

Tecnológico de Costa Rica
Escuela de Química
Carrera de Ingeniería Ambiental



**Proyecto Final de Graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería
Ambiental**

“Análisis de Flujo de Materiales de los Residuos Sólidos del distrito de Guápiles”


Ariana Melissa Solís Blandón

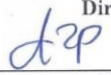
Guápiles, junio 2018.


“Análisis de Flujo de Materiales de los Residuos Sólidos del distrito de Guápiles”

Informe presentado a la Escuela de Química del Instituto Tecnológico de Costa Rica como requisito parcial para optar por el título de Ingeniero Ambiental con el grado de licenciatura


Miembros del tribunal

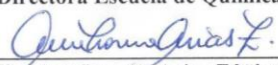

PhD. Lilliana Abarca Guerrero
Director


Ing. Andrea Acuña Piedra
Lector 1


Lic. Fabián Delgado Villalobos
Lector 2

MSc. Diana Zambrano Piamba
Coordinador COTRAFIG


PhD. Floria Roa Gutiérrez
Directora Escuela de Química


MSc. Ana Lorecha Arias Zúñiga
Coordinadora Carrera de Ingeniería Ambiental

DEDICATORIA

Al Departamento de Saneamiento Ambiental de la Municipalidad de Pococí. Muchachos, sin su amabilidad, solicitud, bondad, actitud de servicio y humildad esto jamás hubiese sido posible.

A mi familia, quien siempre me apoyó con muestras de amor en este hermoso proceso que tanto disfruté. Gracias por creer en mí.

A Jonathan Arce Solís, mi pequeña lucecita.

A Dios, mi mejor amigo, quien siempre me dio el ánimo, las fuerzas y la pasión para cumplir con una sonrisa cada meta que disponía en mi corazón.

*“...el gozo del Señor es mi fortaleza...”
Nehemías 8:10*

AGRADECIMIENTOS

A Dios, quien puso en mi corazón este sueño de ser ingeniera ambiental. Por su gozo, energías y el ánimo irreal que siempre me acompañó y acompaña cada día que abro mis ojos.

A mis chicos de Bradypus, les agradezco con todo mi corazón amarillo el esfuerzo, el sudor, el ánimo e incluso permanecer conmigo cuando el desánimo los atacaba. Estaré eternamente agradecida con ustedes por apoyarme, por desearme lo mejor, porque además de trabajar a la par mía me brindaron su valiosísima amistad. Gracias también por siempre creer en mi trabajo, y gracias por el que ustedes hacen al proteger con tanto amor a nuestro pedacito de tierra.

Señor Fabián Delgado, ¡gracias por todo! Por ayudarme cada día, por confiar en mí, gracias de verdad por cada muestra de apoyo. En cada cosita que necesité, los mil mensajes enviados ¡ahí estaba Fabi para ayudarme! Mil gracias por toda la paciencia y las enormes dosis de amabilidad y cariño, por creer en mi trabajo y felicitar cada logro.

Muchachos de Saneamiento Ambiental, ¡gracias!, por cada viaje en camión, por cada sonrisa, cada ayuda, por cada historia contada en los camiones o en la oficina de Don Hernán, por los refrigerios en las aceras de Guápiles, por ayudarme a recolectar cada bolsa entre sudor, carreras, lluvias, mucho calor y ánimo. Siempre los llevaré en mi corazón, el cual está tan agradecido con Dios por haberlos conocido a cada uno de ustedes. Gracias Indio y Miguelito, hicieron que caracterizar residuos fuera más divertido con sus ocurrencias. Gracias por ayudarme tanto, por ser tan amables, serviciales, por sus muestras de cariño y verdadero deseo de que todo saliera bien. Gracias por estar pendientes, los llevo en mi corazón y el lazo de amistad siempre permanecerá.

A mis amigas de siempre: Raque, Vale, Sil, Pao, Cin, gracias por hacer del TEC un lugar maravilloso al lado de ustedes. No tengo palabras para expresar la gratitud que siento en mi corazón por haberlas conocido. Ustedes son luz, sonrisas, esfuerzo, trabajo duro y amor en una paletita de muchos colores. Las quiero muchísimo, gracias por ser un apoyo increíble en estos 5 años y medio de esfuerzos. A Are, mi pandita. Gracias por estar en cada momento, por cada oración, palabra de aliento, por creer tantísimo en mí. Gracias por la paciencia, el amor, las tardecitas de café, las alegrías compartidas por nuestros logros. Dios me premió con la mejor amiga que alguna vez pude pedir, gracias por alegrar tanto mi corazón con esta amistad tan hermosa y duradera. Gracias por todo el apoyo en cada área de mi vida, sin duda el toque de color menta complementa mi vida. Andrés, gracias por ser el ser humano maravilloso que es. El apoyo, el amor, las palabras de aliento, tanto cariño, han sido una gran fuerza y empuje para mi corazón en este proceso que ambos sabemos, amé realizar. Gracias por ser siempre un hogar tan cálido, por motivarme y ser el mayor testigo de todo este proceso. Sin ninguna duda, mi pequeño y más importante diariécito amarillo. Estaré eternamente agradecida por tanto.

Profe Lilli, gracias por toda la paciencia y el cariño. Disfruté con el corazón llevar este proceso juntas. Aprendí mucho y con el aprendizaje aumentó también mi admiración y cariño. Llevaré en mi corazón esta etapa de mi vida en la que todo su conocimiento contribuyó a formarme más e inspirarme a cumplir mis sueños en esta área que tanto amo.

A mi familia. Gracias por el amor, el apoyo, los chineos, por siempre preocuparse y asegurarse de que yo tuviera lo que necesitara en todos estos años. Gracias por tanto sacrificio por mí, por pensarme cuando trabajaban, por creer en este sueño. Gracias por enseñarme la excelencia con la que deben hacerse las cosas y el amor, por ser mi primer ejemplo de trabajo, honradez y esfuerzo. Gracias de todo corazón pa y ma, por siempre impulsarme, animarme, amarme tanto y por comprender que elegí con el corazón ser Ingeniera Ambiental.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTOS	4
LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE CUADROS.....	9
LISTA DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS.....	10
RESUMEN.....	11
1. INTRODUCCIÓN	13
2. OBJETIVOS	14
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
3. MARCO TEÓRICO.....	15
3.1 INTRODUCCIÓN	15
3.2 DEFINICIÓN RESIDUOS SÓLIDOS.....	16
3.3 ACTORES INVOLUCRADOS EN EL SISTEMA DE RESIDUOS	17
3.3.1 PARTICIPACIÓN CIUDADANA	18
3.4 ELEMENTOS DEL SISTEMA DE RESIDUOS.....	20
3.4.1 GENERACIÓN DE RESIDUOS Y ALMACENAMIENTO:	20
3.4.2 RECOLECCIÓN DE RESIDUOS Y TRANSPORTE	21
3.4.3 PROCESOS DE TRATAMIENTO.....	21
3.4.4 DISPOSICIÓN FINAL	21
3.4.5 RECICLAJE Y RECUPERACIÓN	21
3.5 SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	22
3.5.1 COBERTURA INADECUADA DEL SERVICIO.....	23
3.5.2 INEFICIENCIA OPERACIONAL Y RECOLECCIÓN INFORMAL.....	23
3.5.3 DISPOSICIÓN FINAL INADECUADA.....	23
3.6 SITUACIÓN MUNICIPAL ACTUAL	24
3.7 ANÁLISIS DE FLUJO DE MATERIALES	25
3.7.1 TÉRMINOS Y DEFINICIONES EN EL ANÁLISIS DE FLUJO DE MATERIALES	26
4. METODOLOGÍA	30
4.1 DESCRIPCIÓN DEL LUGAR.....	30
4.2 ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL SECTOR RESIDENCIAL	30
4.3 ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL SECTOR COMERCIAL	37
4.4. IDENTIFICACIÓN DEL ESTADO ACTUAL EN EL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS Y SU DESTINO FINAL.....	40
4.4.1 ENCUESTAS REALIZADAS AL SECTOR RESIDENCIAL Y COMERCIAL	40
4.4.2 ENTREVISTAS REALIZADAS A GESTORES DE RESIDUOS SÓLIDOS.....	44
4.4.3 PARTICIPACIÓN ACTIVA EN CAMPAÑAS DE RECUPERACIÓN DE RESIDUOS PARA EL RECICLAJE	46

4.5 ALIANZAS PÚBLICO-PRIVADAS	46
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	47
5.1 CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS	47
5.2 SITUACIÓN ACTUAL Y DESTINO FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS.....	52
5.2.1 ENCUESTAS REALIZADAS AL SECTOR RESIDENCIAL Y COMERCIAL	54
5.2.2 ENTREVISTAS REALIZADAS A GESTORES DE RESIDUOS SÓLIDOS	68
5.2.3 CAMPAÑAS DE RECUPERACIÓN DE RESIDUOS PARA EL RECICLAJE	71
5.3. ANÁLISIS DE FLUJO DE MATERIALES	72
5.4. ALIANZAS PÚBLICO PRIVADAS.....	82
6. CONCLUSIONES	84
7. RECOMENDACIONES	86
8. REFERENCIAS	92
9. APÉNDICES	96
Apéndice 1: Caracterización de residuos sólidos	96
Apéndice 1.1 Caracterización de residuos sólidos del sector residencial	96
Apéndice 1.2 Composición de los residuos sólidos.....	100
Apéndice 1.3. Caracterización de residuos sólidos del sector comercial	103
Apéndice 2: Identificación del destino final de los residuos sólidos	105
Apéndice 2.1 Encuestas realizadas al sector residencial y comercial	105
Apéndice 2.1.1 Encuesta sector residencial servida por la Municipalidad de Pococí	105
Apéndice 2.1.2 Encuesta sector comercial servida por los recolectores informales.....	108
Apéndice 2.1.3 Porcentaje de generación de residuos sólidos.....	110
Apéndice 2.1.4 Servicios de recolección de residuos sólidos	111
Apéndice 2.1.5 Razones para no separar residuos para el reciclaje.....	111
Apéndice 2.2 Entrevistas realizadas a gestores privados de residuos sólidos valorizables	112
Apéndice 2.2.1 Municipalidad de Pococí: recolección de residuos valorizables	112
Apéndice 2.2.2 Entrevista centro de acopio la Esquina	114
Apéndice 2.2.3 Reciclaje Phoenix	117
Apéndice 2.2.4 Entrevista centro de acopio anónimo.....	119
Apéndice 2.2.5 Entrevista centro de acopio Reciplanet.....	121
Apéndice 2.2.6 Entrevista Plataforma Internacional Real	123
Apéndice 2.2.7 Reciclo Metálico Pococí	125
Apéndice 2.2.8 Estación de residuos, Guápiles centro	127
Apéndice 2.2.9 Hogar Betel	128
Apéndice 2.2.10 Recolector informal: José Joaquín Rivera López	130
Apéndice 2.2.11 Municipalidad de Pococí: recolección de residuos ordinarios	130
Apéndice 2.2.12 Informal 1: recolección de residuos ordinarios	132
Apéndice 3. Análisis de Flujo de Materiales	134
Apéndice 3.1 Sector residencial: Sitios con recolección del Informal 1	134
Apéndice 3.2 Sector residencial: Sitios con recolección del Informal X (Bella Vista).....	137
Apéndice 3.3 Sector comercial: Recolección municipal	139
Apéndice 3.4 Sector comercial: Recolección del Informal 1	140

Apéndice 3.5 Otras descargas ilegales	141
Apéndice 3.6 Gestión de residuos recuperados para el reciclaje.....	141
Apéndice 4. Entrevistas realizadas para la determinación de una posible alianza público – privada.....	145
4.1. Entrevista realizada al gestor Informal 1	145
4.2 Entrevista realizada al gestor ambiental municipal.....	146

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1. Procedimiento para la realización del AFM. Tomado de: Brunner, P., Rechberger, H. (2004).	27
Figura 3.2. Sistema de análisis de flujo de análisis de flujo de materiales (AFM). Nota Fuente: Montangero, A. (2006).	28
Figura 4.3. Ubicación del territorio de Pococí y sus respectivos distritos. Fuente: Inder	30
Figura 4.4. Ubicación de muestras seleccionadas en campo de El Cuadrante y Coopevigüa 1 respectivamente.	36
Figura 4.5. Proceso de caracterización del sector residencial.	37
Figura 5.6. Composición porcentual de residuos sólidos urbanos.	47
Figura 5.7. Composición porcentual de residuos sólidos del supermercado.	51
Figura 5.8. Composición porcentual de residuos sólidos del sector comercial.....	52
Figura 5.9. Porcentaje de residuos sólidos recolectados por gestor.	53
Figura 5.10. Percepción de la comunidad según el gestor que provee el servicio.	59
Figura 5.11. Separación de residuos para el reciclaje en comunidades servidas por distintos gestores.....	60
Figura 5.12. Disposición de recibir capacitación ambiental por sector.....	63
Figura 5.13. Percepción del sistema de recolección recibido en el sector comercial.....	65
Figura 5.14. Frecuencia de separación de residuos sólidos valorizables en comercios.	66
Figura 5.15. Porcentaje de residuos separados para el reciclaje.	66
Figura 5.16. Composición de residuos sólidos de campañas mensuales.	72
Figura 5.17. Resumen del movimiento de los materiales en el distrito de Guápiles.....	81

LISTA DE CUADROS

Cuadro 3.1. Generadores y tipos de residuos sólidos producidos (Hoornweg, D, Bhada-Tata, P., 2012).....	16
Cuadro 4.2. Horario de Recolección de Residuos Sólidos del distrito de Guápiles. Tomado del PMGIR-Pococí (2017-2022).	31
Cuadro 4.3. Horarios y viviendas contabilizadas en las rutas.	31
Cuadro 4.4. Número de muestras por sector.	33
Cuadro 4.5. Número de muestras obtenidas en campo.	34
Cuadro 4.6. Resultados de la prueba de T para dos muestras.	35
Cuadro 4.7. Lista de los comercios obtenidos en Minitab de manera aleatoria.	38
Cuadro 4.8. Número de encuestas por aplicar para cada sector.	43
Cuadro 5.9. Proyección de ganancias por venta de residuos residenciales en el distrito de Guápiles.....	49
Cuadro 5.10. Ejemplo de datos de cantidades semanales de residuos sólidos comerciales.....	49
Cuadro 5.11. Acciones de gestión de residuos según zonas servidas.	56
Cuadro 5.12. Razones para no separar para el reciclaje de manera constante.	61
Cuadro 5.13. Resumen de resultados obtenidos en las entrevistas.	68
Cuadro 5.14. Tipos de materiales encontrados en los residuos sólidos, clasificados según el estrato socioeconómico (Campos & Soto, 2014).....	73
Cuadro 5.15. Flujo de residuos sólidos del sector residencial.....	77
Cuadro 5.16. Flujo de residuos sólidos del sector comercial.	78
Cuadro 5.17. Corrección de cantidades de residuos estimada por gestores excluyendo el aporte de residuos de chatarra.	79
Cuadro 7.18. Opciones contractuales de Alianza Público-Privadas. Fuente: UNDP, 2017.....	91

LISTA DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS

AFM	Análisis de Flujo de Materiales
CTM	Corporación Tecnología Magallanes
CTTM	Centro de Transferencia y Transformación de Materiales
CYMA	Competitividad y Medio Ambiente
GCD	Generación per cápita por día
GWMO	Global Waste Management Outlook
HAPs	Hidrocarburos aromáticos poli cíclicos
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos
UNED	Universidad Nacional Estatal a Distancia
UTGAM	Unidad Técnica de Gestión Ambiental Municipal
Inder	Instituto de Desarrollo Rural
ONU	Organización de las Naciones Unidas
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
PMGIR	Plan Municipal para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos
PPP	Public-Private Partnership
PRESOL	Plan de Residuos Sólidos Costa Rica
RSM	Residuos Sólidos Municipales
UCR	Universidad de Costa Rica
UNDP	United Nations Development Programme

RESUMEN

Ante la problemática latente en el manejo de residuos sólidos en el distrito de Guápiles, se plantea la utilización para el análisis de la situación de la herramienta denominada: “Análisis de Flujo de Materiales”, la cual es utilizada por primera vez en Costa Rica. Esta herramienta permite visualizar los flujos de los residuos sólidos dentro de un sistema para identificar los principales problemas existentes con base en la distribución de las masas de los materiales en los sitios de disposición final definidos por la población, así como los diversos actores sociales involucrados en el proceso. De esta manera se pudo identificar la totalidad de los residuos sólidos destinados a quemas (283,80 ton/año), entierros de materia orgánica (1 204,89 ton/año), entierros de vidrio (4,71 ton/año), recuperación de residuos sólidos para el reciclaje, incluyendo los flujos menos comunes como la recuperación de residuos electrónicos y chatarra (2 115,35 ton/año) y las 7 408,04 ton/año destinadas al Relleno Sanitario Los Laureles, de las cuales 1 225,44 ton/año corresponden a descargas ilegales en el centro del distrito. Utilizando esta herramienta, es posible tomar decisiones basadas en el mejoramiento del sistema de gestión de residuos sólidos que es provisto en el distrito por los sectores: municipal, privado e informal, identificados en el proceso de recolección de datos.

Palabras clave: Análisis de Flujo de Materiales, quemas, entierros, descargas ilegales, reciclaje, gestión de residuos sólidos.

ABSTRACT

Due to problems in solid waste management in the district of Guápiles, the use of the tool called "Material Flow Analysis" is considered, for the first time in Costa Rica. This tool allows to visualize the flows of solid waste within a system to identify the main existing problems based on the distribution of the masses of the materials in the final disposal sites defined by the population, as well as the various social actors involved in the process. In this way, it was possible to identify the total solid waste destined for burning (283.80 tons / year), burials of organic matter (1 204.89 tons / year), glass burials (4.71 tons / year), recovery of solid waste for recycling, including less common flows such as the recovery of electronic waste and scrap (2 115.35 tons / year) and the 7 408,04 tons / year destined to Los Laureles Sanitary Landfill, including 1 225,44 tons/ year of illegal discharges. Using this tool, it is possible to make decisions based on the improvement of the solid waste management system that is provided in the district by the local government, and the private and informal sector, identified in the data collection process.

Key words: Material Flow Analysis, burning, burials, illegal discharges, recycling, solid waste management.

1. INTRODUCCIÓN

El alto crecimiento poblacional, el auge económico, la urbanización y los cambiantes estándares de vida poblacionales han acelerado la generación de residuos sólidos en países en vías de desarrollo (Abarca, Maas, & Hogland, 2013). El servicio de recolección de los mismos es de gran importancia y se encuentra por completo dentro de las responsabilidades del gobierno local y debe de gestionarse de manera adecuada (Hoornweg & Bhada-Tata, 2012). Lo anterior se debe en parte a que, este tipo de residuos pueden atraer insectos y roedores transmisores de enfermedades y generar lixiviados que contaminen suelos y cuerpos de agua. Sumado a esto se considera que las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) de los residuos sólidos municipales contribuyen hasta un 5% de las emisiones mundiales totales por año (Zurbrügg, 2013).

Costa Rica, por su parte posee ciertas deficiencias en la gestión de sus residuos sólidos municipales (Ben-Haddej *et al.*, 2010). Según Soto y Gaviria (2007), un 43% de las municipalidades en nuestro país aseguran recolectar menos de un 50% de sus residuos sólidos, lo cual se debe en gran medida a que las rutas de recolección se extienden únicamente a sectores de fácil acceso. Estos datos, son corroborados por la Contraloría General de la Republica, en el informe N.º DFOE-DL. IF-00001-2016, enviado a todas las municipalidades en el periodo 2016, por el incumplimiento de lo estipulado en la Ley No.8839 sobre la Gestión Integral de Residuos. Por otro lado, el país ha sido incapaz de desarrollar infraestructura para manejar adecuadamente el aumento de la carga de residuos resultante del rápido crecimiento económico y la urbanización.

Según la Estrategia Nacional de Separación, Recuperación y Valorización de Residuos (ENSRVR) 2016-2021 en el país se generan de manera aproximada 4 000 toneladas de residuos sólidos diariamente. De esta cantidad total se disponen 1 000 toneladas de manera ilegal a través de quemas, entierros y descargas a cuerpos de agua. A su vez, se recupera para el reciclaje únicamente un 1,26% por día.

La problemática descrita con anterioridad puede ser enfrentada mediante la utilización de una herramienta de gran utilidad: el Análisis de Flujo de Materiales (AFM). Esta es una evaluación sistemática de los flujos y existencias de materiales dentro de un sistema definido en el espacio y el tiempo y funciona de apoyo en la toma de decisiones en la gestión de residuos. Conecta las fuentes de generación, los caminos y los sumideros intermedios y finales que puede tomar un material, en este caso, los residuos sólidos municipales. Mediante el equilibrio entre insumos y productos, los flujos de los residuos y cargas ambientales se hacen visibles y sus fuentes de generación pueden ser identificadas. Lo anterior es de gran relevancia debido a que tanto la ubicación como la cantidad de materiales dentro de una ciudad deben ser conocidas de manera que se permita una fácil reutilización de los materiales y un control ambiental adecuado (Brunner & Rechberger, 2016).

Este trabajo pretende utilizar esta herramienta por primera vez en Costa Rica, específicamente en el distrito de Guápiles. De este modo se podrá identificar de qué manera fluyen los residuos sólidos dentro del distrito e identificar oportunidades de mejora en el sistema de gestión de los mismos y generar recomendaciones que permitan potenciarlo.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Proponer mejoras al sistema actual de gestión de residuos sólidos en el distrito de Guápiles, Pococí.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la cantidad y composición de residuos generados por el sector domiciliar y comercial.
- Utilizar la herramienta analítica de Análisis de Flujo de Materiales para identificar el destino final de los residuos sólidos.
- Proponer la creación de alianzas público – privadas para la gestión de residuos sólidos en el cantón.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 INTRODUCCIÓN

La gestión de residuos sólidos es uno de los desafíos más grandes, en especial en áreas urbanas, que enfrentan los países en vías de desarrollo (Vassanadumrongdee & Kittipongvises, 2017). Según los mismos autores, el programa de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) de Perspectivas Globales de Gestión de Residuos (GWMO por sus siglas en inglés) la generación mundial de residuos sólidos urbanos es de 2 mil millones de toneladas anuales, indicando además que se espera que para el año 2100 la generación per cápita aumente en un 20%.

