua sin cloro o agua de río. Vamos a usar 1 litro de nuestro MM en 20 L de agua.



Se recomienda aplicar al compostaje 500 ml de MM diluido y 500 g de cal cada 8 días hasta que ya no se vean residuos.



## VENTAJAS Y DESVENTAJAS

11

Técnica	Ventaja	Desventaja
Takakura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingredientes de fácil adquisición y económicos.</li> <li>• No requiere contar con extensión de terreno o gran espacio para su aplicación.</li> <li>• Se obtiene abono en cuestión de semanas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Debido a la humedad de la zona, se requiere de darle un volteo necesario para evitar malos olores y proliferación de larvas.</li> <li>• No se pueden compostar residuos de origen animal como huesos.</li> </ul>
MM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se vio afectado el compostaje ante la humedad de la zona.</li> <li>• La pila de volteo facilita su mantenimiento y la entrada de aire al compostaje.</li> <li>• Se obtiene abono rápido debido a la acción de microorganismos.</li> <li>• Se puede compostar residuos tanto de origen vegetal como animal.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere de tener acceso a una montaña cerca para la obtención de los microorganismos.</li> <li>• La inversión inicial es alta en comparación con otras de las técnicas.</li> <li>• Se requiere de tiempo para la elaboración del MM líquido. ( 1 mes y 1 semana aprox)</li> </ul>



## EXPERIENCIAS EN MATINA

Cada una de las técnicas aplicadas contaba con seguimiento y monitoreo para preservar las condiciones óptimas que se requerían en el proceso de descomposición. A continuación se muestran algunas observaciones de campo:

### GENERAL

- La mayoría de las familias indicaron la presencia de larvas en el compostaje, lo que puede ser un factor común causado por factores locales.

- Fue necesario el reposo con incidencia directa al sol para evitar en la medida posible un porcentaje de humedad alta.

- Cada una de las familias establecieron actividades de mantenimiento únicas según su conveniencia.

- Cuando se observaba moho en la parte superior del compostaje indicaba faltaba de volteo, información que era confirmada por las familias.

- La incidencia de la época lluviosa del Cantón de Matina influyó en las condiciones para realizar compostaje.

### TAKAKURA

- Inicialmente presentó malos olores, los cuales fueron mitigados con el cambio de recipiente y adición de harina para secar el material.

- Ambos hogares necesitaron del cambio de la caja de cartón debido al porcentaje de humedad que se presentó las primeras 2 semanas de prueba.



### MM

- Por sus características como las dimensiones y la forma del recipiente ayudó a que el volteo se realizara satisfactoriamente y con ello evitando que el material se humedeciera y genera malos olores.



Al finalizar la prueba, se aplicó una breve entrevista a las familias participantes con el fin de conocer su opinión acerca de las técnicas utilizadas. A continuación se presentan parte de las respuestas:

¿Cuáles serían las principales ventajas y desventajas de la técnica?



"Como **ventaja** considero que es el poder reciclar y tener un medio ambiente limpio. Tal vez creemos que por ser un residuo orgánico no afecta, pero si está tirado en el suelo o en la basura si afecta. Y como **desventaja**, pienso que si usted no lo cuida como es: huele mal, se humedece mucho y produce muchas larvas. Pero si usted le da el volteo que necesita (**3 veces al día**, aunque no se le eche residuos) no se humedece ni da mal olor. Ésa es la técnica del Takakura, darle el volteo."

-Familia participante con la técnica de Takakura

¿Cuáles serían las principales ventajas y desventajas de la técnica?

"A mí me gustó todo, así uno aprende porque son cosas que uno ni idea de cómo funciona. Uno lo ve en otros lados, pero no sabe cómo hacerlo ni cómo funciona. Y como **desventaja**, creo que el tipo de clima de aquí en Matina que es muy húmedo y siento que eso atrasa el proceso de descomposición."

-Familia participante con la técnica de Balde



¿Recomendaría esta técnica a otras personas del cantón?

"Sí claro, es un ahorro y me sirve para echarle a mis plantas."

-Familia participante con la técnica de pila de volteo con MM.



14



PRESUPUESTO

15

Se brindan los costos de todos los materiales en caso de tener que adquirirlos desde 0. Lo ideal es utilizar materiales reciclados que tengamos en nuestros hogares y con ello disminuir lo más posible la inversión.

Técnica	Materiales	Unidad medida de	Costo Unitario	Cantidad	Costo total
<b>MM</b>	Estañón	Unidad	₡27 000	1	₡27 000
	Cascarilla de arroz	Bolsa (10 kg)	₡3 380	1	₡3 380
	Tela	m	₡1 500	2	₡3 000
	Melaza	Pichinga	₡6 760	1	₡6 760
	Balde	Unidad	₡3 500	1	₡3 500
Sumatoria					<b>₡43 640</b>

Técnica	Materiales	Unidad medida de	Costo Unitario	Cantidad	Costo total
<b>Takakura</b>	Yogurt	mL	₡800	1	₡800
	Cascarilla de arroz	kg	₡1 300	2	₡2 600

Técnica	Materiales	Unidad de medida	Costo Unitario	Cantidad	Costo total
Takakura	Uva*	Unidad	∅1500	1	∅1500
	Harina de trigo	kg	∅1 700	2	∅3 400
	Canastas de plástico	Unidad	∅3 500	2	∅7000
	Tela	m	∅1 500	2	∅3000
	Bolsas verdes compostables	Bolsa	∅800	1	∅800
	Pala	Unidad	∅5 200	1	∅5 200
Sumatoria					<b>∅24 300</b>

\*Se utilizan las cáscaras de las frutas, pueden ser de cualquier fruta que tenga en casa.



## RECOMENDACIONES

Dado que la generación de residuos orgánicos en Matina representa el 70%, se insta a las autoridades municipales a promover proyectos piloto para la aplicación de estas técnicas tanto en hogares como en instituciones públicas y privadas a lo largo de los 3 distritos del cantón, con el fin de disminuir la cantidad de residuos enviados al relleno sanitario.

Al realizar cualquiera de las técnicas, se insta el reutilizar implementos, dándoles una segunda vida, ahorrando costos y aplicando medidas más amigables con el ambiente.

Una vez aplicado el abono en sus huertos, se recomienda a las personas que laven con abundante agua y jabón los vegetales, legumbres y/o frutas cosechadas antes de ingerirlas.