La recolección de estos residuos es un trabajo complejo, ya que provienen de diversas fuentes complicando la tarea. En países en procesos de desarrollo, en especial, el problema de la disposición de estos residuos es complicado y se encuentra carente de soluciones reales lo que a su vez conlleva al surgimiento de enfermedades causadas por parásitos e infecciones, lo que constituye en un reto para las autoridades (Kassie, 2016). Por un lado, la población crece de manera muy acelerada incrementando la demanda de servicios de manejo de residuos y por otro lado, el sector público responde de una manera muy pobre a la creciente demanda de este tipo de servicios (Muchangos, Tokai, & Hanashima, 2017).

Una gestión inadecuada puede generar diversos tipos de contaminación tanto en el aire, como en el suelo y fuentes de agua superficial y/o subterránea. En regiones urbanas estos residuos pueden obstruir los drenajes, formando agua estancada de la cual se derivan criaderos de insectos e inundaciones en épocas lluviosas (Alam & Ahmade, 2013). Cointreau (2016) menciona algunos de los factores que provocan riesgos a la salud humana encontrándose entre ellos los siguientes:

- La naturaleza de los residuos, su composición (sustancias tóxicas, alergénicas e infecciosas), y sus componentes (gases, polvos, lixiviados, agujas)
- La naturaleza de los residuos a medida que se descomponen (gases, polvos, lixiviados, partículas de diversos tamaños)
- El manejo (levantamiento de los residuos, potenciales accidentes laborales)
- El procesamiento (olor, ruido, vibraciones, accidentes, emisiones atmosféricas, posible afectación de fuentes de agua)
- La disposición de los residuos (olor, ruido, vibración, emisiones, entre otros)

Un primer motivador de la gestión de residuos sólidos es definitivamente la salud pública. El primer paso se inicia con la recolección desde los sitios de generación y confinarlos en un lugar seguro. De acuerdo con Alam & Ahmade (2013), en este proceso los recolectores de residuos sólidos son uno de los sectores más afectados, quienes deben de ser protegidos de manera tal que se pueda evitar su contacto directo con estos materiales. Pero también en el proceso de disposición final pueden existir impactos al ambiente que afectan también a la población. Un sitio mal manejado provoca gases derivados de la descomposición que son causantes del efecto invernadero, materiales disueltos en los lixiviados que van a terminar en ríos, quebradas y el mar.

Por lo anterior, la presencia de un programa para el manejo efectivo y eficiente de los residuos sólidos permite solventar los impactos negativos en el ambiente y la salud. Surge entonces la

importancia de tener conocimiento sobre los residuos generados y el manejo que se les da. Esto es además considerado a nivel mundial como uno de los temas importantes establecidos en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (Asian Productivity Organization, 2007; Vassanadumrongdee & Kittipongvises, 2017).

3.2 DEFINICIÓN RESIDUOS SÓLIDOS

En Costa Rica, la Ley 8839 de Gestión Integral de Residuos, define “Residuo” como un 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. Por lo tanto, para la presente investigación se utilizará el concepto establecido en la legislación nacional.

De acuerdo con Phillips y Thorne (2013), estos residuos se clasifican según la fuente de generación en extensas categorías. Entre ellos se pueden mencionar: residuos residenciales o domésticos, industriales, comerciales, institucionales, residuos de la construcción y demolición, municipales, médicos y agrícolas. Esa categorización se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 3.1. Generadores y tipos de residuos sólidos producidos (Hoornweg, D, Bhada-Tata, P., 2012).

Fuente	Generadores típicos	Tipos de residuos sólidos
Residencial	Viviendas unifamiliares y multifamiliares.	Residuos de alimentos, cartón, plásticos, cuero, residuos de jardinería, madera, vidrio, metales, cenizas, residuos especiales (por ejemplo, residuos voluminosos, electrónicos, electrodomésticos, baterías, aceites, llantas), residuos peligrosos (pinturas, aerosoles, tanques de gas, desechos con residuos de mercurio, aceites de motor, agentes de limpieza), residuos electrónicos (computadoras, teléfonos, televisores).
Industrial	Plantas de fabricación, construcción, energía y plantas químicas.	Residuos domésticos, envases, restos de alimentos, materiales de construcción y demolición, residuos peligrosos, cenizas, residuos especiales.
Comercial	Tiendas, hoteles, restaurantes, mercados, oficinas.	Papel, cartón, plásticos, madera, restos de alimentos, vidrio, metales, residuos especiales, peligrosos, electrónicos.
Institucional	Escuelas, hospitales (residuos no médicos), prisiones, edificios gubernamentales,	Papel, cartón, plásticos, madera, restos de alimentos, vidrio, metales, residuos especiales, peligrosos, electrónicos

	aeropuertos.	
Construcción y Demolición	Nuevas obras, reparación de carreteras, obras de renovación, demolición de edificios.	Madera, acero, hormigón, ladrillos, vidrio plano.
Servicios municipales	Limpieza de calles, paisajismo, parques, playas, otras áreas recreativas, plantas de tratamiento de agua potable y aguas residuales.	Residuos de calles, parques, paisaje y adornos de árboles; y otras áreas recreativas.
Desechos médicos	Hospitales, clínicas, hogares de personas de la tercera edad.	Residuos infecciosos (vendajes, guantes, cultivos, hisopos, sangre y fluidos corporales), residuos peligrosos (objetos punzocortantes, instrumentos, productos químicos), desechos radiactivos de terapias contra el cáncer, residuos farmacéuticos.
Agrícola	Cultivos, huertos, viñedos, lecherías, corrales de engorde, granjas.	Desperdicios de alimentos estropeados, residuos agrícolas (cáscaras, tallos), residuos peligrosos (plaguicidas), entre otros.

Además, es importante mencionar que los residuos provenientes de hogares, instituciones y comercios en áreas urbanas y sectores residenciales, son clasificados como residuos sólidos municipales (RSM) (Phillips & Thorne, 2013).

3.3 ACTORES INVOLUCRADOS EN EL SISTEMA DE RESIDUOS

Los actores involucrados se definen como aquellas personas, grupos de personas u organizaciones con intereses o preocupaciones relativas al manejo de los residuos sólidos. Estos pueden afectar o ser afectados por los elementos del sistema de manejo de los residuos sólidos, sus objetivos o políticas relacionadas y legislaciones. No todos los involucrados poseen los mismos intereses, actitudes, roles, influencias o responsabilidades. Cualquier cambio que se realice relativo al manejo de los residuos sólidos afectará a cada uno de ellos de maneras positivas o negativas, lo cual revela la importancia de tomar en cuenta tanto las necesidades como las percepciones de los afectados. Algunos de los actores involucrados pueden ser: familias, sector informal privado, sector formal privado, autoridades municipales, autoridades gubernamentales locales o nacionales, organizaciones no gubernamentales y agencias de apoyo internacional, entre otros (Zurbrügg, 2013).

Es importante mencionar que, en países con ingresos económicos medios, existe un sector informal que lleva a cabo una proporción significativa del manejo de residuos valorizables. Estos trabajadores informales de residuos son personas que se ganan la vida con el manejo de estos pero que no han sido formalizados por parte de las autoridades locales (Gerdes & Gunsilius, 2010). En

Costa Rica, el Decreto N° 37567-S-MINAET-H considera únicamente a gestores autorizados indicando que son personas físicas o jurídicas, públicas, privadas o de economía mixta, dedicadas al manejo total o parcial de los residuos. El reglamento define que dentro de este manejo se encuentran las etapas de recolección, transporte, acopio, valorización, desensamblaje, exportación, tratamiento y disposición final.

Según Zurbrügg (2013) el concepto de manejo integral de residuos sólidos describe cómo el éxito en el manejo de los mismos depende en gran medida de la participación e integración de los diversos actores existentes en el proceso.

3.3.1 PARTICIPACIÓN CIUDADANA

Las municipalidades son las responsables de la gestión de residuos sólidos, pero en muchos casos tienen grandes limitaciones para proveer un sistema eficiente de manejo (Abarca, Maas, Hogland, 2013). Es de ahí de donde surge la necesidad de incorporar otros actores que puedan proveer los servicios parcial o totalmente, incluyendo otros servicios urbanos (Gotame, 2012), un ejemplo son las Alianzas Público-Privadas.

Alianzas público-privadas

Según la UNDP (2017), las Alianza Público-Privadas (PPP por sus siglas en inglés) son una forma de colaboración para la prestación de servicios públicos con colaboración del sector privado. Según este mismo autor, las mismas se basan en el reconocimiento de que tanto el sector público como el privado se pueden beneficiar al poner en común sus recursos financieros, sus conocimientos técnicos y su experiencia para mejorar la prestación de servicios básicos a todos las y los ciudadanos. Además, este autor indica que las PPP ofrecen una alternativa a la privatización total combinando las ventajas de ambos sectores; es decir que combinan:

- La responsabilidad social, conciencia ambiental y responsabilidad pública del sector público; con
- Las finanzas, tecnología, eficiencia gerencial y espíritu emprendedor del sector privado.

La comunidad tiene una función directa ya que es el beneficiario, expresando el precio que la comunidad pagaría por un nivel aceptable de servicio, y un papel importante de fiscalizador de la alianza conformada.

Las PPP tienen una serie de barreras ya que a menudo, los gobiernos se preocupan de que al conformar este tipo de alianza con el sector privado, las empresas privadas se aprovecharán de ellos, y al mismo tiempo las empresas a menudo consideran que los enfoques adoptados por los gobiernos son engorrosos y una pérdida de tiempo (UNDP, 2017).

Según la UNDP (2017), una PPP exitosa tiene cuatro características:

1. Metas compatibles

El gobierno, las empresas y los líderes de la comunidad deben comprender y respetar los objetivos de los demás. Por ejemplo: el gobierno puede tener inicialmente dificultades para

aceptar el afán de lucro de las empresas privadas; las empresas privadas pueden verse tentadas a alejarse de los procesos de toma de decisiones más burocráticos utilizados en el sector público; y / o las comunidades locales pueden no tener la paciencia necesaria para abordar los problemas que afectan a otras áreas de la ciudad.

Para resolver estas diferencias, todas las partes deben enfocarse en los objetivos más amplios y complementarios que se deben lograr. Es importante que se den cuenta de que los objetivos públicos y privados no necesariamente tienen que ser los mismos para que las alianzas funcionen; deben ser meramente compatibles.

2. Ambiente propicio

Un entorno reglamentario, legal y político propicio es la piedra angular de la participación sostenible del sector privado. Debe existir un marco legal apropiado para la contratación de servicios y la inversión del sector privado. Es muy importante que se establezcan mecanismos para minimizar la probabilidad o la apariencia de corrupción en cualquier proceso de adquisición. Procesos de adquisición impredecibles e injustos reducen la aceptabilidad política y el interés de muchos inversores privados.

Además, se necesita un marco normativo regulatorio claro implementando regímenes tarifarios y mecanismos de subsidios apropiados. La creación de un marco regulatorio solo, sin embargo, no garantiza necesariamente una regulación efectiva. En particular, el sector público necesita definir una asignación clara de responsabilidades entre los gobiernos nacionales y municipales, y una declaración clara de su papel como proveedor y regulador. Las empresas del sector privado por su lado prefieren que el contrato sirva como el principal mecanismo regulador, y que los gobiernos locales tengan una discreción reglamentaria muy limitada una vez que el contrato esté en vigencia. Adicionalmente, el ambiente político debe ser positivo para la conformación de la alianza ya que muchas veces existe la presión durante los ciclos electorales, la inestabilidad potencial de las nuevas democracias, las agendas personales de los funcionarios gubernamentales y el estatus especial de algunos servicios, puede crear barreras para comenzar o mantener colaboraciones público-privadas. Los gobiernos deben brindar garantías siempre que sea posible a los socios del sector privado de que dichos factores políticos no perturbarán la asociación contractual.

3. Aceptación

El gobierno y los líderes empresariales no pueden construir asociaciones solos: la aceptación política y social de la participación del sector privado es esencial. La población debe ver la participación del sector privado como beneficiosa si la sociedad va a durar con el tiempo. El apoyo público a la participación del sector privado a largo plazo dependerá principalmente de la entrega de los servicios y beneficios prometidos a un costo razonable. Por lo tanto, es de suma importancia que se desarrollen mecanismos para garantizar que la organización que presta el servicio, ya sea una organización del sector público o privado, sea responsable ante sus clientes.

El apoyo público también dependerá de la capacidad de la asociación para satisfacer las necesidades de todos los interesados.

4. Credibilidad y transparencia

La cooperación efectiva entre el gobierno local, las empresas y la comunidad siempre es difícil de lograr debido a la amplia gama de participantes involucrados, el bajo nivel de confianza que a menudo existe entre los socios potenciales y la falta de previsibilidad en el proceso. La credibilidad de los campeones y otros líderes involucrados, así como la transparencia en el proceso, son determinantes críticos del éxito a largo plazo. La experiencia sugiere que las alianzas genuinas deben incluir los principios de equidad, transparencia de las operaciones y beneficio mutuo. La confianza en cualquier proyecto es necesaria para las alianzas exitosas.

Existen varios factores que afectan una alianza duradera. Para lograrlo es necesario asignar recursos económicos, tanto financieros, recurso humano y capital. Los socios involucrados tanto público como privado, deben de invertir en la creación de capacidades de su personal así como instruir a la población en las responsabilidades que tienen como guardianes de la relación público-privada.

Los roles y responsabilidades de los distintos actores deben de ser bien establecidos. Las PPP toman tiempo por esa razón hay que tener paciencia en el proceso y tener claro que la curva de aprendizaje y de acomodo no se da de un día para otro.

3.4 ELEMENTOS DEL SISTEMA DE RESIDUOS

De acuerdo con Zurbrügg (2013) un sistema típico de gestión de residuos sólidos puede ser descrito gracias a través de procesos funcionales de generación de residuos que estén relacionados y a flujos de materiales que se deriven de estos. Estos se describen a continuación:

3.4.1 GENERACIÓN DE RESIDUOS Y ALMACENAMIENTO:

Este elemento se refiere al generador de residuos, quien al mismo tiempo se constituye como cliente de un determinado servicio de manejo de residuos. La cantidad y características de estos residuos producidos influirán en la interacción que los mismos tendrán con el próximo elemento del servicio de recolección. Su generación y composición se ven directamente afectados por el estilo de vida de los generadores, así como del nivel de sus ingresos económicos. Este último aspecto afecta en qué es lo que se consume y qué parte de ello se convierte en un residuo. Así mismo, la manera en la que dichos residuos son almacenados en los hogares y la accesibilidad a estos sitios por parte del sistema de recolección es un aspecto crítico entre el cliente y su proveedor de servicio. El almacenamiento por parte del generador hasta el momento de recolección puede ser tanto dentro de la casa, como en terreno exterior o en el vecindario (ya sea en montículos expuestos al ambiente, bolsas o contenedores). Tanto el nivel de ingreso de los generadores como las prácticas de higiene que estos le brinden a sus residuos sólidos afecta la manera en que estos serán almacenados. Estos generadores pueden ubicarse dentro de un gran rango, tales como: hogares, comercios, escuelas, oficinas (instituciones) y centros de salud, entre otros (Zurbrügg, 2013).

3.4.2 RECOLECCIÓN DE RESIDUOS Y TRANSPORTE

Este elemento comprende todas aquellas tareas y actividades relacionadas al acceso y recolección de los residuos a una determinada frecuencia hacia otra localización para su posterior procesamiento o almacenamiento/disposición final. Dicha accesibilidad depende de los patrones existentes en la población, su topografía, infraestructura vial, así como los vehículos utilizados para tal fin. De manera que el proceso de recolección y transporte puede variar en gran manera de un sitio a otro. Dependiendo de la configuración de este sistema, tanto la recolección como el transporte pueden ser específicos a distintas fracciones generadoras, así mismo actividades tales como el barrido, mantenimiento de sitios y calles públicas limpias de residuos, se consideran, como parte del sistema de recolección (Zurbrügg, 2013).

3.4.3 PROCESOS DE TRATAMIENTO

Se refiere a procesos controlados en donde se extraen recursos a partir de residuos que son transformados en otros materiales. Estos tratamientos brindan el beneficio de reducir la amenaza y generar nuevos productos. Algunos de ellos pueden ser: compostaje de materia orgánica, generación de biogás a partir de residuos orgánicos, incineración de residuos, entre otros. El tamaño de estos tratamientos así como las tecnologías empleadas, puede variar de acuerdo con el sitio en el que se ubiquen. Estos pueden realizarse tanto en hogares a una pequeña escala como a niveles de mayor escala de aprovechamiento, como en ciudades o comunidades enteras (Zurbrügg, 2013).

3.4.4 DISPOSICIÓN FINAL

Este proceso describe aquellas actividades relacionadas con el almacenamiento final de los residuos. De manera ideal, la localización de este sitio es diseñada claramente a través de la ingeniería, asegurando el control en un almacenamiento seguro que reduzca al mínimo el riesgo a la salud y los impactos ambientales negativos asociados. Los residuos almacenados en estos sitios suelen ser una mezcla de distintos materiales con o sin valor económico alguno, esto depende del tratamiento previo a su disposición final o procesos de reciclado. Si tanto la recuperación de los residuos como su recolección son establecidas de manera adecuada, la composición final de los residuos sólidos consistirá en una mayor proporción de residuos con un valor delimitado o sin ningún valor económico asociado. Esta disposición final puede ser vista también como un proceso de tratamiento ya que parte de los materiales dispuestos serán degradados y estabilizados con el paso del tiempo bajo condiciones aeróbicas o anaeróbicas, provocando cambios en sus propiedades (Zurbrügg, 2013).

3.4.5 RECICLAJE Y RECUPERACIÓN

Se refiere a todas aquellas actividades del sistema de manejo de residuos sólidos cuyo objetivo es extraer y recuperar recursos y el valor de los residuos, ya sean materiales o energéticos. Estas actividades pueden ocurrir de manera conjunta con las funciones del servicio de gestión de los residuos descritas previamente. Si los incentivos para el reciclaje no se manejan bajo

compromisos de políticas o conciencia ambiental, estarán influenciados y determinados por los mercados globales para materiales en específico, así como sus costos, transporte y precios derivados de los productos generados (Zurbrügg, 2013).

3.5 SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS

El manejo de los residuos sólidos municipales es por lo general, responsabilidad de los gobiernos locales y en países en vías de desarrollo esta función puede consumir entre un 20% y un 50% de los presupuestos municipales (Phillips & Thorne, 2013). Un manejo integral de los residuos sólidos debería contemplar todos los flujos de los residuos y la dimensión del tiempo en la que estos fueron generados, monitoreando de manera continua y mejorando su sistema de recolección (Zurbrügg, 2013).

A su vez, Klundert & Anschütz (2001) y Zurbrügg (2013) establecen que la sostenibilidad en el manejo de estos residuos, implica la integración de dimensiones técnicas, ambientales, socioeconómicas, institucionales, legales, políticas y hasta culturales, las cuales comprenden:

- Adecuada gobernabilidad (responsabilidad, transparencia, equidad).
- Prestación de servicios que sean económicos (costo de eficiencia, asequibilidad, asignación de presupuesto).
- Sustentabilidad financiera (mecanismos de recuperación de costos, flujo de caja).
- Conservación de recursos naturales (consumo de recursos).
- Participación pública (diálogo, sensibilización).
- Tecnologías apropiadas para el ambiente (minimización de impactos, monitorización de emisiones).
- Participación de actores del sector privado (integración de sectores alternos).

A pesar de que los residuos sólidos municipales constituyen sólo una parte del ciclo global de los residuos, estos se consideran como un reto debido a sus grandes cantidades físicas, la necesidad del gasto público y las normas sociales asociadas que le competen (Zurbrügg, 2013).

Los componentes indicados con anterioridad, provocan que el manejo de los residuos por parte de las municipalidades sea una tarea compleja que requiere de niveles muy altos de organización y cooperación de los diversos agentes involucrados. Además, un manejo municipal eficiente de los residuos requiere de la aplicación de tecnologías y sistemas eficientes, salvaguardando en el proceso, la salud pública y el mantenimiento de sitios que sean estéticamente agradables para la sociedad (Phillips & Thorne, 2013).

De acuerdo con Zurbrügg y Schertenleib (1998) en los países en vías de desarrollo se encuentran tres problemas principales que impiden la realización de una gestión integral de los residuos sólidos:

- Cobertura inadecuada del servicio.
- Ineficiencias operacionales del servicio.
- Inadecuada disposición en los vertederos.

Estos problemas se describirán a continuación con base en la información recopilada por los autores anteriores:

3.5.1 COBERTURA INADECUADA DEL SERVICIO

Por lo general los esquemas de recolección de residuos sólidos en las municipalidades de países en vías de desarrollo, sirven principalmente a las regiones más urbanizadas. Aquellos que permanecen sin el beneficio de recolección son por lo general, poblaciones de bajo ingreso económico que viven en regiones periurbanas. Una de las primeras causas de esta problemática es la falta de recursos económicos de los gobiernos locales que pueda lidiar con la creciente generación de los residuos de su población. Esta falta de fondos imposibilita financiar el servicio en todos sus niveles. En muchos de los casos, el problema se deriva de inconvenientes a nivel técnico que impiden que el sistema de recolección de los residuos municipal sirva a toda la población, por factores tales como: unidades de recolección de residuos obsoletas, alto costo de los vehículos recolectores, falta de recurso humano y elevadas cargas sociales en sector público, jornadas laborales cortas, inexistencia de censos catastrales en el Cantón, amplias distancias a los sitios de disposición final, entre otras causas.

3.5.2 INEFICIENCIA OPERACIONAL Y RECOLECCIÓN INFORMAL

A pesar de la enorme inversión económica que realizan las municipalidades en brindar un manejo a los residuos sólidos de sus respectivas comunidades, la cobertura del servicio es bastante baja. Por lo general se recolectan entre un 50 y un 70% de los residuos, sirviendo a menos de un 50% de la población. Además, una vez recolectados, estos son llevados en la mayoría de los casos a vertederos no controlados a cielo abierto. Estas ineficiencias se deben en muchos casos a estructuras institucionales y procedimientos organizacionales deficientes y al uso de tecnologías inapropiadas. En la misma línea, esta situación ha generado que el sector de recolección informal tenga un papel importante en el manejo de los residuos sólidos, principalmente en la recuperación de recursos como se mencionó con anterioridad. Sin embargo, en muchos casos sus actividades no se encuentran reguladas o carecen de permisos correspondientes para la realización de labores asociadas con la adecuada gestión de residuos, lo cual genera la oposición por parte de una gran mayoría de gobiernos locales.

3.5.3 DISPOSICIÓN FINAL INADECUADA

La mayor parte de los residuos sólidos municipales de los países en desarrollo se vierten en la tierra de una manera más o menos descontrolada. En la actualidad dichos sitios de disposición final son rodeados por asentamientos y urbanizaciones quienes pueden sufrir los riesgos asociados de manera directa, de la mano con la afectación indirecta de los sitios aledaños habitados por otras poblaciones. Al mismo tiempo, las restricciones tanto financieras como institucionales, son las principales causas de una disposición final inadecuada especialmente en sitios en los cuales los gobiernos locales no cuentan con los recursos económicos para realizar dicha función. Además, la financiación de este servicio pone de manifiesto el hecho de que una gran parte de la población está por lo general dispuesta a pagar por la prestación del servicio sin que exista un verdadero

interés por el tratamiento que se le dé a estos residuos. Sumado a esto, es difícil encontrar sitios donde se pueda realizar la disposición final, a un bajo costo debido a que los sitios de la ruta de recolección en muchos casos se encuentran lejos del sitio de disposición final. Situar los vertederos a mayores distancias de las áreas centrales de recolección implica mayores costos de transferencia, así como inversiones adicionales en la infraestructura de las carreteras, intensificando así los problemas financieros de las autoridades responsables.

3.6 SITUACIÓN MUNICIPAL ACTUAL

Sumado a la problemática antes descrita, la mayor parte de las municipalidades no encuentran maneras en las cuales se obtenga una colaboración mayor y mutua con los ciudadanos, quienes en muchos casos descargan ilegalmente sus residuos, poniendo de manifiesto la figura del ciudadano como parte del problema y no de la solución (Klundert & Anschütz, 2001). Las municipalidades pueden enfrentar una serie de problemas ligados a la falta de organización, la complejidad de estos sistemas y a la escasez de recursos financieros. En este sentido, el enorme costo necesario para proveer el servicio, la falta de apoyo financiero e incluso la falta de voluntad de muchos de los usuarios de pagar por el servicio de recolección son sólo algunas situaciones que han obstaculizado la prestación de servicios adecuados de gestión de residuos. Para obtener la eficiencia operativa deseada de la gestión de residuos sólidos se requiere la participación activa tanto de la agencia municipal como de los ciudadanos (Abarca *et al.*, 2013).

Según el Plan Nacional para la Gestión Integral de Residuos (2016-2021), el manejo inadecuado de los residuos sólidos en Costa Rica constituye uno de los principales problemas que enfrenta la sociedad costarricense. Para el año 2014 se generaron aproximadamente 4 000 toneladas residuos, en promedio 1,1 kg por persona por día en cantones urbanos. Las municipalidades han sido designadas por el Estado costarricense como las responsables de la recolección, transporte y tratamiento estos residuos sólidos (Gaviria & Soto, 2007). Los recursos con los que cuentan estas entidades son muy limitados y deben de utilizarse de manera eficiente para el beneficio de la población. Así mismo, son muy pocas las municipalidades en nuestro país que cuentan con sistemas de gestión ambiental que les permita planificar adecuadamente sus actividades y ser por lo tanto más efectivas y eficientes en sus quehaceres (Gaviria & Soto, 2007).

A su vez, según el diagnóstico elaborado por el Programa CYMA (2007) sobre el Plan de Residuos Sólidos (PRESOL) de Costa Rica, la cobertura media del servicio de recolección de residuos es de un 75%, siendo esta de un 90% en zonas urbanas y menos de un 50% en zonas rurales. Además, en la actualidad el 25% de los residuos domiciliarios generados en nuestro país no se recolectan, por lo cual no cuentan con una disposición final adecuada (CYMA, 2007). Sumado a lo anterior, el Informe del Estado del Ambiente (MINAE, 2017) indica que en 31 cantones de nuestro país no se recuperan materiales valorizables, mientras que en 14 se recuperan menos de un 1%. Por su parte las zonas rurales han mostrado una tendencia a la disminución de hogares que entierran los residuos, pasando en el año 2009 del 14,7% al 10,21% en 2015, y un aumento en los hogares que queman los residuos, pasando del 20,87% al 29,74% en el mismo período.

De acuerdo con el Plan Municipal para la Gestión Integral de los Residuos del Cantón de Pococí (2017-2022), el servicio municipal de recolección de residuos sólidos de este cantón es ejecutado

y administrado por su respectiva municipalidad. Tales residuos son transportados hacia un Relleno Sanitario llamado Los Laureles, operado por la empresa privada Corporación Tecnología Magallanes (CTM) ubicado en distrito de Cariari. A este vertedero llegan aproximadamente 150 toneladas/día de residuos, las cuales incluyen residuos sólidos provenientes de la recolección municipal, recolección privada y la entrega directa de las empresas.

A su vez el Plan indica que el servicio de recolección de residuos ordinarios actualmente se brinda a menos de un 50% de la población al cantón, por tal razón surge la presencia de recolectores informales que laboran para empresas privadas que brindan el servicio en algunos sectores poblacionales donde la Municipalidad no ofrece el servicio por limitantes de capacidad técnica, económica y de recurso humano. No obstante, existen dos sectores a los que se brinda un servicio más especializado, los cuales son el distrito de Guápiles, pues es la zona comercial más importante del Cantón, y el distrito Cariari. Según el Plan Municipal Para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos del Cantón de Pococí, para ambos casos la frecuencia de recolección de residuos es mayor.

3.7 ANÁLISIS DE FLUJO DE MATERIALES

Para analizar esta problemática antes descrita y buscar soluciones, se han desarrollado en la actualidad una amplia cantidad de métodos, aproximaciones y herramientas de modelación para la toma de decisiones en el manejo integral de los residuos sólidos (Zurbrügg, 2013). La meta de estos sistemas es precisamente desarrollar un panorama de cómo fluyen los materiales en un determinado lugar, en una especie de análisis de entrada-salida de residuos sólidos, rastreando los materiales desde sus fuentes hasta su disposición final. De este modo, se pueden identificar los puntos más estratégicos que intervienen en el flujo de los materiales. De manera que, para entender de una forma aproximada los elementos descritos con anterioridad del sistema integral de residuos sólidos, surge una herramienta denominada “Análisis de Flujo de Materiales” (AFM) (Muchangos, Tokai & Hanashima, 2017).

El análisis de flujo de materiales es a su vez, un método analítico que describe sistemas de cualquier complejidad basado en dos fundamentos científicos principales, la conservación de la masa y los sistemas de análisis. Estos últimos pueden representar tanto los procesos operacionales como las entidades en ciudades, regiones y naciones. Cuando el AFM se conduce de una manera correcta, representa los flujos, productos resultantes y emisiones, así como la pérdida y los escapes de materiales de desecho, de una manera visualmente clara y transparente. La herramienta es de gran utilidad en la formulación de estrategias que optimicen la totalidad de la ejecución de un sistema de manejo de residuos sólidos orientado al alcance de objetivos (Muchangos *et al.*, 2017). Además, puede ser aplicado para analizar el flujo de los recursos y evaluar el impacto en los cambios en los patrones de consumo poblacionales y también servir como una fuente de información de gran utilidad que brinda ayuda a los planificadores para la toma de decisiones que optimicen el manejo de recursos en un sistema de saneamiento ambiental (Montangero, 2006).

En países industrializados, el análisis de flujo de materiales demostró ser una herramienta de gran utilidad en el reconocimiento temprano de problemas ambientales y el desarrollo de contramedidas (Montangero, 2006). A su vez, en países en vías de desarrollo que enfrentan una amplia escasez de información y problemas de incertidumbre considerable, el AFM se ha

aplicado de manera exitosa en planeamientos de saneamiento ambiental (Do-Thu et al, 2011). Según Brunner y Rechberger, (2004), el AFM brinda la oportunidad de conocer más profundamente el comportamiento de un sistema mediante los objetivos de esta herramienta los cuales son principalmente:

- Delinear un sistema de flujo de materiales y reservas de los mismos mediante condiciones bien definidas y uniformes.
- Reducir la complejidad de un sistema mientras sea posible, garantizando la existencia de una base para la toma de decisiones.
- Evaluar los flujos y reservas de materiales de manera cuantitativa, aplicando el principio de balance y revelando las sensibilidades e incertidumbres de esta cuantificación.
- Presentar resultados sobre los flujos y sumideros de materiales de manera reproducible, transparente y entendible, a través de un diagrama.
- Utilizar los resultados obtenidos para el manejo de recursos, el ambiente y los residuos de modo que se pueda: reconocer de manera temprana los beneficios y desventajas en la acumulación de residuos en sumideros; establecer prioridades en las medidas para la protección ambiental; promover la conservación de recursos y el manejo apropiado de residuos; diseñar bienes, procesos y sistemas que promuevan el bienestar y la salud ambiental.

3.7.1 TÉRMINOS Y DEFINICIONES EN EL ANÁLISIS DE FLUJO DE MATERIALES

De acuerdo con Brunner y Rechberger (2004), en el AFM se tienen diversas definiciones importantes a tomar en consideración las cuales han sido adaptadas al contexto de residuos sólidos en Guápiles:

Bien: se definen como sustancias o mezclas de sustancias con un valor económico positivo (combustible, madera) o negativo (residuos sólidos municipales, lodos de aguas residuales).

Existencias: se definen como depósitos de material (masa) dentro del sistema analizado, y tienen la unidad física de kilogramos. Una existencia comprende la masa que se almacena dentro de un proceso, sin salir de él. Estas pueden mantenerse constantes, o pueden aumentar (acumulación de materiales) o disminuir (agotamiento de materiales) en tamaño.

Proceso: se refiere al transporte, transformación y almacenamiento de materiales.

Flujo: es la tasa de flujo de masa, la cual corresponde a la proporción de masa por unidad de tiempo que fluye a través de un conductor. La unidad física de un flujo debe ser dada en unidades de kg/s o ton/año. Los flujos de materiales que entran en un proceso se denominan entradas, mientras que los que salen se llaman salidas.

Sistema y límites del sistema: comprende un conjunto de flujos de materiales, stocks y procesos dentro de un límite definido. El sistema más pequeño posible consiste en un solo proceso. El límite del sistema se define en el espacio y el tiempo. Puede consistir en fronteras geográficas (región) o límites virtuales (por ejemplo, hogares privados, incluidos los procesos que prestan servicios al hogar privado, como el transporte, la recolección de desechos y el sistema de

alcantarillado). Los límites del sistema deben definirse de tal manera que las vías de los materiales se cubran desde la cuna (explotación) hasta la tumba (sumidero final para el material).

Procedimientos dentro del análisis de flujo de materiales: Un análisis de flujo de materiales está formado por una gran cantidad de pasos. De manera general, se inicia con la definición de un problema, se seleccionan las sustancias relevantes y sistemas de límites apropiados, procesos y bienes. Posteriormente se analizan los flujos de masas y los resultados se presentan de manera clara y adecuada de modo que se puedan visualizar conclusiones y facilitar la implementación de decisiones orientadas. Es importante notar además, que estos procedimientos no se implementan precisamente en pasos estrictamente consecutivos, debido a que estos procedimientos deben ser optimizados de manera iterativa.

Lo anterior se describe a través de la siguiente figura:

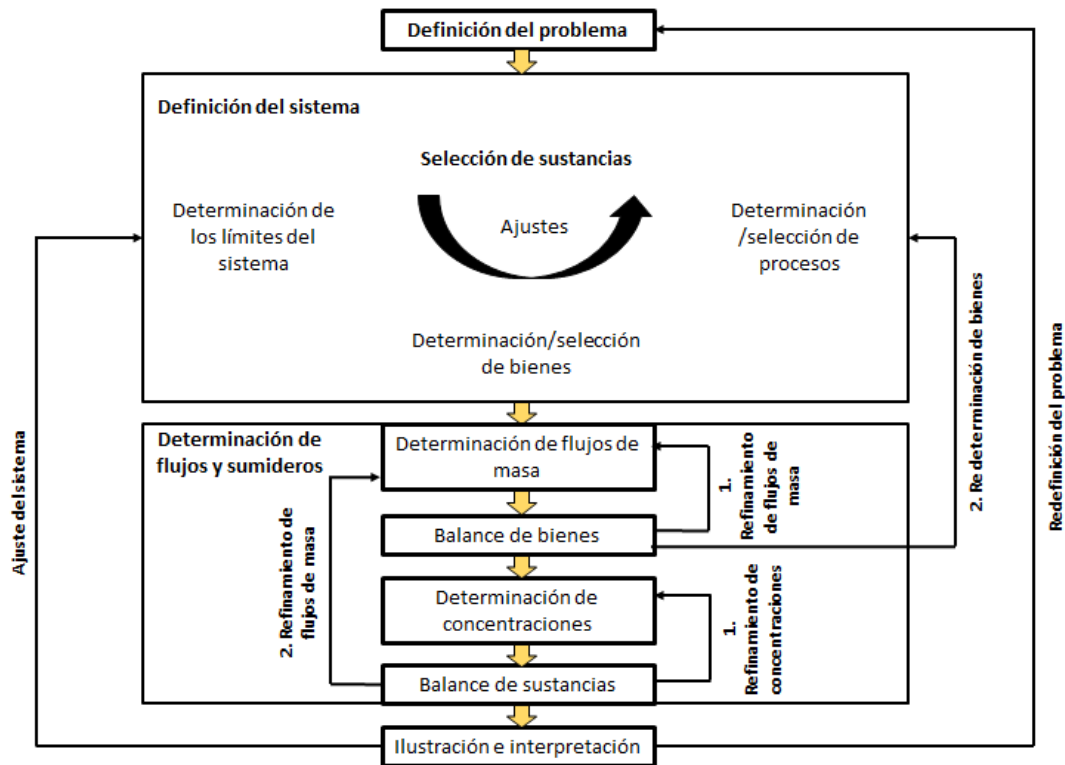


Figura 3.1.

Figura 3.1. Procedimiento para la realización del AFM. Tomado de: Brunner, P., Rechberger, H. (2004).

Por otra parte, la figura 3.2 permite visualizar específicamente un ejemplo de un diagrama o sistema de análisis de flujo de materiales:

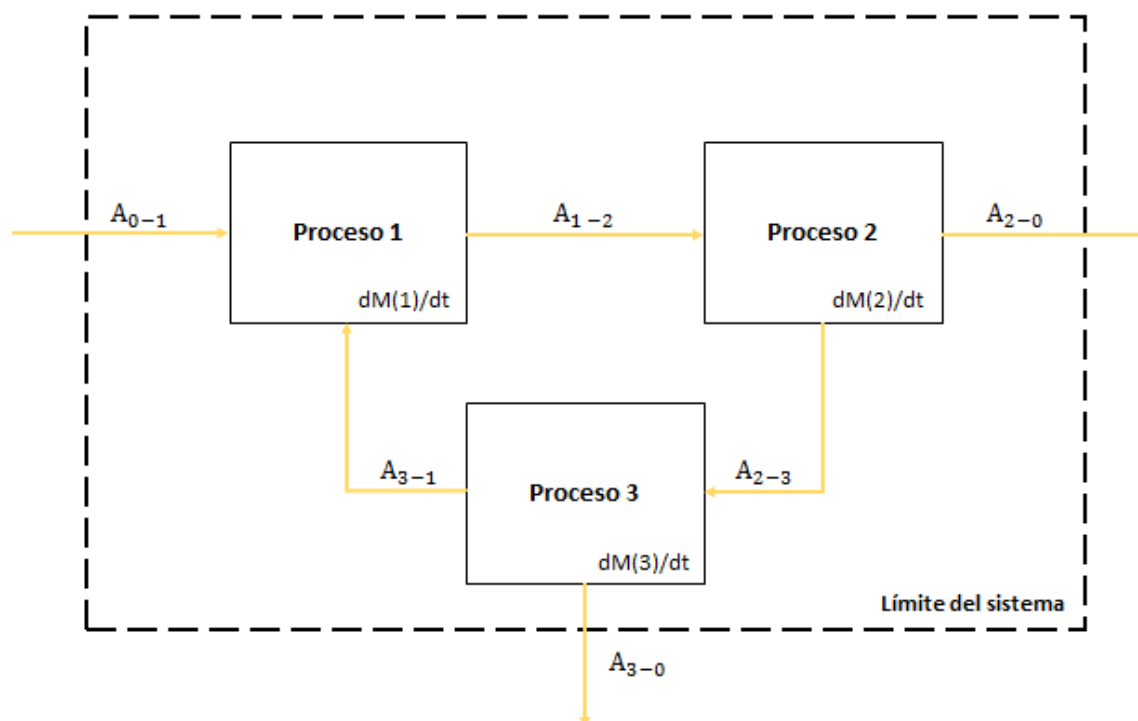


Figura 3.2.

Figura 3.2. Sistema de análisis de flujo de análisis de flujo de materiales (AFM). Nota Fuente: Montangero, A. (2006).

En la figura 3.2 los procesos están representados por los recuadros, y las flechas indican la dirección del movimiento de los flujos. Las variables del sistema del AFM son:

$\frac{dM_i^j}{dt}$ = Cambio en la tasa de materiales de reserva i en un proceso j .

$A_{i,j-s}$ = Flujo de masa de una sustancia i , de un proceso j a un proceso s .

Debido a la ley de la conservación de la materia, los resultados del AFM pueden ser controlados por un simple balance de masas, comparando las entradas de los materiales, el crecimiento de sumideros o existencias y las salidas de los mismos, con los resultados de una gestión adecuada de procesos (Caniato, Vaccari, & Zurbrügg, 2014).

La estrategia de AFM permite analizar todo el sistema de manejo de residuos de una municipalidad permitiendo identificarlas medidas que promuevan la minimización de los mismos y revelar las oportunidades potenciales de para el reciclaje o reúso de materiales (Owens, 2008). Esta información es crucial en la selección de flujos de residuos que se adecúen de mejor manera a una tecnología de reciclaje/tratamiento y a su vez, en el planeamiento y diseño de otras alternativas de tratamiento. Esta herramienta, a su vez, pone de manifiesto las prácticas existentes de disposición y los mecanismos de tratamiento de tal manera que se puedan identificar medidas

para sus respectivas reformas. Así mismo, permite señalar los vacíos existentes y los potenciales vínculos de mejora de la eficiencia en la cobertura del servicio de recolección de residuos sólidos.

4. METODOLOGÍA

La metodología para realizar este estudio utiliza investigación tanto cuantitativa como cualitativa la cual se describirá a continuación.

4.1 DESCRIPCIÓN DEL LUGAR

La presente investigación fue realizada en el distrito de Guápiles, localizado en el cantón de Pococí, provincia Limón. El cual poseía una cantidad aproximada de 36 469 habitantes y 10 787 viviendas ocupadas al año 2011 de acuerdo con el censo realizado por el INEC. Cabe mencionar que al momento de realizado tal censo el distrito de Guápiles y el ahora distrito de la Colonia, constituían uno solo. A continuación se presenta una figura que ilustra la ubicación del distrito:

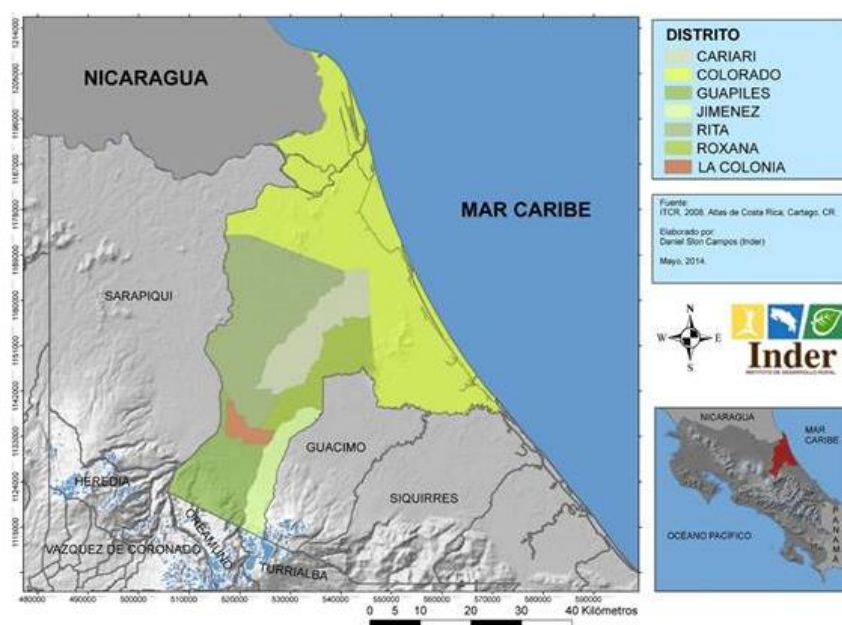


Figura 4.3. Ubicación del territorio de Pococí y sus respectivos distritos. Fuente: Inder

4.2 ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL SECTOR RESIDENCIAL

Rutas de recolección

Primeramente, se revisó la sectorización que maneja la Unidad Técnica de Gestión Ambiental Municipal (UTGAM), la cual es utilizada para la recolección de residuos sólidos del distrito en los diferentes días de la semana. El horario de tales rutas es el siguiente:

Cuadro 4.2. Horario de Recolección de Residuos Sólidos del distrito de Guápiles. Tomado del PMGIR-Pococí (2017-2022).

Día	Sectores por distrito atendido
Lunes	Coopevigua 1, Barrio Los Maderos y La Ardillita, El Cuadrante, ASEMBIS, Barrio Santa Cecilia, La Regional y Calle Almendros, y Guápiles centro con Calle Fruta Pan, Calle Más x Menos y Calle INS.
Martes	Barrio Pinares, Calle Vargas, Santa Clara y Hotel Talamanca, y Guápiles centro con Calles Aeropuerto, Calle Camino al Cielo y Calle Jardín.
Miércoles	Coopevigua 2 y 3, Convoy, Hogar de Ancianos. Los Doctores, La Trocha, Campos verdes, Barrio Doctores, Bloquera Paniagua, Pista 32, La Urba, Barrio Sinaí, Los Ángeles, Llamas del Bosque, La Emilia, Barrio Los Diamantes, Polideportivo-Barrio Nájera y Guápiles centro con U Latina-Registro Civil hasta Hotel Talamanca.
Jueves	Tribunales, Sector Nuevo Guápiles, La Expo-Pococí Limpio y Guápiles centro con atención de supermercados.
Viernes	Toro Amarillo, Bovinos, Calle Tractor, Barrio Las Brisas, Calle Estándar, Barrio Jesús, Barrio Garabito, y Guápiles centro.
Sábado	Guápiles centro.

Conteo de viviendas de la muestra

Debido a que se requería seleccionar una muestra cuya cantidad de viviendas fuera representativa a las totales del distrito, se realizó una visita a la oficina de la UTGAM. Durante la visita, se recibió el permiso para realizar las rutas correspondientes al distrito de Guápiles en el camión recolector, de modo que las viviendas pudiesen ser contabilizadas por sector. Debido a que durante el día jueves se abarcan sectores únicamente comerciales, se excluyó su conteo acatando la recomendación del gestor ambiental.

A partir del recorrido realizado con los respectivos camiones recolectores, se genera el cuadro 4.3 el cual presenta la hora a la cual el camión transita cada sector comúnmente y el número de viviendas contabilizadas.

Cuadro 4.3. Horarios y viviendas contabilizadas en las rutas.

Día	Sector	Hora aproximada	Número de viviendas
LUNES	El Cuadrante	6:10 a 7 a.m.	110
	Coopevigua 1	7:10 a 8:40 a.m.	193
	Urbanización Zurquí	9:00 a 9:20 a.m.	117
	Santa Cecilia	9:20 a 10:00 a.m.	56
	Los Almendros	10:00 a 10:25 a.m.	62
	Santa Clara	6.15 a 7:30 a.m.	259
	Pinares	7:30 a 9:20 a.m.	316
	La Emilia	9:20 a 11:55 a.m.	345

MARTES	Calle Talamanca	12:00 a 1:10 p.m.	93
	Fruta de pan	1:20 a 2:00 p.m.	40
	Calle Vargas	2:15 a 3:00 p.m.	268
MIÉRCOLES	La Urba	6:00 a 8:00 a.m.	590
	Barrio los Ángeles	8:00 a 9:30 a.m.	215
	Coopevigua 2 y 3	5:55 a 10:35 a.m.	980
VIERNES	Garabito	5:55 a 6:35 a.m.	183
	Sector Standard	6:35 a 6:50 a.m.	44
	Barrio Jesús	6:50 a 7:30 a.m.	179
	Las Brisas	7:40 a 9:00 a.m.	175
	Toro Amarillo	6:00 a 7:50 a.m.	496

Debido a que el camión recolector en el que se contabilizaron datos el día lunes no realizó la recolección de un barrio denominado Los Maderos, el conteo de casas de habitación de este barrio se realiza posteriormente, encontrándose 439 viviendas ocupadas, las cuales se incluyen posteriormente en el estudio.

Determinación del número de muestras

Para la realización de este procedimiento se tomó como referencia la “Guía de interpretación de la metodología para la realización de estudios de generación y composición de residuos ordinarios” del programa CYMA del año 2012.

De acuerdo con la metodología, para estimar el número de viviendas en el área de estudio (N_{com}), se debe de incluir un 25% adicional para compensar una posible “no respuesta”.

Para el cálculo se utilizó la siguiente fórmula:

$$n_{viv} = \left(\frac{Z^2 * N_{viv} * \delta^2}{(N_{viv} - 1) * E^2 + (Z^2 * \delta^2)} \right) * 1,25$$

Donde:

n_{viv} = número de viviendas que incluirá la muestra

N_{viv} = número de viviendas en el área de estudio

Z = coeficiente de confianza al 95% = 1,96

δ = desviación estándar = 0,3 kg/hab/día

E = error permisible = 0,05 kg/hab/día

Debido a que el censo inicial de viviendas se realizó únicamente en sectores cuya recolección es municipal, se utilizará el dato obtenido poblacional del cuadro 4.3 más la cantidad de viviendas contabilizadas en Barrio los Maderos, teniendo un total de 5 160 viviendas.

Al sustituir en la fórmula con los datos reales, queda de la siguiente manera:

$$n_{viv} = \left(\frac{(1,96)^2 * 5160 * (0,3)^2}{(5160 - 1) * (0,05)^2 + ((1,96)^2 * (0,3)^2)} \right) * 1,25 = 168,4 = 168 \text{ viviendas}$$

Para calcular el número de viviendas por muestrear en cada barrio se realizó el siguiente proceso:

Se calculó la proporción que el número de viviendas de cada barrio representa de las 5 160 viviendas totales de Guápiles de la recolección municipal. Se multiplicó esa proporción por el número de muestras (168). De este modo, el número de muestras de cada barrio es consecuente con dicho resultado, quedando de la siguiente manera:

Cuadro 4.4. Número de muestras por sector.

Sector	Número de viviendas	Porcentaje que representa de la población total (%) ($N_x \div 5\ 160$)	Número de muestras por tomar (n_x) ($\% * 168$)
El Cuadrante	110	0,0213	4
Coopevigüa 1	193	0,0374	6
Urbanización Zurquí	117	0,0227	4
Los Maderos	439	0,0850	14
Santa Cecilia	56	0,0108	2
Los Almendros	62	0,0120	2
Santa Clara	259	0,0502	8
Pinares	316	0,0612	10
La Emilia	345	0,0669	11
Calle Talamanca	93	0,0180	3
Fruta de pan	40	0,0078	1
Calle Vargas	268	0,0519	9
La Urba	590	0,1143	19
Barrio los Ángeles	215	0,0417	7
Coopevigüa 2 y 3	980	0,1899	32
Garabito	183	0,0355	6
Sector Standard	44	0,0085	1
Barrio Jesús	179	0,0347	6
Las Brisas	175	0,0339	6
Toro Amarillo	496	0,0961	16

No obstante, debido a limitaciones de tiempo y recurso humano se planificó la recolección para 100 viviendas, quedando la distribución de viviendas de la siguiente manera:

Cuadro 4.5. Número de muestras obtenidas en campo.

Sector	Número de viviendas	Número de muestras
El Cuadrante	110	2
Coopevigüa 1	193	4
Urbanización Zurquí	117	2
Los Maderos	439	9
Santa Cecilia	56	1
Los Almendros	62	1
Santa Clara	259	5
Pinares	316	6
La Emilia	345	7
Calle Talamanca	93	2
Fruta de pan	40	1
Calle Vargas	268	5
La Urba	590	12
Barrio los Ángeles	215	4
Coopevigüa 2 y 3	980	20
Garabito	183	4
Sector Standard	44	1
Barrio Jesús	179	4
Las Brisas	175	4
Toro Amarillo	496	10
Total de viviendas	5 160	104

Debido a que se realizó una recolección de una cantidad de muestras menor a la recomendada por la metodología, se procedió a realizar una prueba t-student para dos muestras independientes en Minitab. Esta prueba paramétrica compara las medias de dos grupos independientes para determinar si hay evidencia estadística de que las poblaciones asociadas son significativamente diferentes entre sí (Kant State University, 2018).

Prueba T para dos muestras

Para poder determinar si la diferencia entre las medias de la población posee una diferencia significativa, es preciso realizar una comparación del valor de p resultante de la prueba con el valor de significancia. Este valor de significancia suele tomarse como $\alpha=0,05$ y funciona adecuadamente para determinar que existe un riesgo igual al 5% de concluir que existe una diferencia significativa cuando no la hay. De manera que las hipótesis son las siguientes:

H_0 : no existe diferencia significativa entre las medias: $\mu_1 - \mu_2 \neq 0$

H_1 : existe diferencia significativa entre las medias: $\mu_1 - \mu_2 = 0$

Los resultados fueron extraídos de la prueba realizada en Minitab 17 y se muestran a continuación:

Cuadro 4.6. Resultados de la prueba de T para dos muestras.

Metodología	N (número de datos)	Media	Desviación estándar	Error estándar de la media
1	20	8,35	7,44	1,7
2	20	5,20	4,67	1,0

Valor de T resultante: 1,60

Valor de P= 0,119

La muestra dio como resultado un valor de p mayor al valor de significancia ($p = 0,119 > 0,05$), aceptándose la hipótesis nula antes escrita. Por lo anterior, se puede afirmar con un 95% de confianza que no existe diferencia significativa entre las medias de las muestras y se procede a tomar el número de muestras, que por recursos disponibles es posible realizar.

Logística de la toma de las muestras

A partir del lunes 27 de noviembre y hasta el viernes 1° de diciembre de 2017, se realizaron los recorridos respectivos en un camión perteneciente a la Unidad de Gestión Ambiental. El recorrido comenzaba entre las 6 y 6:30 a.m., anticipando en la medida de lo posible el paso del camión recolector por los sectores. Debido a lo anterior era esencial contar con la hora en la que el camión abarcaba cada uno de ellos en el recorrido inicialmente realizado.

Selección y toma de las muestras en campo

Las muestras fueron seleccionadas de manera aleatoria. Para el día lunes se utilizó un cuadro de números aleatorios. No obstante, seleccionar las viviendas que se indicaban en el cuadro, contabilizarlas y a la vez recolectar las bolsas de los residuos, resultó complejo por lo que, a partir del día martes 28 de noviembre se realizó una metodología distinta. Previo al recorrido se seleccionaban las viviendas a través de una imagen satelital del sector. Esta selección se encontraba sujeta a barreras como el no encontrar las bolsas de los residuos fuera de la vivienda, sin embargo, fue una situación que se presentó en pocas ocasiones.

De manera tal que el resultado de viviendas seleccionadas se muestra en la siguiente figura:



Figura 4.4. Ubicación de muestras seleccionadas en campo de El Cuadrante y Coopevigüa 1 respectivamente.

Siguiendo la metodología anteriormente mencionada, fue posible seleccionar las viviendas como se puede ver en el apéndice 1.1.

Proceso de caracterización de los residuos sólidos

El estudio de caracterización de los residuos se realizó en el Plantel Municipal de la Municipalidad de Pococí, en un espacio techado. Se utilizaron dos mesas plásticas de 2 m x 1m forradas con bolsas plásticas para realizar el proceso de clasificación de los residuos, los cuales fueron depositados en estaciones de acuerdo a la categorización seleccionada para este estudio, recomendada en la “Guía de interpretación de la metodología para la realización de estudios de generación y composición de residuos ordinarios” del programa CYMA del año 2012. Esta categorización es la siguiente:

- Orgánico
- Papel y cartón
- Plástico
 - Envases plásticos (botellas y frascos plásticos)
 - Otros plásticos reciclables (bolsas, empaques y piezas plásticas)
- Vidrio
 - Botellas transparentes, ámbar y verdes
 - Vidrio plano
- Aluminio/hojalata
- Otros metales (chatarra)
- Poli laminados (Tetrabrik)
- Residuos peligrosos (cepillos de dientes, preservativos, venenos, jeringas)
- Electrónicos
- Sanitarios (papel higiénico, pañales, toallas femeninas)
- Ordinarios no valorizables (empaques con recubrimiento de aluminio, pajillas, servilletas)

Posteriormente se tomaba el peso diario de los residuos debidamente clasificados con una báscula digital, se anotaban y se depositaban nuevamente en el camión recolector al finalizar el estudio.

Así mismo, se contó con la participación de 6 estudiantes de la UNED, del grupo recreativo Bradypus, para realizar la separación de materiales. La Municipalidad de Pococí entregó equipo de seguridad el cual fue el siguiente:

- Delantales largos
- Guantes largos
- Guantes cortos colocados internamente
- Mascarillas

Adicional a esto se contó con equipo de limpieza para asear el área de trabajo.



Figura 4.5. Proceso de caracterización del sector residencial.

4.3 ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL SECTOR COMERCIAL

Tal como se realizó en el sector residencial, se utilizó la “Guía de interpretación de la metodología para la realización de estudios de generación y composición de residuos ordinarios” del programa CYMA del año 2012.

Determinación del número de muestras

De acuerdo con la metodología, para estimar el número de comercios en el área de estudio (N_{com}), se debe de incluir un 25% adicional para compensar una posible “no respuesta”.

Para el cálculo se utilizó la siguiente fórmula:

$$n_{com} = \left(\frac{Z^2 * N_{com} * \delta^2}{(N_{com} - 1) * E^2 + (Z^2 * \delta^2)} \right) * 1,25$$

Donde:

n_{com} = número de comercios que incluirá la muestra

N_{com} = número de comercios en el área de estudio

Z = coeficiente de confianza al 95%= 1,96

δ = desviación estándar = 0,5 kg/hab/día

E = error permisible = 0,15 kg/hab/día

Para determinar el número de comercios totales, se contó con una lista de todos los comercios patentados del distrito de Guápiles. Este documento fue facilitado por parte de la Municipalidad de Pococí y su Departamento de Catastro.

Al sustituir en la fórmula con los datos reales, queda de la siguiente manera:

$$n_{com} = \left(\frac{(1,96)^2 * 1517 * (0,5)^2}{(1517-1) * (0,15)^2 + ((1,96)^2 * (0,5)^2)} \right) * 1,25 = 51,96 = 52 \text{ comercios}$$

Selección de la muestra

La lista del número total de comercios se introdujo en el programa estadístico Minitab para poder seleccionar la muestra de los 52 comercios, los cuales se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 4.7. Lista de los comercios obtenidos en Minitab de manera aleatoria.

Tipo de comercio	Número de comercios
Sodas	2
Agencia de repuestos y similares	3
Imprenta	1
Café internet	1
Almacén de ventas al por mayor y detalle	1
Salones de belleza	3
Centro musical	1
Tienda de ropa	4
Acuario	1
Tienda de calzado	2
Farmacias y botiquines	1
Venta de batidos de frutas	1
Restaurante	4
Servicio sanitario	1
Tienda	2
Puesto para venta de lotería	1
Servicios no clasificados	1
Oficina recaudadora	1
Librería	2
Macrobiótica	1
Pulpería	1
Talleres mecánicos	1
Mini súper	1
Oficina postal	2

Almacenes generales	1
Casa de videos	1
Supermercados	1
Bazar	1
Centro deportivo	1
Librería y bazar	1
Heladerías	2
Pizzería	1
Verdulería	1
Panadería	1
Taller reparación calzado	1
Talabartería	1

La categorización del tipo de comercio se realizó con base en la clasificación manejada por el departamento de catastro municipal encontrado en el documento facilitado.

Divulgación a comercios seleccionados

Posterior a la selección de comercios se realizó una notificación firmada por la Unidad Técnica de Gestión Ambiental Municipal (UTGAM) en donde se explicaba la selección del comercio de manera aleatoria, información adicional sobre el objetivo del estudio y las fechas para realizarlo. Se visitó comercio por comercio y se entregó y explicó el contenido de la carta. En cada visita se preguntó sobre los días en los que cada comercio sacaba sus residuos y la hora. A partir de esta información realizó un cronograma de visita a cada comercio según la hora acordada con cada uno de ellos. De esta manera el cronograma abarcaba una recolección semanal de lunes a sábado.

Así mismo, cabe destacar que esta parte de la caracterización se realizó en dos etapas, dividiendo el número de comercios entre dos, trabajando el mes de febrero y el mes de mayo del año en curso, durante una semana completa respectivamente.

Logística de recolección de la muestra y trabajo de campo

Se trabajó de lunes a sábado a partir de las 8:30 a.m. Las bolsas de los residuos sólidos fueron etiquetadas en cada recolección para realizar el estudio por tipo de comercio. Los residuos fueron llevados al Plantel Municipal en donde estudiantes del grupo recreativo Bradypus de la UNED colaborarían en el proceso de estudio de composición. Nuevamente, la Municipalidad de Pococí dotó el equipo de protección personal necesario así como implementos de limpieza solicitados.

Debido a dificultades mecánicas que se presentaron con la unidad de recolección municipal destinada a la recolección de los residuos durante la recolección del mes de mayo, se logró realizar la recolección de 24 comercios en vez de los 27 faltantes para completar los 52 comercios que arrojaba la muestra. Lo anterior, obligó a realizar el muestreo un mínimo de 3 veces a la semana para aquellos comercios que sacaran sus residuos diariamente, en vez de los 6 días que

recomienda la metodología empleada. Los 3 comercios faltantes corresponden a 2 de los restaurantes descritos en el cuadro anterior, y una talabartería.

Proceso de caracterización de los residuos sólidos

El estudio de caracterización de los residuos se realizó en el Plantel Municipal de la Municipalidad de Pococí, empleando los mismos recursos y categorización de residuos que en el proceso de caracterización del sector residencial.

En la primera parte del proceso de caracterización realizado en el mes de febrero del presente año, se empleó una báscula digital provista por la Municipalidad de Pococí. No obstante, la misma no presentaba un nivel de sensibilidad adecuado puesto que no detectaba la masa de los residuos de algunos comercios. Debido a lo anterior, para el segundo proceso de caracterización se contó con una más sensible y además de ello con una balanza electrónica portable.

4.4. IDENTIFICACIÓN DEL ESTADO ACTUAL EN EL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS Y SU DESTINO FINAL

4.4.1 ENCUESTAS REALIZADAS AL SECTOR RESIDENCIAL Y COMERCIAL

Previo a la aplicación definitiva de las encuestas se realizó una prueba inicial, la cual consistió en la aplicación de 18 de ellas en el barrio llamado Urbanización Zurquí. Este proceso se realizó para corroborar que la herramienta fuese comprensible y estuviese planteada correctamente. A partir de ahí, se descubrieron deficiencias en el contenido de la encuesta que fueron posteriormente corregidas. Para la aplicación de definitiva se contó con la participación de 14 estudiantes de la UNED. Previo al proceso de realizar el trabajo de campo, se coordinó una capacitación con la totalidad de los estudiantes, donde se les explicó a profundidad cada pregunta y el correcto llenado del formulario tanto en físico como en su formato online.

Al realizar el trabajo de campo se decidió acompañar a los estudiantes que demostraron una menor experiencia en la realización de encuestas o un desconocimiento de las comunidades del distrito de Guápiles. Así mismo, previo a que ellos dieran inicio se decidió hacer las 5 primeras encuestas para que los estudiantes entendieran mejor el manejo del formulario y el lenguaje más adecuado que invitara al encuestado a brindar información veraz.

Posterior al llenado de los formularios en físico se procedió a transcribir las encuestas una a una al formulario online de Google, para la obtención de gráficas de análisis de resultados.

Revisión de literatura

Los llamados “stocks” o existencias de materiales, representan un aspecto de gran relevancia al realizar un inventario urbano que requiere un AFM. Estos stocks son una fuente potencial a largo plazo de grandes flujos de contaminación en el ambiente. La alta tasa de consumo en las ciudades ha llevado a que estos stocks a la vez descarguen cantidades de materiales apenas perceptibles en el agua, aire y suelo. Por lo anterior es de gran importancia medirlos e identificar su ubicación,

para controlar su generación y a la vez evaluar posibilidades de reúso (Brunner & Rechberger, 2016). Según los mismos autores, cuando el recurso económico es limitado en la realización de un AFM, los flujos y stocks de materiales se miden preferiblemente a partir de sistemas pequeños como lo son las viviendas privadas o una empresa. Partiendo de esta premisa, se planifica la realización de entrevistas en casas y comercios, “puerta por puerta”.

Por otra parte, según Giesen, Meertens, Vis-Visschers, & Beukenhorst (2012) al realizar encuestas se recomienda formular preguntas breves, con un lenguaje comprensible y que pueda adaptarse a poblaciones heterogéneas en términos de comprensión del lenguaje. Por lo anterior, para las encuestas se decidió emplear un vocabulario sencillo a través de preguntas concisas.

Para la medición de las respuestas se utilizaron preguntas con escala de Likert de 5 puntos. De esta manera se ofreció al entrevistado la posibilidad de contar con una cantidad suficiente de opciones para escoger (Johns, 2010).

Contenido de las encuestas

- Sector residencial

Los datos deseados se obtuvieron de la siguiente información solicitada:

- Ubicación de la vivienda encuestada dentro del distrito de Guápiles.
- Número de habitantes, tipo de servicio de recolección recibido, percepción del mismo.
- Prácticas realizadas dentro de la vivienda tales como: entierro de materiales orgánicos e inorgánicos, quemados, descargas a cuerpos de agua, lotes baldíos, separación para el reciclaje. Teniendo el conocimiento de las prácticas realizadas de manera individual por cada vivienda se pretendía identificar los stocks y los flujos de los mismos.
- Tipo de materiales separados o en su defecto, razones por las cuales no se realiza una separación de residuos en tales viviendas. De acuerdo con Vassanadumrongdee & Kittipongvises (2017), existen aspectos que determinan el que una persona realice o no la separación de sus residuos, tales como: conocimiento de los impactos negativos que ocasionan los residuos sólidos al ambiente, percepción del esfuerzo y tiempo requerido para separar los residuos, acceso a puntos de recolección de residuos, nivel de confianza en el sistema de recolección de residuos, instrucciones claras de cómo realizar la separación, divulgación por parte de el (los) ente (s) competente (s) acerca de la existencia de campañas de recolección, entre otros. Por lo anterior, la encuesta realizada incluía tales variables en caso de que la entrevistada o el entrevistado no separara sus residuos valorizables.

- Sector comercial

Para la aplicación de las encuestas de este sector se contó con el apoyo de estudiantes de la UNED y 2 estudiantes de la Universidad de Costa Rica (UCR). Se les explicó a los estudiantes su contenido debido a que el cuestionario para este sector tuvo variaciones con respecto al formulario del sector residencial.

El cuestionario preparado fue discutido con el gestor ambiental Lic. Fabián Delgado con el objetivo de incluir preguntas que fueran importantes para el departamento de gestión ambiental entre las cuales se incluyeron: preguntas relativas al conocimiento del comerciante del Plan Municipal de Gestión Integral de Residuos (2017-2022) y del Reglamento para el Manejo Integral de los Residuos Sólidos del Cantón de Pococí. Así mismo, se añadieron preguntas para establecer el grado de conocimiento de estos documentos en este sector, y a su vez, generar sensibilización en temas de separación de residuos sólidos para el reciclaje.

En el apéndice 2.1 se encuentra el formato de las encuestas realizadas.

Cálculo de número de encuestas

El distrito de Guápiles se dividió en 6 zonas según su ubicación geográfica para la aplicación de las encuestas, las cuales son:

1. Guápiles centro (4266 viviendas, parte de las viviendas contabilizadas previamente en campo)
2. Palma Dorada, Barrio San Miguel, Barrio Cacique, Los Sauces, Caribbean (estimado de 568 viviendas, dado por el recolector privado de residuos tradicionales y vecinos del lugar)
3. Barrio Jesús, Calle Standard, las Brisas, Toro Amarillo (894, parte de las viviendas contabilizadas previamente en campo)
4. Bella Vista (723 viviendas, dato brindado por la ASADA del lugar)
5. Buenos Aires (302 viviendas, dato brindado por la ASADA del lugar)
6. La Unión y la Marina (805 viviendas, dato brindado por la ASADA del lugar).

Para determinar un número de encuestas que fuese representativa para ambos sectores, se utilizó la siguiente fórmula estadística:

$$n = \frac{Z^2 * (p * q)}{e^2 + \left(\frac{Z^2 * (p * q)}{N} \right)}$$

En donde:

n = tamaño de la muestra a calcular

N = tamaño de la población

Z = desviación del valor medio aceptado según el nivel de confianza deseado = 2,575

e = margen de error = 5%

p = proporción de la población con la característica deseada (éxito) = 0,5 cuando no se tiene información de lo esperado

q = proporción de la población sin la característica deseada (fracaso) = 0,5 cuando no se tiene información de lo esperado.

Con lo anterior se obtienen los resultados siguientes:

- *Sector residencial:*

$$n = \frac{2,575^2 * (0,5 * 0,5)}{0,05^2 + \left(\frac{2,575^2 * (0,5 * 0,5)}{7558} \right)} = 608 \text{ viviendas}$$

- *Sector comercial:*

Debido a que la mayor concentración de comercios se ubica en el centro de Guápiles, se decide obtener la muestra a partir de los comercios existentes en esta área (1390) y no de los comercios totales del distrito (1517). La cantidad de comercios se obtuvo a partir de información suministrada por el de Departamento de Catastro de la Municipalidad de Pococí. Además de esto, se decide trabajar en esta ocasión con un porcentaje de confianza de 95%, más bajo que el caso anterior. Esto debido a que se prevé que la realidad del sector comercial será similar en un espacio tan reducido como el centro. De modo que el resultado del número de encuestas por realizar queda de la siguiente manera:

$$n = \frac{1,96^2 * (0,5 * 0,5)}{0,05^2 + \left(\frac{1,96^2 * (0,5 * 0,5)}{1390} \right)} = 301 \text{ comercios}$$

Cálculo de número de encuestas por comunidad

- *Sector residencial*

Para calcular el número de encuestas por aplicar en cada una de las zonas se realizó el siguiente proceso:

Se calculó la proporción que el número de viviendas de cada zona representa de las 7558 viviendas totales de Guápiles. Se multiplicó esa proporción por el número de muestras (608). De este modo, el número de muestras de cada zona es consecuente con dicho resultado, quedando de la siguiente manera:

Cuadro 4.8. Número de encuestas por aplicar para cada sector.

Zona	Número de viviendas de la zona (N_x)	Porcentaje que representa de la población total (%) (N_x÷7558)*100	Número de encuestas por aplicar (n_x) (%*608)
Guápiles centro	4266	56,44	343

Barrio Jesús y otros barrios	894	11,83	72
Palma Dorada y otros barrios	568	7,52	46
Buenos Aires	302	4	24
La Unión y La Marina	805	10,65	65
Bella Vista	723	9,57	58

- *Sector comercial*

Para la aplicación en campo de las encuestas se decide recorrer la totalidad de comercios ubicados en el centro del distrito debido a que es en este lugar donde la concentración es mayor. Allí se solicitó a cada comercio la posibilidad de hablar con la gerencia o con él o la encargada, debido a que temas como capacitaciones y charlas deben ser aprobadas por estas personas. Una vez realizadas las encuestas, se llenaron y procesaron en el formulario online de Google.

4.4.2 ENTREVISTAS REALIZADAS A GESTORES DE RESIDUOS SÓLIDOS

Revisión de literatura

Una forma de evaluar la eficiencia global de un sistema de gestión de residuos sólidos, es midiendo y analizando el desvío que estos van tomando en un lugar en específico. Un ejemplo de tales desvíos lo brindan prácticas como el reciclaje y el vertido a un sitio de disposición final, entre otras (Zaccariello, Cremiato, & Mastellone, 2015). Partiendo de esta premisa, fue necesaria la identificación de la mayor cantidad posible de gestores de residuos sólidos dentro del distrito, que participaran tanto en la recolección de residuos sólidos ordinarios como valorizables. Se contó con la lista de gestores autorizados que recibieran y/o recolectaran residuos valorizables del distrito de Guápiles, la cual fue posible encontrar en la página web del Ministerio de Salud. Además de estos gestores, se entrevistó a la Municipalidad de Pococí y a un segundo gestor de residuos sólidos ordinarios que opera de manera informal para determinar también el estado actual de manejo de este tipo de residuos.

El contenido y formato de las entrevistas fue revisado por Dra. Lilliana Abarca Guerrero. El contenido de las preguntas realizadas según el tipo de gestor entrevistado se presenta a continuación.

Recolección de residuos sólidos valorizables:

- Datos generales del entrevistado y de la empresa a la cual pertenece
- Acuerdo de confidencialidad

- Número de viviendas y comercios que se benefician con este tipo de recolección, así como información de cantidades estimadas. Estas preguntas se realizaron con la finalidad de obtener la proporción de residuos sólidos recolectados por sector y así determinar los flujos de estos respectivos desvíos.
- Así mismo, se consultó acerca de las rutas o procesos por los que pasan los residuos sólidos una vez recolectados por estos gestores. De esta manera, se da un seguimiento aún mayor del flujo de los residuos y se obtiene información acerca de los procesos de transformación que estos sufren dentro o fuera del país.
- Preguntas acerca del conocimiento de otros gestores autorizados o informales que realicen funciones similares. De esta manera se logra obtener mayor información de posibles gestores que operan en el distrito, obteniendo así una mayor trazabilidad del flujo de los residuos sólidos destinados al reciclaje.

Los gestores entrevistados fueron: la Municipalidad de Pococí, gestor de residuos privado y anónimo, Phoenix Reciclaje de Costa Rica, Plataforma Internacional Real, Recicladora la Esquina, Reciplanet, una estación de recepción de residuos valorizables, Hogar Betel, Reciclo Metálico Pococí y a don José Joaquín Rivera López, recolector informal.

Recolección de residuos sólidos ordinarios

Ante la existencia en el distrito de tres gestores encargados de la recolección de este tipo de residuos (la Municipalidad de Pococí, y dos servicios de recolección informal), fue de interés adquirir información relevante a los distritos o comunidades que abarca cada gestor, así como la cantidad de viviendas y comercios atendidos y una estimación de sus cantidades recolectadas por semana. De esta manera se logró estimar una proporción entre los gestores y determinar las cantidades de los flujos respectivos. Además, para determinar la situación actual de la forma en la que cada uno opera, se les preguntó en algunos casos parte de los retos enfrentados en el proceso de recolección de los residuos. Debido a un acuerdo de confidencialidad con el gestor informal entrevistado, se conocerá su nombre como “Informal 1” a lo largo de este trabajo de investigación.

La información dada por cada gestor relativo a las cantidades de residuos sólidos se pudo conocer de una manera más exacta al contar con una base de datos del año 2017. Se proporcionaron datos de todos los pesos de residuos sólidos que llegaron al sitio de disposición final ese año, según los recorridos específicos que cada uno de ellos realizó. Esta información fue brindada por la Corporación Tecnológico Magallanes S.A., empresa propietaria del Relleno Sanitario Los Laureles a través de la Municipalidad de Pococí.

En el apéndice 2.2 se encuentran los formatos de las entrevistas realizadas.

4.4.3 PARTICIPACIÓN ACTIVA EN CAMPAÑAS DE RECUPERACIÓN DE RESIDUOS PARA EL RECICLAJE

Se trabajó en la recepción y clasificación de materiales en las campañas realizadas en la Casa de la Cultura ubicada en el distrito de Guápiles. Se trabajó en conjunto con instituciones como la Municipalidad de Pococí, Universidad Nacional Estatal a Distancia (UNED), Cruz Roja (comité auxiliar de Guápiles), Universidad de Costa Rica y el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA). Se llevó un registro de 8 meses de los residuos recolectados en colaboración con el centro de acopio Reciplanet HCH, quienes recolectan y pesan los residuos clasificados mes a mes.

4.5 ALIANZAS PÚBLICO-PRIVADAS

Para determinar la posibilidad en la creación de alianzas público-privadas entre los diferentes gestores de residuos sólidos ordinarios con la Municipalidad de Pococí, se realizó una entrevista con el gestor Informal 1. Posterior a dicha entrevista, se realizó una entrevista dirigida al gestor ambiental municipal. Estas entrevistas utilizaron información de un resumen elaborado por Abarca (2018), basado en una herramienta de la UNDP llamada Toolkit for Pro-Poor Municipal PPPs (2017). La información extraída se basó en establecer el tipo de relación existente en la actualidad entre el gobierno local y el gestor informal, la percepción de cada uno de ellos de una alianza o convenio exitoso, y las metas comunes de ambos gestores al realizar las labores de recolección de residuos, entre otros.

La información completa de las entrevistas puede encontrarse en el apéndice 3.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

Sector residencial

Para hacer posible el manejo integral de los residuos sólidos en una comunidad, es preciso contar con información veraz y actualizada de su generación y composición. Estos estudios de caracterización permiten evaluar el cumplimiento de la legislación nacional costarricense y el desempeño y puesta en práctica del Plan Municipal de Gestión de los Residuos Sólidos de cada cantón. Por su parte, la Ley para la Gestión Integral de Residuos (ley N° 8839) de nuestro país, tiene como uno de sus objetivos promover estos estudios, de manera que la planificación en la gestión de los residuos sólidos sea integral y permita su cuantificación a nivel país (CYMA, 2012).

Por lo anterior se realizó un estudio de caracterización del sector residencial durante una semana, obteniéndose los resultados que se presentan en la figura 5.1:

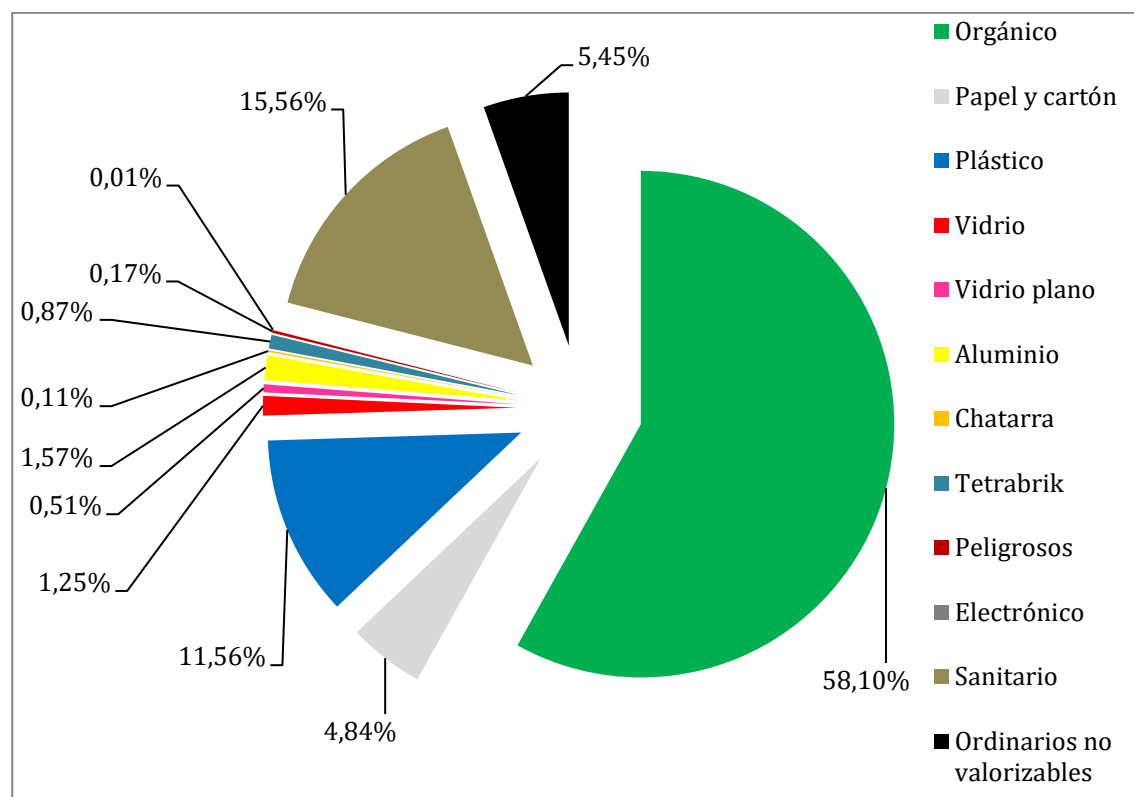


Figura 5.6. Composición porcentual de residuos sólidos urbanos.

Como resultado del análisis de las 104 casas seleccionadas, se recolectaron 1,03 toneladas de residuos sólidos, observándose que no hubo separación de residuos sólidos para el reciclaje. Se obtuvo un índice de generación per cápita de residuos sólidos por día (GCD):

$$GCD_{viv} = \frac{1\,033\,kg}{104\,viv * 3,4\,\frac{hab}{viv} * 7\,días} = (0,42 \pm 0,05) \frac{kg}{hab.\,día}$$

Como es posible observar en la figura 5.6, la composición de los residuos en este sector corresponde primordialmente a la fracción orgánica, los cuales representan un 58,10%. Este porcentaje se traduce en 0,6 toneladas. Este resultado confirma lo indicado por Bobeck (2010), quien indica que el flujo de los residuos sólidos provenientes de países en vías de desarrollo, están conformados mayoritariamente por residuos orgánicos y biodegradables, incluidos los residuos del jardín.

Utilizando el dato de 5 160 viviendas contabilizadas en el campo, se puede proyectar en total una generación de casi 30 toneladas semanales de residuos orgánicos en el centro del distrito, tal y como se muestra a continuación:

$$\frac{0,6\,\frac{ton}{sem} * 5\,160\,viviendas}{104\,viviendas} = 29,77\,\frac{ton}{sem}$$

De igual forma en la figura 5.6, se puede determinar que un 20,21% corresponde a materiales valorizables, incluyendo los residuos electrónicos y chatarra. Los residuos electrónicos se incluyen dentro del 20,21%, debido a que la Municipalidad de Pococí ofrece la posibilidad de recolectarlos en las campañas mensuales, así como durante el servicio puerta a puerta a casas, comercios e instituciones del cantón de Pococí. La chatarra se incluye además en ese porcentaje ya que el servicio de recolección es brindado ampliamente por el sector informal y además por las campañas de reciclaje mensuales. Se observa de la figura que tan sólo un 5,45% (0,056 toneladas) de los residuos analizados corresponden a residuos ordinarios no valorizables y un 15,56% a residuos sanitarios (0,161 toneladas). Proyectando esta cantidad a la población total contabilizada, se tendría que únicamente deberían disponerse 10,75 toneladas semanales al relleno sanitario por parte del sector residencial que recibe el servicio de recolección municipal de Guápiles. No obstante, el sector residencial atendido por la Municipalidad de Pococí, dispone un promedio de 51,60 toneladas semanales provenientes de Guápiles, demostrando una poca separación de residuos sólidos para el reciclaje.

Los resultados obtenidos en este estudio son comparables con los mencionados en el Informe de Estado del Ambiente (MINAE, 2017), en el cual se describe que de la composición de los residuos sólidos generados para el año 2017 en nuestro país, el 58% corresponde a residuos orgánicos, el 21% a papel y cartón, 11% plástico, 2% metales, 1% vidrio y un 7% corresponde a residuos ordinarios no valorizables.

Durante el desarrollo de esta investigación, se consultaron los precios reportados en el PMGIR 2017-2022, tomando como referencia los precios del centro de acopio la Esquina. Si se evalúa el porcentaje de residuos valorizables obtenido en el estudio de composición, se podría hacer una proyección de ganancias al recuperar estos residuos en un 100%, como sigue a continuación:

Cuadro 5.9. Proyección de ganancias por venta de residuos residenciales en el distrito de Guápiles.

Residuos con valor comercial	Precio en el mercado (¢/TM)	Tonelada métrica producida en el distrito (TM/año)	Proyección de ventas brutas al año (¢/año)
Papel/cartón	50 000	128,86	6 448 000
Plástico	70 000	307,60	21 556 500
Aluminio	470 000	42,09	19 716 500
Vidrio	35 000	33,25	1 164 800
Chatarra	70 000	2,86	198 800
Tetrabrik	10 000	23,20	232 200
Total			¢49 316 800

Con base en los resultados anteriores, es posible evidenciar ganancias producto de la separación de residuos de ¢49 316 800, únicamente considerando al sector residencial. No obstante la literatura sugiere que del total de los materiales generados por los habitantes de un lugar, tan sólo de un 60-80% alcanzaría a ser valorizado posterior a algún programa de capacitación ambiental (Campos & Soto, 2014), por lo que las ganancias reales se estiman sean de ¢29 590 080 a ¢39 453 440.

Sector comercial

A lo largo de las dos etapas de estudio, se tuvieron tres escenarios distintos. En algunos casos los comercios entregaban sus residuos diariamente, en ocasiones por contar con una recolección semanal entregaban un solo día a la semana, y por último debido a las dificultades mecánicas y al feriado que hubo en la segunda etapa, se realizó la medición dos o tres veces por semana para calcular un promedio y obtener la generación semanal. A continuación se presenta el cuadro con ejemplo de los escenarios antes mencionados:

Cuadro 5.10. Ejemplo de datos de cantidades semanales de residuos sólidos comerciales.

Comercio	Etapas de muestreo	Peso por día ($\pm 0,05$) kg						Total
		1	2	3	4	5	6	
Soda 1	1	64,90	29,30	28,40	26,20	33,00	32,70	214,15
Soda 2	2	30,06	N.M.	N.M.	29,80	76,37	N.M.	272,46
Supermercado	2	474,33	0	0	0	0	0	474,33

*N.M. = No hubo medición

Al obtener, a partir de las mediciones y estimaciones anteriores las generaciones semanales por comercio, es posible realizar un cálculo de la generación por comercio como sigue a continuación:

$$\frac{\text{Generación}}{\text{comercio.día}} = \frac{\text{generación total de comercios}}{\text{número de comercios}}$$

$$\frac{\text{Generación}}{\text{comercio.día}} = \frac{2\,472,77 \text{ kg}}{49 \text{ comercios} * 7 \text{ días}} = (7,21 \pm 0,05) \frac{\text{kg}}{\text{comercio.día}}$$

Con base en la información obtenida del cuadro y el cálculo anterior, y según la metodología empleada del (CYMA, 2012), es posible realizar un cálculo de la generación total por día de los comercios ubicados en el distrito tal y como se presenta a continuación:

$$G_{\text{tot.com}} = 1517 \text{ comercios} * 7,21 \frac{\text{kg}}{\text{comercio.día}} = 10\,937,57 \frac{\text{kg}}{\text{día}} = 10,94 \frac{\text{ton}}{\text{día}}$$

Siguiendo la metodología, una fracción de esta generación puede asignarse a cada habitante del área estudiada. De modo que se obtiene una generación per cápita por día (GCD_{com}) de residuos comerciales:

$$GCD_{\text{com}} = \frac{10\,937,57 \frac{\text{kg}}{\text{día}}}{3,4 \frac{\text{hab}}{\text{vivienda}} * 7558 \text{ viviendas}} = (0,43 \pm 0,05) \frac{\text{kg}}{\text{hab.día}}$$

*Es importante mencionar que el resultado anterior se expresa en términos de la mayor incertidumbre dada por la balanza utilizada en la primera etapa del estudio.

Por tanto, para realizar el cálculo de la generación per cápita total se suman las generaciones per cápita del sector residencial y comercial, como sigue a continuación:

$$GCD_{\text{tot}} = GCD_{\text{viv}} + GCD_{\text{com}}$$

$$GCD_{\text{tot}} = (0,42 \pm 0,05) \frac{\text{kg}}{\text{hab.día}} + (0,43 \pm 0,05) \frac{\text{kg}}{\text{hab.día}}$$

$$GCD_{\text{tot}} = (0,85 \pm 0,05) \frac{\text{kg}}{\text{hab.día}}$$

Con base en lo anterior la generación total por día, se estima en:

$$G_{\text{tot}} = GCD_{\text{tot}} * \text{número total de habitantes}$$

$$G_{\text{tot}} = 0,85 \frac{\text{kg}}{\text{hab. día}} * 25\,697,2 \text{ hab} = 21\,842,62 \frac{\text{kg}}{\text{día}} = 21,84 \frac{\text{ton}}{\text{día}}$$

No obstante, los resultados anteriores serán analizados en la próxima sección, para corroborar si la cantidad final es congruente con este valor.

Por otra parte, Campos y Soto (2014), sugirieron realizar el análisis de la composición de los residuos del supermercado separado del resto de los comercios. Los mismos autores explican que lo anterior se debe a las diferencias significativas que existen entre las proporciones de residuos biodegradables, y las que se desechan en comparación con los restantes comercios. A continuación se presentan los resultados:

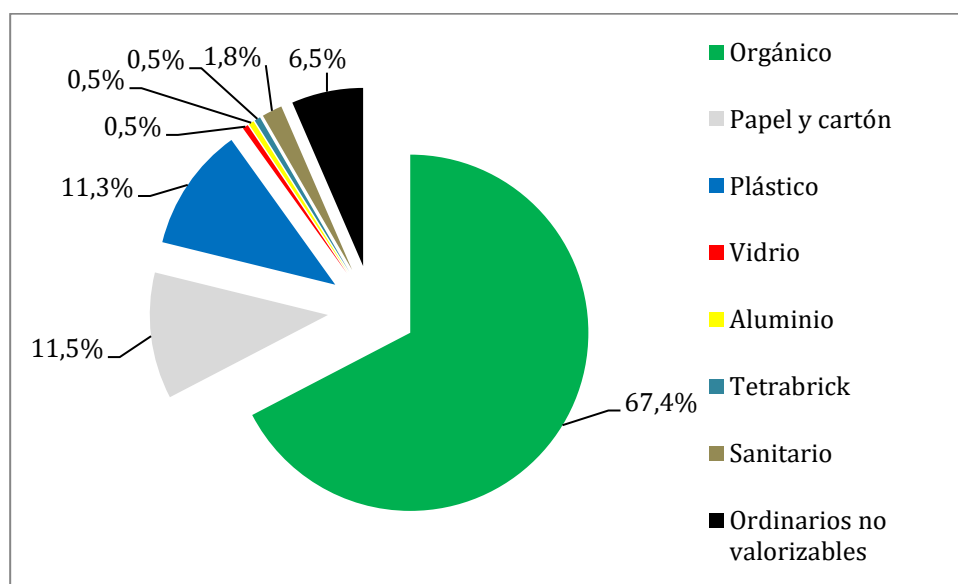


Figura 5.7. Composición porcentual de residuos sólidos del supermercado.

Como es posible observar con la figura 5.7, el 24,3% de los residuos son valorizables y un 67,4% es orgánico (lo que corresponde a 319,52 kg), el cual puede estar sujeto a recibir un tratamiento distinto (como por ejemplo compostaje) y/o en su defecto ser donado como alimento para animales (en el caso de los residuos orgánicos crudos), en vez de ser dispuestos al relleno sanitario. Este material orgánico, el cual en algunos casos se encuentran en avanzado estado de descomposición y es recolectado por el camión municipal semanalmente, causando un aumento significativo en el peso de los residuos dispuestos en el Relleno Sanitario, y además generando gran cantidad de lixiviados, que a menudo son derramados en las vías públicas, debido al mal estado de los camiones recolectores. Esta situación también entorpece el cronograma de rutas diarias establecido, ya que dicho material disminuye la capacidad de almacenamiento de los vehículos recolectores, evitando en muchas ocasiones poder terminar con la ruta programada de recolección. En total fueron recolectados 474,33 kg de residuos sólidos, de los cuales únicamente debería de ir un 8,3% (39 toneladas) al sitio de disposición final si se hiciera una buena separación de lo valorizable.

Por otra parte, se añade a continuación la figura porcentual de composición incluyendo a los 48 comercios restantes:

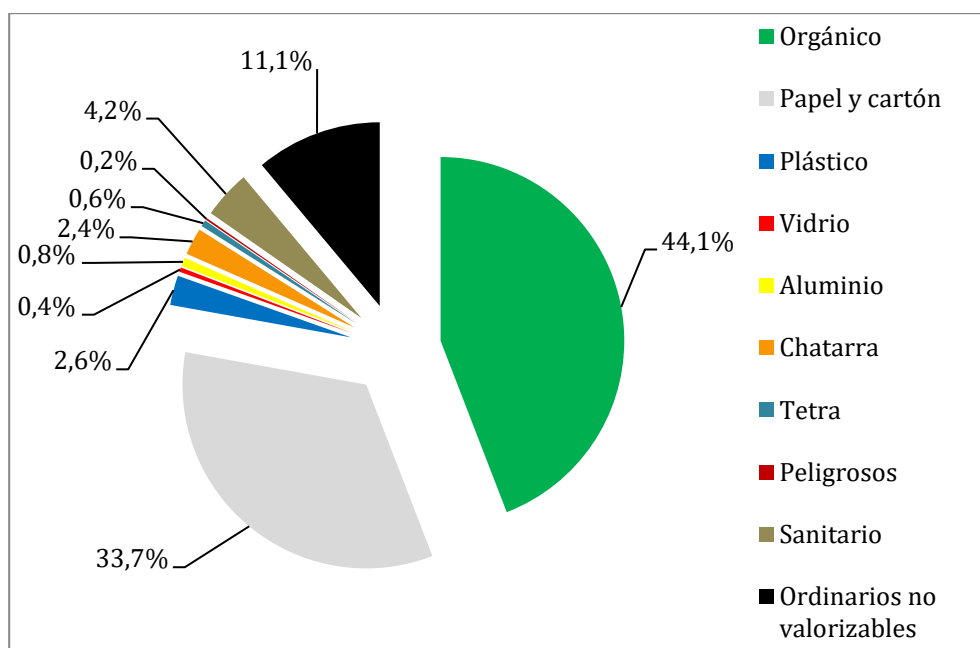


Figura 5.8. Composición porcentual de residuos sólidos del sector comercial.

Si se realiza una comparación entre la figura 5.7 y la 5.8, puede notarse que los residuos orgánicos generados se diferencian en un 16,3% entre el supermercado y los otros comercios. La diferencia entre el porcentaje generado de papel y cartón en ambos casos posee una diferencia de 19,9% mientras que lo destinado al sitio de disposición final se diferencia en un 7% (considerando la suma de ordinario no valorizable y sanitario).

Se proyecta que las ventas de los materiales valorizables en todo el distrito generen una ganancia aproximada de ¢44 152 530 a ¢58 870 040. Los cálculos completos se resumen en el apéndice 1.3.

5.2 SITUACIÓN ACTUAL Y DESTINO FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

A nivel cantonal, se cuenta con diversos tipos de servicio de recolección dentro de los que se incluye la recolección municipal, la privada y la informal. A continuación se muestra la distribución de recolección para la totalidad de los residuos (19.136 toneladas) dispuestos en el relleno sanitario pagados por la Municipalidad de Pococí para el año 2017:

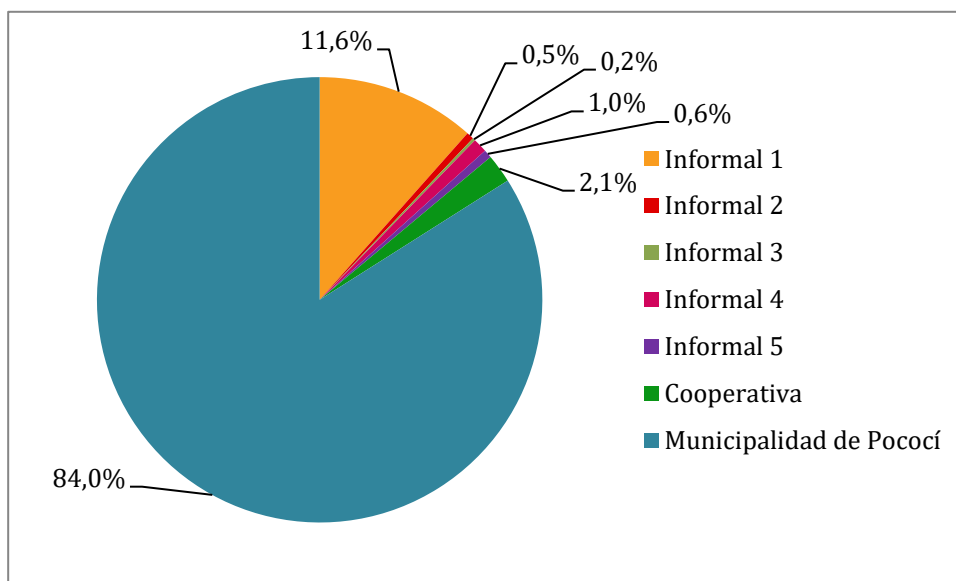


Figura 5.9. Porcentaje de residuos sólidos recolectados por gestor.

De la figura 5.9 es posible observar la gran cantidad de gestores de residuos que operan en el manejo de los residuos ordinarios dentro del cantón de Pococí. Se consultó con el gestor ambiental, el Lic. Fabián Delgado Villalobos, quien explicó que el pago por disposición final realizada por los 7 gestores anteriores es pagado con fondos municipales, incluida una Cooperativa. De la recolección de los mismos la Municipalidad de Pococí no recibe ninguna retribución económica de parte de los usuarios. Estos pagos que la municipalidad realiza de disposición final son de desconocimiento de la población. Pero aunado a lo anterior, existe una gran cantidad de quejas de los usuarios sobre la gestión de residuos. Adicional a los gestores incluidos en la figura anterior, existen más que operan a lo largo del cantón, sin embargo debido a limitaciones económicas la municipalidad no les puede pagar la disposición final. Con el gestor denominado “Informal 1” se tiene el conocimiento de que este abarca la mayor parte de las rutas que la municipalidad no recorre por falta de recursos, el cual la únicamente cuenta con un tipo de acuerdo verbal. Por otra parte, con los otros gestores informales no se tiene ningún tipo de acuerdo o convenio escrito o verbal. Al evaluar qué tipo de relación o alianza es la más viable con otros gestores informales o privados, se tiene el conocimiento de que la subcontratación es la mejor opción en términos legales y económicos, en comparación con tratar de expandir las rutas de recolección. Lo anterior involucraría la compra de unidades nuevas y la contratación de más personal en el Departamento de Saneamiento Ambiental. Únicamente con la Cooperativa se tiene un convenio por escrito avalado por el Concejo Municipal, en donde se hace constar que se les brinde este servicio a distintas comunidades del distrito de Cariari, donde actualmente la municipalidad no realiza dicha función.

Con base en lo anterior, y de acuerdo con el artículo 46 del Decreto N° 37567-S-MINAET-H Reglamento General a la Ley para la Gestión Integral de Residuos (MH, MINAE & MS, 2013) se indica que para poder realizar la gestión de los residuos sólidos es preciso que los gestores cuenten con permiso sanitario vigente y con patente municipal. Posterior al pago de registro ante

el Ministerio de Salud, el gestor debe de contar con un programa de manejo integral de los residuos, en calidad de gestor. Una vez autorizado por el Ministerio de Salud el gestor aparecerá inscrito en el Registro de Gestores el cual puede ser consultado en la página Web del Ministerio. De los gestores mencionados, excluyendo a la Municipalidad de Pococí, ninguno cuenta con permiso sanitario y por ende no cuentan tampoco con patente municipal para ejercer sus funciones. Sin embargo, se encuentran ejerciendo labores que le competen a la municipalidad, la cual no puede expandir las rutas con sus recursos actuales, a esto se le suma la problemática de una alta morosidad en el pago del servicio de recolección y disposición final de aproximadamente un 50% de la población. Ante tal situación, es necesario buscar la manera en la que se trabaje en conjunto con estos gestores, bajo el marco de la legalidad.

De los gestores mencionados anteriormente, los que recolectan residuos provenientes del distrito de Guápiles corresponden al servicio de recolección denominado “Informal 1” y por supuesto, la Municipalidad de Pococí. Los gestores restantes ofrecen su servicio en otros distritos del cantón en conjunto con la Municipalidad. Del 84% de los residuos que recolecta la Municipalidad de todo el cantón, el 47% (7 553 ton/año 2017, en promedio 21 ton/día) provienen del distrito de Guápiles. Mientras que del 11,56% de los residuos que recolecta Informal 1, un 43% (954,67 ton/año, en promedio 2,65 ton/día) pertenece al distrito de Guápiles. De esta manera es posible asegurar que de lo pagado por la municipalidad se dispusieron el año anterior un aproximado de 8 508 toneladas de residuos al relleno sanitario, lo cual representa un 44% de los residuos pagados por el gobierno local de todo el cantón. Es importante realizar esta aclaración, debido a que el otro recolector informal que también recolecta residuos del distrito y los dispone en el relleno sanitario, no cuenta con el apoyo económico de la municipalidad. A este segundo recolector informal se lo conocerá con el nombre de “Informal X”.

Cabe mencionar que las cantidades descritas con anterioridad corresponden a cantidades totales que incluyen al sector residencial, comercial e institucional. No obstante, este último sector se excluye del estudio debido a limitaciones de tiempo para abarcar estudios de composición exactos. Sin embargo, se obtuvo información de la Dirección Regional de Guápiles y el Plan de Desarrollo Rural territorial de Pococí (2015-2020), que indica que existen 60 instituciones varias incluyendo ministerios, bancos, centros de salud, hospital de Guápiles, centros educativos y asociaciones propiamente de este distrito. Según Jairo Argüello M., chofer de uno de los camiones recolectores municipales, el aporte del sector institucional a la cantidad total de residuos recolectados corresponde a un 15%. Debido a que casi la totalidad de instituciones mencionadas se ubican en el centro de distrito y posee recolección municipal, se desprejiciará el porcentaje institucional de la cantidad de residuos recolectados de parte de “Informal 1”. Por lo tanto, de las 7 553 toneladas de residuos sólidos dispuestas por la municipalidad de Pococí, alrededor de 1 132,95 corresponden a este sector. Por lo anterior es también preciso corregir las toneladas diarias que ingresan al relleno sanitario, eliminando para este estudio las pertenecientes al sector institucional, quedando una generación de 17,85 ton/día considerando únicamente el sector comercial y residencial.

5.2.1 ENCUESTAS REALIZADAS AL SECTOR RESIDENCIAL Y COMERCIAL

Posterior a la aplicación en campo de las 610 encuestas, se concluye que existen dos tipos de recolección de residuos sólidos tradicionales en el distrito: municipal e informal. La recolección

informal es ofrecida por dos gestores distintos. Debido a que las realidades de las comunidades servidas por cada gestor difieren en gran medida, se elaboraron dos cuestionarios diferentes: uno para la recolección municipal y otro para las recolecciones informales. No obstante, las tres comunidades se analizaron por separado para obtener sus percepciones de cada uno de los gestores y evidenciar sus experiencias. Estos formularios se encuentran en los apéndices 2.1.1 y 2.1.2 respectivamente.

En el distrito, los sectores que son servidos por la recolección municipal son: Guápiles centro, Barrio Jesús, Calle Standard, las Brisas y Toro Amarillo. En total fueron encuestadas 415 viviendas previstas para este tipo de recolección. Por otra parte, los sectores que son servidos por recolección del Informal 1 son: Palma Dorada, Barrio San Miguel, Barrio Cacique, Los Sauces, Buenos Aires, la Unión y la Marina. En total fueron encuestadas 144 de 135 viviendas previstas para este gestor.

El único sector beneficiado por el servicio de recolección del Informal X es Bella Vista. Cabe mencionar que la municipalidad no tenía un conocimiento certero de la labor realizada por este recolector, ni del porcentaje de cobertura que el mismo tiene dentro de la comunidad mencionada. La persona que realiza esta función es vecina de la comunidad, y únicamente ejerce la labor de recolección los días sábado cada 15 días. Los vecinos que en efecto realizan el pago del servicio comentan que la recolección se realiza a partir de las 4:30 de la mañana. Por otra parte, según Abarca y sus colaboradores (2013), algunos aspectos que afectan la recolección de residuos sólidos son las malas condiciones de las calles y la cantidad de vehículos destinados para tal fin. Estas son condiciones que sufre la comunidad en donde el acceso es más difícil debido a la topografía del terreno, y la existencia de un único camión que realiza la labor. Otro aspecto que afecta la frecuencia de recolección es la lejanía del relleno sanitario con respecto a este sitio, la cual es de aproximadamente 25 a 27 kilómetros.

Una gran mayoría de los vecinos asegura que no reciben este servicio de recolección, debido a que el mismo no abarca toda la comunidad dentro de su ruta, mientras que otra gran parte que sí conoce este sistema asegura no pagarlo ya sea por su costo y/o poca frecuencia de recolección. En total fueron encuestadas 51 de 58 viviendas previstas para esta comunidad.

Debido a que este servicio no abarca la totalidad de la población, las personas se ven obligadas a realizar prácticas tales como quemas de residuos, entierros de materiales como vidrios, pañales, residuos sanitarios y también transporte de sus residuos a sitios a los cuales la recolección municipal tiene acceso. Al realizar una visita al sitio se pudo evidenciar los rastros de quemas realizadas y también en algunos casos la acumulación de los residuos en las casas esperando a ser llevados a puntos del centro de Guápiles. De acuerdo con Karija, Shihua & Lukaw (2013) la tendencia a proveer el servicio de recolección a los centros de mayor población provoca que las áreas residenciales de bajos ingresos queden descuidadas. Un sistema de recolección insuficiente (como el existente en esta comunidad), promueve acciones tales como el abandono de residuos en lotes baldíos y/o la quema de los mismos como se mencionó anteriormente. Tales prácticas, según (Bobeck, 2010), ocurren frecuentemente en poblaciones de países en vías de desarrollo. Esta eliminación inadecuada de los residuos genera focos importantes de contaminación y problemas a la salud humana y ambiental (Karija *et al.*, 2013). Estas consecuencias fueron mencionadas por vecinos del lugar, los cuales afirmaban tener afectaciones respiratorias e irritabilidad de ojos. El

cuadro 5.11 resume las prácticas más comunes en el manejo de los residuos sólidos por parte del sector residencial del distrito. Estos residuos no ingresan al relleno sanitario.

Cuadro 5.11. Acciones de gestión de residuos según zonas servidas.

Acciones	Porcentaje de afirmación (%)		
	Municipalidad de Pococí	Informal 1	Informal X
Quemar restos cables, plástico, residuos de desecho en general	3,9	20,8	66,7
Quemar restos orgánicos como lo son los restos de podas, alimentos (cocinados o cáscaras de frutas-verduras), o cualquier otro material que se pudra	4,6	17,4	7,8
Enterrar materiales como vidrio, chatarra, cables, plástico, aluminio, basura en general	7,0	8,3	11,8
Enterrar restos orgánicos como lo son los restos de podas, alimentos (cocinados o cáscaras de frutas-verduras), o cualquier otro material que se pudra	21,5	9,7	9,8
Depositar materiales como vidrio, chatarra, cables, plástico, aluminio, basura en general fuera de mi propiedad	5,1	2,1	5,9
Depositar restos orgánicos como lo son los restos de podas, alimentos (cocinados o cáscaras de frutas-verduras), o cualquier otro material que se pudra fuera de mi propiedad	8,5	13,9	9,8
Depositar basura en cuerpos de agua como ríos, quebradas, criques, entre otros	1,4	0,7	0
Esparcir restos orgánicos como lo son los restos de podas, alimentos (cocinados o cáscaras de frutas-verduras), o cualquier otro material que se pudra, dentro de mi propiedad	46,9	48,6	72,5
Producir abono o compost	9,4	4,2	7,8
Donar los restos de alimento en general o restos de material de poda para alimento de animales	15,9	14,6	17,6
Reutilizo una parte de los materiales que produzco	51,9	34,0	76,5

Ninguna de las anteriores	18,1	24,3	2,0
Otro	0,2	0,7	0

Una de las prácticas que mayor cantidad de respuestas afirmativas tuvo fue la quema de residuos sólidos ordinarios, plásticos y cables. Puede notarse en el cuadro 5.11, que esta práctica aumenta según el tipo de servicio ofrecido en el lugar. En el caso del centro del distrito, el cual posee el servicio de recolección municipal, esta práctica ocurre en un 3,9% de los encuestados. El porcentaje asciende a 4,6% con la quema de materiales orgánicos, como los restos del jardín principalmente. Muchos vecinos admitían realizar estas prácticas debido a que el camión municipal no recolecta este tipo de materiales. El artículo 30 del Reglamento para el Manejo Integral de los Residuos Sólidos del Cantón de Pococí (2017) dice lo siguiente: “La gestión integral de residuos orgánicos que se generan en la limpieza de áreas verdes como son césped y que sean de partículas pequeñas; será responsabilidad compartida entre el generador y la Municipalidad. Los residuos serán recolectados por el camión Municipal específico para estos residuos”. Sin embargo, actualmente en el cantón no se ofrece una recolección específica para materiales orgánicos en general. Por otra parte, es importante mencionar también que este sector de la población, se manifestó un mayor porcentaje de disposición de materiales en ríos, en este caso el río Guápiles, el cual se encuentra fuertemente contaminado en el tramo que recorre el centro del distrito.

En el caso de los sitios servidos por el Informal 1, el 20,8% de los encuestados afirmaron realizar quemaduras debido a que según ellos, desconocían que hubiese un sistema de recolección en el lugar. Por lo anterior un 13,9% de los mismos aseguraba no pagarlo por su elevado costo (el cual es de \$4.000 mensuales), otros admitían no pagar el servicio y depositarlo en puntos en los cuales la municipalidad tuviera acceso, mientras que otros indicaron no pagar el servicio debido a la falta de información sobre el día y la hora de recolección de parte del gestor encargado. Una planificación inadecuada de rutas y la falta de información a la población, son factores que afectan de manera negativa la recolección y el transporte de los residuos sólidos al sitio de disposición final (Abarca *et al.*, 2013). Sumado a lo anterior un 17,4% de las y los vecinos recurren a prácticas como la quema de materiales orgánicos como restos de podas. Lo mismo ocurrió en Bella Vista, en el cual el 7,8% de los vecinos afirmaron realizar la quema de sus residuos resultantes de las podas. Tal como lo indica Bobeck (2010), las quemaduras de materia orgánica contribuyen a la emisión de óxidos nitrosos. Así mismo, la quema de restos orgánicos de jardín resulta en la emisión de compuestos orgánicos complejos como lo son los hidrocarburos aromáticos poli cíclicos (HAPs). Estas moléculas por lo general se producen bajo condiciones de combustión incompleta y muchas de ellas son cancerígenas. Tanto la quema como la descomposición sin control de residuos orgánicos son prácticas que pueden causar exposición a partículas en aerosol comúnmente denominadas polvo orgánico. Muchas de estas partículas pueden contener bacterias y hongos que han demostrado ser causantes del aumento de enfermedades respiratorias como reacciones alérgicas y cáncer pulmonar. Un 66,7% de las personas encuestadas en la comunidad de la Leona y parte de la Guaria específicamente, realizaba la quema de sus residuos y a su vez aseguraba la inexistencia de un servicio de recolección. Muchos otros vecinos por el contrario alegaban falta de información sobre horarios y rutas. Por lo tanto, un 74,5% de los encuestados de este sector no recibe este servicio y quienes no practicaban la quema, realizaban su disposición en puntos del centro del distrito, tal como se indicó con

anterioridad. Muchos otros vecinos por el contrario afirmaron conocer este servicio pero no recibirlo debido a que el camión no abarca toda la comunidad.

Sumado a lo anterior, el 11,8% de los vecinos encuestados recurrían al entierro de sus residuos en general y de materiales como vidrio y pañales. Además, el depósito de materiales en lotes baldíos tuvo un porcentaje de afirmación del 5,9% de los vecinos que reciben este servicio de recolección, siendo de los tres sectores el que presentó un mayor porcentaje de afirmación de tal actividad.

Por otra parte, el entierro de materiales orgánicos se da en mayor proporción en viviendas del centro del distrito, mientras que el esparcimiento de los mismos aumenta al pasar de la recolección municipal, a las dos recolecciones informales respectivamente. Es importante destacar que los sitios en los que se ofrecen las recolecciones informales son por lo general sitios más retirados del distrito, y por ende los más rurales como es el caso de la Leona de Bella Vista. Este modo de vida explica el por qué el esparcimiento de residuos orgánicos se da en mayor proporción dada la disponibilidad de espacio en sus patios traseros y la presencia de mayor cobertura vegetal. No obstante, el vertido a cielo abierto de residuos orgánicos puede en muchos casos servir para atraer vectores portadores de enfermedades y roedores (Bobeck, 2010). El mismo autor indica que el almacenamiento o disposición inadecuada de los residuos orgánicos es una práctica muy común en países en vías de desarrollo y añade que acciones tales como la alimentación de animales domésticos con el esparcimiento de restos de alimento puede a su vez contribuir a la propagación de enfermedades.

Sin embargo y a pesar de las consecuencias antes descritas, el esparcimiento y entierro de restos orgánicos revelan la intención de la población de aprovechar al máximo este tipo de residuos. Consideran los encuestados que esto ayuda a embellecer las áreas verdes y patio, devolviendo fertilidad al suelo. A su vez, al contar con un sistema de recolección quincenal en el caso de la recolección Informal X, la población se ve motivada a disminuir la carga de las bolsas de los residuos que entregan para evitar la generación de malos olores. Para disminuir el volumen de sus residuos el 76,4% de los encuestados indican que reutilizan los materiales como práctica común.

Por otra parte, se le preguntó a los encuestados la percepción que tienen del gestor del servicio que reciben, la cual se resume en la siguiente figura:

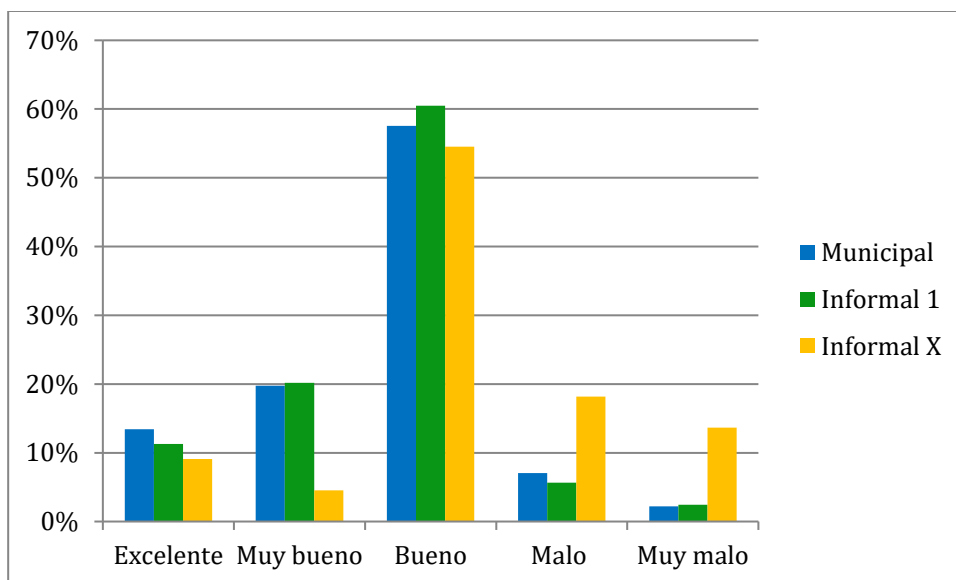


Figura 5.10. Percepción de la comunidad según el gestor que provee el servicio.

De acuerdo con la figura 5.10 es posible determinar a nivel general que los tres sectores perciben el sistema de recolección recibido como “Bueno”. De las 22 personas que afirmaron pagar por la recolección Informal X, el 54,6% catalogó al servicio como “Bueno”, ya que los vecinos agradecían contar al menos con un servicio de recolección, ante la falta de apoyo municipal en este sentido. No obstante, esta fue la población que a su vez demostró una mayor inconformidad con este sistema. Esto es debido a que de todos los sistemas de recolección, la comunidad servida por este contestó en una mayor proporción que el sistema de recolección es “Malo” (18,2%) o “Muy malo” (13,6%). La queja principal se basaba en la poca frecuencia y cobertura de recolección en la comunidad. Así mismo, de los tres servicios, el sector del informal X fue quien percibió en menor proporción su sistema como “Excelente”, “Muy bueno” o “Bueno”. En general, la población servida por los sectores municipal e Informal 1 poseen porcentajes muy similares de percepción. Las quejas más comunes del servicio municipal en algunos casos se basaban en la baja frecuencia de recolección, alegando que en otros sitios como el centro de San José o el centro del distrito de Guápiles la frecuencia es mayor. A su vez, una parte de la población se quejaba de la irregularidad de los días, el horario del camión recolector y de que el mismo no se anuncia tocando la bocina en algunos sectores al pasar por ellos. Por otra parte las quejas hacia Informal 1 fueron menores, y se basaban en el costo del servicio.

Se consultó a personas de las distintas comunidades la frecuencia con la que realizaban la separación de residuos para el reciclaje, con lo cual se obtuvieron los resultados que pueden verse a continuación:

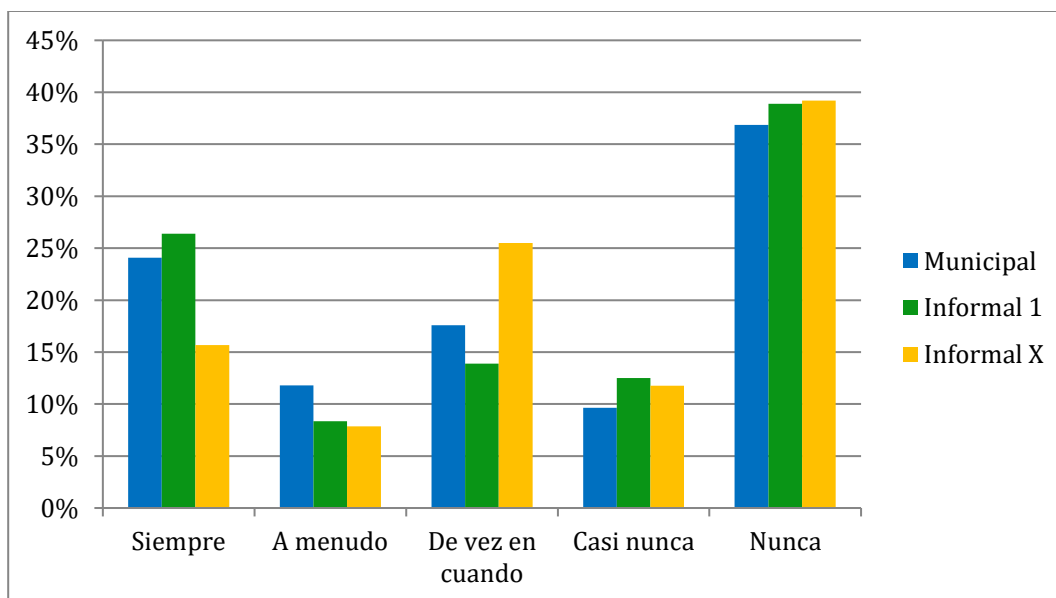


Figura 5.11. Separación de residuos para el reciclaje en comunidades servidas por distintos gestores.

Como es posible observar, el sector que realiza menos acciones de separación para el reciclaje es el sector de la Leona y Bella Vista, cuya frecuencia más común es realizarla “De vez en cuando”, o en su defecto “Nunca”. El material más comúnmente separado es la chatarra y el aluminio, separados por un 71,0 y 83,9% de la población que afirmó realizar con alguna frecuencia acciones de separación. El sector predominante que ofrece estos servicios de recolección son los recolectores informales que recorren con mucha frecuencia las viviendas, recolectando la chatarra y el aluminio. En el estudio realizado por Vassanadumrongdee & Kittipongvises (2017) en la ciudad de Bangkok, Tailandia, se indica que debido a la falta de interés político de invertir en facilidades para el reciclaje, el sector informal es quien lleva a cabo mayoritariamente estos programas. El difícil acceso a un sitio como este, conlleva a que las inversiones realizadas en el tema de separación de residuos en Guápiles sean únicamente realizadas en el centro. Debido a su flexibilidad y adaptabilidad (Gerdes & Günsilius, 2010) es que el sector privado e informal proveen una gran parte de la cobertura de este servicio. De acuerdo con la descripción de los vecinos en sitios como Palma Dorada, Barrio San Miguel, Barrio Cacique, Los Sauces e incluso una pequeña parte de la población de Buenos Aires, la Unión y la Marina, los recolectores privados recolectan el 47,7% de la población, seguido de los recolectores informales (34,1%) y por último el recolector municipal (14,8%). El material más comúnmente separado en estos sectores es el plástico, realizado por el 78,4% de los encuestados que afirmaron separar materiales con alguna frecuencia. En el caso del centro del distrito el material más comúnmente separado es el plástico en un 87,0% de la población que afirmó separar materiales a diferentes frecuencias. El servicio que recolecta el reciclaje de las viviendas aparentemente se realiza por parte de recolectores informales (40,1%), camión municipal de recolección selectiva (37,8%), y servicios de recolección privados (17,9%). En este punto es importante hacer la aclaración de que el tipo de recolector se clasificó de acuerdo con la descripción que ofrecía el encuestado y de acuerdo con algunos conocimientos previos de los camiones utilizados por los gestores tanto privados como municipales. Lo anterior se debe a que en muchas ocasiones los vecinos no sabían cómo clasificar al servicio ofrecido por la Municipalidad, ya que tres de sus unidades no se encuentra

identificadas como unidad de recolección selectiva, y la unidad que sí está identificada, los vecinos no la reconocen como municipal. De igual manera ocurría con camiones privados que en muchos casos no identificaban el servicio ofrecido y/o la empresa de la que formaran parte. Debido a lo anterior, los porcentajes de servicios de recolección deben manejarse con discreción pues están sujetos al error humano tanto del encuestado como del encuestador.

Por otra parte, un 8,8%, 1,1% y un 6,5% de las personas pertenecientes a las comunidades del centro, sitios aledaños y Bella Vista (respectivamente), afirmaron hacer la separación de sus residuos pero colocar lo clasificado contiguo a los residuos ordinarios, por lo cual el camión recolector los mezclaba todos. Esto causaba molestia en la mayoría de personas que realizaban esta acción debido al esfuerzo invertido en su acondicionamiento. Tal como lo mencionaban Vassanadumrongdee & Kittipongvises (2017) en su estudio, para las comunidades el hacer la separación de materiales pierde su sentido cuando observan a funcionarios municipales mezclando lo reciclable con lo ordinario, lo que a la vez ocasiona que las personas desconfíen de la labor municipal en la elaboración de programas que fomenten la recuperación de residuos. Esta forma de manejar sus residuos revela por una parte el desconocimiento de los vecinos de las responsabilidades que tiene actualmente el personal que labora en la recolección de residuos ordinarios, debido a que la recolección de lo valorizable le compete a otras unidades que estén acondicionadas para tal fin y el servicio se brinda en un día distinto al de recolección de residuos tradicionales, con el fin de evitar mezclar y contaminar este material valorizable. No obstante, el que los vecinos realicen estas prácticas revela también su intención de separar los residuos, con un desconocimiento de quién pueda realizarles el servicio y/o en qué horario. Lo anterior debido a la falta de divulgación de la información de los diversos gestores.

Por otra parte, al preguntarle a la población si tenía conocimiento de las campañas mensuales realizadas en el centro de Guápiles, el 63,1% de la totalidad de la población encuestada desconocía esta actividad. Lo anterior refleja ciertas deficiencias al realizar la divulgación a la comunidad. Las personas encuestadas desconocían que en estas campañas se brinda la posibilidad de disponer adecuadamente residuos electrónicos, los cuales son en su mayoría acumulados en las viviendas ya que no se sabe dónde disponerlos.

Posteriormente, a los encuestados cuyas respuestas fueron que separaban para el reciclaje “a menudo”, “de vez en cuando”, “casi nunca” o “nunca” se les preguntó las razones por las que no realizaran acciones de separación de manera constante. Por lo anterior se obtuvieron las razones las cuales se describen en el siguiente cuadro:

Cuadro 5.12. Razones para no separar para el reciclaje de manera constante.

Razones	Municipalidad de Pococí	Informal 1	Informal X
No estoy seguro (a) de cómo se hace (no sé qué materiales se separan ni cómo se separan)	16,9%	24,5%	4,7%

Pereza/desinterés/falta de tiempo	58,3%	53,8%	25,6%
No tengo espacio en mi casa para almacenar los materiales	25,3%	16,0%	13,9%
No sé a quién entregarle mis materiales	28,5%	24,5%	74,4%
La persona encargada de recolectar el material no pasa con frecuencia por mi vivienda	15,4%	3,8%	4,7%
En mi barrio no se ofrece este servicio	29,2%	22,6%	76,7%
Otro	Algunas personas en mi familia no separan (0,2%) Lejanía del sitio de acopio (0,2%) Discapacidad física (0,2%) Poca cantidad de materiales generados (0,2%)	0	0

De acuerdo con los resultados obtenidos, es posible hacer un análisis que tome en cuenta de manera conjunta la población servida por recolección municipal y por el Informal 1 de residuos ordinarios (dada la similitud de los resultados) y analizar de manera aislada a la población de Bella Vista. Con base en lo anterior y analizando el primer escenario, la razón más fuerte por las que las personas no separan para el reciclaje es la pereza/desinterés o falta de tiempo. Según Thomas & Sharp (2013), si bien las tareas de reciclaje pueden considerarse como domésticas, requieren un mínimo esfuerzo y se hacen por hábito, sin embargo; para comenzar a separar los residuos y acondicionarlos, y que esto se convierta en parte de las tareas cotidianas, se requiere una fuerte motivación interna. Según las mismas autoras, otro aspecto es que a medida que las prácticas relacionadas con el reciclaje se suman a las rutinas domésticas normales, se puede aumentar la carga doméstica, lo que también puede convertirse en una barrera para muchos hogares. Las mismas añaden que las personas también pueden tener la costumbre de no recuperar para el reciclaje y se ha demostrado que las personas con hábitos fuertes aceptan muy poca información nueva y, por consiguiente, su comportamiento no se ve fácilmente influenciado por la información para alentarlos a cambiar.

Además de lo anterior, un gran porcentaje de vecinos del centro de Guápiles afirmaron que en sus respectivos barrios no se ofrece este servicio y que no separan por no saber a quién entregarles sus materiales una vez acondicionados. No obstante, a la hora de entrevistar a otros vecinos incluso

del mismo barrio, quedó en evidencia que el servicio sí se ofrece actualmente, ya sea por la Municipalidad de Pococí, o por algún gestor privado. Al mencionar a los vecinos de la existencia del servicio, admitían no conocerlo por la falta de divulgación del gestor, de los mismos vecinos de la comunidad e incluso por la no identificación de las unidades utilizadas en la recolección, tal como se mencionó anteriormente. En muchos casos los vecinos admitían haber visto estas unidades en sus comunidades pero no saber qué servicio ofrecían o el tipo de materiales recibidos. En este primer escenario llama la atención el porcentaje de personas que no realizan acciones de separación debido a desconocimiento del tipo de materiales valorizables y del acondicionamiento que debe realizarse. Lo anterior es tal como lo explican Thomas & Sharp (2013), las cuales mencionan que una de las razones por las cuales las personas no realizan la separación para el reciclaje, se debe a que no han tenido información respecto al tema y no tienen claridad sobre cuáles materiales pueden o no destinarse al reciclaje. Sumado a lo anterior, cercano a uno de los barrios del centro de Guápiles, se encuentra un punto de recolección de residuos que es destinado a una institución llamada Betel, la cual se encuentra en el distrito vecino de la Colonia. Pese a la cercanía de este punto de recolección, muchos de los vecinos encuestados desconocían su existencia y alegaban falta de información y divulgación. Por lo tanto, según Bernstad (2013) podría esperarse que la distribución de más información sobre el tema de reciclaje en las comunidades (principalmente puerta por puerta), pueda incrementar esta actividad en las personas. En el caso de la comunidad de Bella Vista, la razón principal para no separar sus residuos se debe a la falta de un servicio que recolecte estos materiales. Una única persona en este lugar, mencionó que el camión recolector de residuos ordinarios, también recolecta los materiales valorizables. Sin embargo, esta información no fue corroborada por otras vecinas y vecinos que fueran abastecidos con este servicio.

Por otra parte, al final de la encuesta se preguntó si los vecinos estaban o no dispuestos a recibir capacitaciones sobre el acondicionamiento adecuado de residuos para el reciclaje, su importancia y sobre cómo organizar a la comunidad en este sentido, con lo cual se obtuvieron las siguientes respuestas:

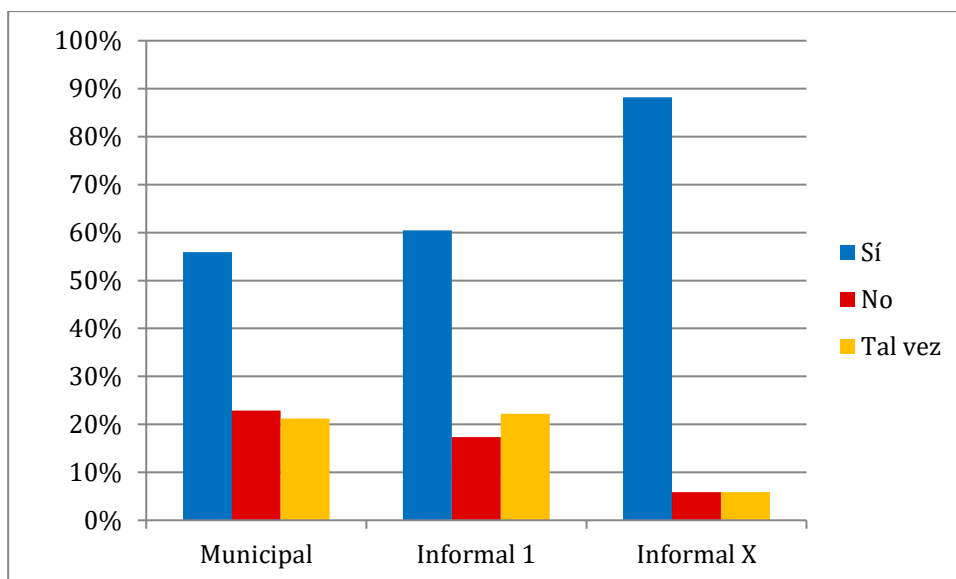


Figura 5.12. Disposición de recibir capacitación ambiental por sector.

La figura 5.12 demuestra que el sector de Bella Vista es la comunidad con un mayor interés en recibir algún tipo de capacitación en este tema, seguida por las poblaciones alrededor del distrito y por último la población del centro. Quienes respondieron en su mayoría que no estaban dispuestos(as) contestaban que tenían desinterés y falta de tiempo, y quienes respondían que tal vez asistirían, mencionaban que lo harían si el horario se ajustaba a sus disponibilidades. Por lo anterior, se puede determinar que un alto porcentaje de la población manifestó interés y disposición a aprender más acerca de este tema.

Sector comercial

Debido a limitaciones de tiempo y recurso humano, se realizaron únicamente 231 encuestas de las 301 propuestas inicialmente. Las mismas se distribuyen de la siguiente manera:

- Tienda de ropa, calzado, artículos para el hogar, belleza: 91
- Establecimientos de venta de comida (sodas, verdulerías, heladerías, confiterías): 32
- Salones de belleza, peluquerías: 12
- Clínicas privadas, farmacias: 9
- Venta de celulares y componentes electrónicos: 9
- Venta de materiales de construcción: 7
- Venta de baterías, repuestos, motos: 7
- Casa de empeños: 7
- Almacenes de línea blanca, mueblería: 7
- Pulperías, mini súper, supermercados: 6
- Agencias telefónicas, oficinas postales: 5
- Joyerías: 4
- Veterinarias: 4
- Macrobióticas, club de salud: 4
- Talleres de reparación varios: 4
- Librerías: 3
- Licoreras/bares: 3
- Venta de equipo y maquinaria agrícola: 3
- Venta de artículos de fiesta, pastelería: 3
- Ciclos: 2
- Perfumerías: 2
- 1 óptica, 1 gimnasio, 1 juguetería, 1 funeraria, 1 vivero, 1 estudio fotográfico, 1 imprenta.

De los anteriores comercios se derivan los siguientes resultados con respecto a la percepción que tienen los encuestados con respecto al servicio de recolección de sus residuos:

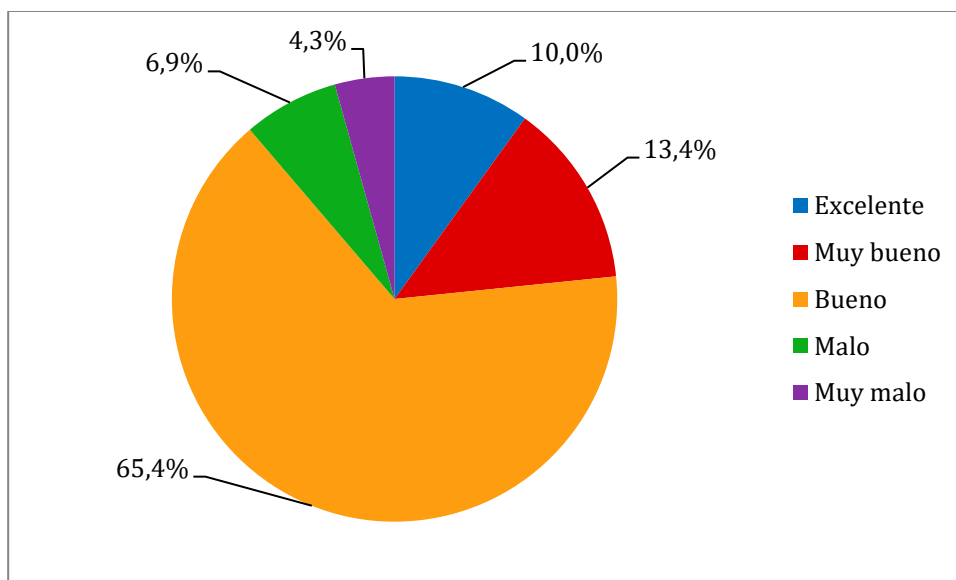


Figura 5.13. Percepción del sistema de recolección recibido en el sector comercial.

Como es posible observar de la figura 5.13, un 23,4% de los comercios encuestados manifestó tener una percepción muy positiva del sistema de recolección municipal recibido al afirmar que el mismo es “Excelente” o “Muy bueno”. Esta buena percepción del sistema se debe a que la mayor parte de los comerciantes se encontraban a gusto con el hecho de que el camión realizara su recorrido diariamente por el centro de Guápiles. No obstante, muchas personas contestaron que el sistema es “Bueno”, buscando una respuesta que diese a entender que el servicio es más bien regular. Los encuestados respondían de esta manera ya que por un lado, estaban a favor de la frecuencia de recolección actual, pero por otro, declaraban que el camión no anuncia en algunas ocasiones su paso por el centro, o que su horario es irregular o muchas veces se quejaban de los lixiviados dejados en las calles. Otras personas manifestaban que se sentirían más cómodas si el camión recolectara sus residuos en las noches para disminuir la cantidad de residuos sólidos apilados día con día a lo largo del centro. A su vez, en algunos casos mencionaban que el hecho de dejar sus residuos en la mañana fuera de sus comercios podía afectar negativamente a los clientes por el mal olor y la estética. Únicamente un 6,9% y un 4,3% contestaron que el servicio de recolección recibido es “Malo” o “Muy malo”, respectivamente. Estas respuestas se dieron en una gran parte de comercios que alegaban la falta de una recolección selectiva de los residuos sólidos. Debido a que desconocían la existencia de las unidades municipales de los residuos valorizables, muchas personas demostraron descontento con el sistema municipal en general.

Se observó además, la proporción de los comercios que realizan la separación de residuos para el reciclaje a diferentes frecuencias, tal como lo demuestra la figura siguiente:

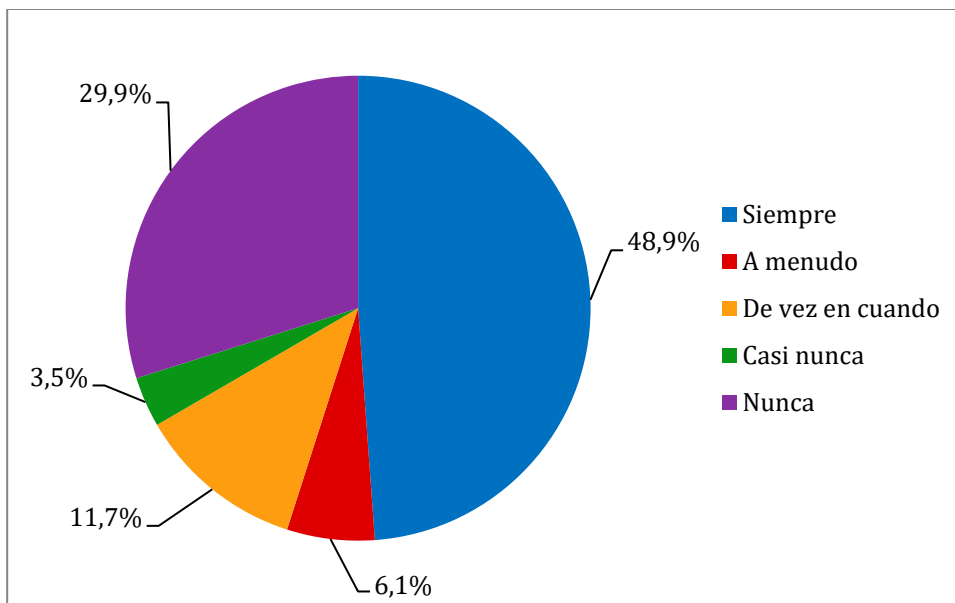


Figura 5.14. Frecuencia de separación de residuos sólidos valorizables en comercios.

La mayor parte de los encuestados afirmaron realizar con alguna frecuencia acciones de separación de residuos. Puede notarse que una gran parte lo realiza “siempre”. Esto no quiere decir que los comercios separaran la totalidad de los materiales generados, pero sí habla de un compromiso de entregar algún tipo de material de manera constante. Lo anterior queda más claro al analizar los materiales separados para el reciclaje, como lo indica la siguiente figura:

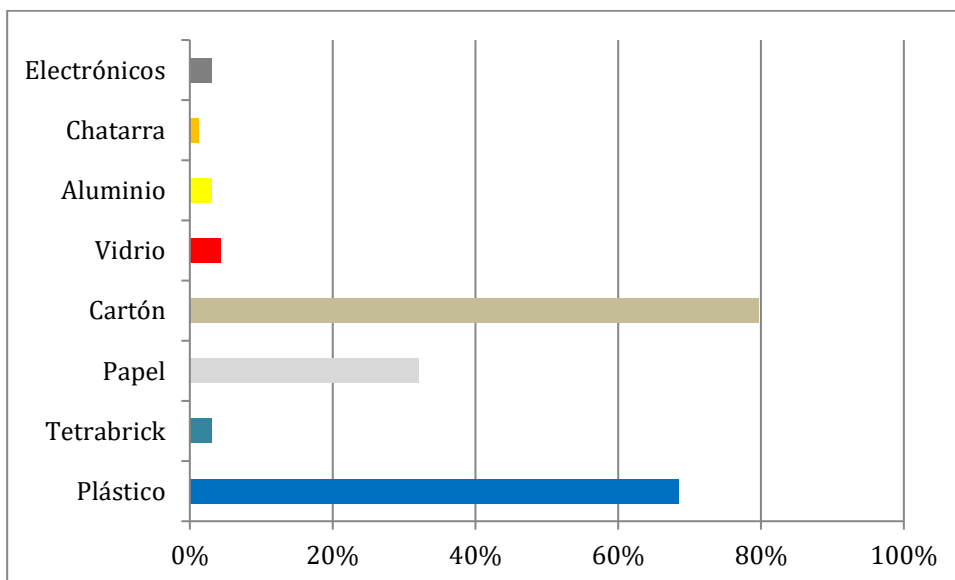


Figura 5.15. Porcentaje de residuos separados para el reciclaje.

La figura 5.15 indica el porcentaje de residuos separados por parte de los comercios. Puede notarse, por ejemplo, que alrededor de un 80% de comercios realiza la separación del cartón y que casi un 70% separa el plástico (bolsas, botellas, etc). El hecho de que el cartón fuese el residuo más separado, además de que la mayoría de comercios generan este material (como se puede ver en el apéndice 2.1.3), se debe probablemente a que su acondicionamiento resulta mucho más sencillo que otros materiales que deben ser lavados y escurridos.

Los servicios que mayormente ofrecen su recolección en el sector comercial resultaron ser el municipal (48,8%), privado (31,5%) y en tercer lugar los recolectores informales (9,9%), entre otros que pueden ser encontrados en el apéndice 2.1.4. Con base en estos resultados y los derivados de las encuestas al sector residencial, se puede concluir que actualmente el servicio de recolección selectivo de la municipalidad se encuentra más enfocado en el sector comercial, mientras que el privado se mantiene similar en ambos sectores y el informal se presenta más que todo en las residencias.

Los comerciantes que realizaban la separación identificaban el tipo de gestor que recolectaba sus residuos, contrariamente a lo que ocurre en el sector domiciliario. No obstante, aquellas personas que no se encuentran realizando la separación actualmente, habían visto el camión pero admitían no saber que era municipal. Algunos de ellos afirmaron la necesidad del camión de identificarse, una mayor información sobre rutas y materiales recolectados tal como sucede en el sector residencial. El desconocimiento sobre quiénes son los gestores de residuos, en muchas ocasiones impide al comerciante a realizar acciones de separación. Lo anterior se refleja en los resultados acerca de las razones para no separar para el reciclaje, dentro de las cuales se mencionó el desconocimiento de cómo se hace y a quién entregar lo separado, la falta de espacio, la poca frecuencia del gestor encargado y el desinterés, entre otras, las cuales pueden encontrarse en el apéndice 2.1.5 con mayor detalle.

Por otra parte, las campañas mensuales de recuperación de residuos para el reciclaje son mayormente conocidas por este sector comercial en comparación con el residencial debido a que los estudiantes y voluntarios que participan, se dan a la tarea de recorrer el centro de Guápiles para retirar los materiales de cada local comercial interesado. No obstante, los comerciantes aseguraban no contar con información de las fechas exactas de las campañas. Esta razón puede explicar el por qué únicamente un 5,6% de los encuestados utilicen estas campañas como medio para disponer sus residuos.

Además de lo anterior, al consultar a los comerciantes si conocían el Plan Municipal para la Gestión Integral de los Residuos del cantón de Pococí (2017-2022), el 95,7% de los encuestados respondió que no lo conocía. Cuando se les consultó si estarían dispuestos a recibir un taller para conocerlo el 54,4% respondió que sí, un 10% respondió que no y un 35,5% respondió que tal vez asistiría si estos eran realizados en horas no laborales. En algunos casos los empleados o encargados respondían que dependía de la respuesta de la alta gerencia, según correspondía. Sumado a lo anterior, se les consultó si sabían de la existencia del reglamento de manejo de residuos sólidos existente en el cantón de Pococí, para lo cual un 73,2% de los encuestados admitió desconocerlo.

La última pregunta realizada indagaba acerca de la disposición a recibir alguna capacitación en el tema de sensibilización ambiental, reciclaje y cómo hacerlo de manera adecuada. Un 56,3% manifestó anuencia, un 34,2% respondió que tal vez y un 9,5% respondió que no. Es muy importante conocer estos porcentajes previo a la realización de algún programa de educación ambiental, de modo que se pueda planificar cómo abordar el desinterés de quienes respondieron que no estaban dispuestos y la inseguridad de quienes respondieron “tal vez”, para realizar mecanismos de divulgación atractivos que despierten el interés de las más altas gerencias a través de horarios que se ajusten al horario del personal.

5.2.2 ENTREVISTAS REALIZADAS A GESTORES DE RESIDUOS SÓLIDOS

Para esta sección fueron realizadas 12 entrevistas distintas a gestores de residuos del cantón que reciben actualmente residuos del distrito de Guápiles. Se conversó con el señor Sergio Barrantes Araya, chofer recolector de residuos valorizables de la municipalidad. En el distrito de la Rita se entrevistó a Julissa Rojas Delgado secretaria de Recicladora la Esquina y al encargado de un centro de acopio quien por razones de confidencialidad se le denominará “Centro de acopio anónimo”. A su vez, en el distrito de Cariari se visitó Phoenix Reciclaje de Costa Rica y se entrevistó a Katherine Sandino González, administradora del centro, vía telefónica con Heiner Chacón Camacho, propietario de Recioplanet HCH, con Irela Reyes Arteta propietaria de la chatarrera La Bendición y con Guadalupe Arteta propietaria de Reciclo Metálico Pococí. Se visitó una estación informal pequeña de recepción de residuos valorizables ubicada en el centro de Guápiles quienes donan lo recolectado a Hogar Betel. Para la entrevista con el hogar se habló vía telefónica con Bryan Hernández. Así mismo, se entrevistó a Don José Joaquín Rivera López, quien recolecta de manera informal los residuos de su barrio y comercios cercanos y los dona a recicladora la Esquina. Él mismo explica que su labor la realiza para colaborar con la situación ambiental que se vive en el distrito y que no tiene interés alguno en recibir una retribución económica al respecto al igual que la estación mencionada antes. De igual manera se realizaron dos entrevistas más a los gestores de residuos ordinarios que posee actualmente Guápiles. De parte de la municipalidad se logró hablar con Manuel Álvarez Poveda, Jefe de Cuadrillas del Departamento de Saneamiento Ambiental. Además de eso se logró entrevistar a la persona encargada del sistema de recolección “Informal 1”.

La información obtenida se resume en el siguiente cuadro:

Cuadro 5.13. Resumen de resultados obtenidos en las entrevistas.

Gestor de residuos	Cantidad de residuos pertenecientes a Guápiles (ton/año)	Número de viviendas beneficiadas del servicio	Número de comercios beneficiados del servicio	Destino de los residuos sólidos recolectados
Residuos valorizables				
Municipalidad de Pococí	519,6 a 779,4	Sin dato exacto	Sin dato exacto	Entrega a Recicladora la Esquina

Recicladora la Esquina	160,5	De 750 a 1300	Aproximadamente 35 comercios + Hospital de Guápiles	Reciclaje en Costa Rica y países extranjeros
Phoenix Reciclaje de Costa Rica	240	No se trabaja con viviendas	Entre 10 y 15	Reciclaje en Costa Rica y países extranjeros
Centro de acopio anónimo	504 a 672	200	50	Entrega a Recicladora la Esquina
Reciplanet HCH	480	No se trabaja con viviendas	15	Reciclaje en Costa Rica
La Bendición de Plataforma Internacional Real	480	No se trabaja con viviendas	Sin dato exacto	Reciclaje en Costa Rica y países extranjeros
Reciclo Metálico Pococí	500	No se trabaja con viviendas	3 empresas grandes (1 de Guápiles). Comerciantes más pequeños de número variado.	Venta a exportador de Plataforma Internacional Real.
Estación de residuos, Guápiles centro	Sin dato	1 200 casas	Centro de Guápiles y tribunales	Entrega a Hogar Betel
Hogar Betel	594,36	320	80	Entrega a Recicladora la Esquina
Don José Joaquín Rivera López	Sin dato	Calle Vargas, y otros barrios	Comercios de Guápiles cercanos a Calle Vargas	Entrega a Recicladora la Esquina
Residuos ordinarios				
Municipalidad de Pococí	3120	Sin dato exacto	Sin dato exacto	Relleno sanitario, Los Laureles, Cariari
Informal 1	112	600	50	Relleno sanitario, Los Laureles, Cariari

Es importante mencionar que las cantidades totales de residuos por año escritas en el cuadro anterior contemplan el aporte del sector residencial y comercial de diversidad de materiales incluyendo la chatarra, plástico, papel, cartón, entre otros. La información se puede encontrar más detalladamente en el apéndice 2.2.

Por su parte, es importante mencionar la labor del centro de rehabilitación Hogar Betel. Este centro les ofrece a personas con problemas de alcoholismo y drogadicción la oportunidad de ejercer labores en beneficio al ambiente y la salud. Es así como la recolección de residuos valorizables y su posterior venta a Recicladora la Esquina les permite obtener un beneficio económico que le permita al hogar sostenerse. Dentro del hogar la comunidad realiza labores de clasificación y acondicionamiento de los materiales para entregarlos comprimidos al centro de acopio. Según comentaba el señor Hernández, el aporte de la estación de residuos es de un 15% del total de materiales que recolecta el hogar en sus recorridos por el centro. Como es posible observar del cuadro anterior, y de acuerdo con las estimaciones brindadas, el hogar es actualmente el gestor con la mayor recolección de residuos del distrito después de Recicladora la Esquina. Estos últimos poseen el centro de acopio, pero además de ello cuentan con unidades realizando la recolección de materiales por todo el país.

Las cantidades anuales escritas para Recicladora la Esquina, corresponden únicamente a los pesos de los residuos recolectados por las unidades antes mencionadas. A esta cantidad de residuos se le debe sumar el aporte de todos los gestores del cuadro anterior, exceptuando el aporte de lo recolectado por el señor José Joaquín Rivera, quien en su casa recibe a las unidades respectivas. Por otra parte, se puede observar, que una gran parte de los gestores de residuos valorizables ubicados en el cantón de Pococí, realizan la exportación de materiales para ser transformados en países extranjeros a excepción de la Municipalidad de Pococí y el centro de acopio anónimo. Estos últimos envían sus residuos recolectados a Recicladora la Esquina quien distribuye de la siguiente manera los materiales recibidos:

- Chatarra: Imperio recycling, Georec International s.r.l;
- Aluminio, baterías de carros, bronce, cobre, acero, radiadores: Plataforma Internacional Real, Comercializadora Internacional M y R;
- Cartón: FK Green Award, Sud América;
- Papel: Costa Recicla;
- Plástico: Recyplast, Plastimex;
- Tetrabrick: Florida Bebidas.

Por otra parte, Phoenix Reciclaje de Costa Rica comercializa sus materiales de la siguiente manera:

- Plástico: P & G;
- Cartón se queda en Costa Rica;
- Parte del plástico de alta y baja densidad: Fibra Forte, Perú;
- Otra parte del plástico de baja densidad se vende a la cervecería de Costa Rica;
- Polipropileno: Estados Unidos;
- Las llantas en chips se venden a CEMEX y Holcim.

Así mismo, Reciplanet HCH, distribuye los residuos recuperados como sigue a continuación:

- Cartón se envía a West Coast Waste Industries;
- Vidrio: Vical;
- Papel: Costa Recicla;
- Botellas, las latas y el tetrabrik: Florida Bebidas;
- Bolsas plásticas: Reciclaje Luna.

Y Plataforma Internacional Real, exporta el zinc, malla y alambre a Guatemala y los contenedores con hierro a Corea.

A su vez, el señor Álvarez Poveda mencionó que la municipalidad recolecta de Guápiles alrededor del 45% del total de residuos provenientes del cantón de Pococí. Este dato es consistente con el valor arrojado del análisis que se realizó del listado de pesos de residuos facilitado por el relleno sanitario y la municipalidad. El anterior establecía que el 47% de los residuos del cantón pertenecen a Guápiles.

La totalidad de la información brindada en las entrevistas puede ser encontrada en el Apéndice 2.2.

5.2.3 CAMPAÑAS DE RECUPERACIÓN DE RESIDUOS PARA EL RECICLAJE

La Municipalidad de Pococí organiza mensualmente campañas de recuperación de residuos para el reciclaje, en donde recibe la colaboración voluntaria de instituciones como la UCR, UNED, Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA) y la Cruz Roja (Comité Auxiliar de Guápiles).

En estas, se logró contabilizar una cantidad de 15,98 toneladas de residuos durante las campañas de agosto de 2017 a abril del 2018. Las cantidades porcentuales de los materiales totales recibidos, se muestran a continuación:

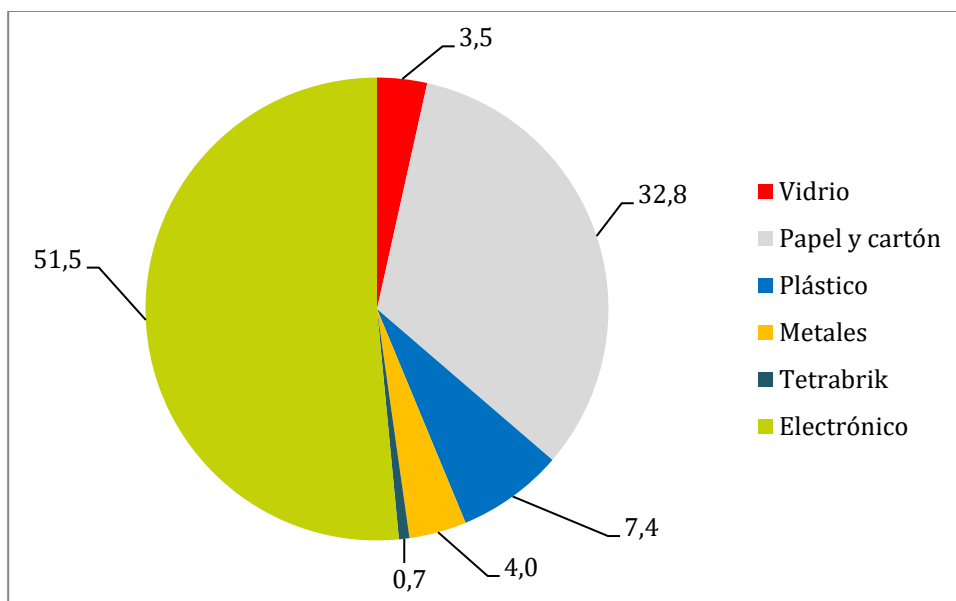


Figura 5.16. Composición de residuos sólidos de campañas mensuales.

Los residuos electrónicos representan un alto porcentaje de lo recolectado mensualmente y llevados al Centro de Transferencia y Transformación de Materiales (CTTM), ubicado en Cartago y los materiales restantes son gestionados por Reciplanet HCH, ubicado en el cantón de Guácimo.

Con base en lo recolectado durante los ocho meses de los cuales se cuenta con medición, es posible extraer un promedio de recuperación mensual y proyectarlo a un año obteniendo una cantidad anual aproximada es de 23,70 toneladas.

El 51,5% de estos residuos corresponde a material electrónico, lo cual equivale a 12,21 ton/año, transportados al CTTM. Las restantes 11,49 ton/año corresponden a materiales como plástico, tetrabrik, entre otros.

5.3. ANÁLISIS DE FLUJO DE MATERIALES

Para determinar los flujos de los materiales se realizaron cálculos utilizando los resultados de las encuestas, el estudio de composición de los residuos del sector comercial realizado en este trabajo y un estudio encontrado en literatura de composición de residuos del sector residencial (Campos & Soto, 2014), Por consiguiente, se realizan los cálculos del sector residencial (considerando las tres diferentes comunidades encuestadas) y el sector comercial. Así mismo, se analizó el flujo de los residuos para cada gestor de residuos entrevistado corroborando la información brindada en las entrevistas y considerando además el aporte de las campañas de recuperación de residuos para el reciclaje.

De acuerdo con el trabajo realizado por Campos & Soto (2014), la generación común en viviendas con estrato socioeconómico bajo es de aproximadamente 0,44 kg/hab.día y para el

estrato socioeconómico medio es de 0,61 kg/hab.día. Según estos autores la composición de residuos sólidos de esos estratos se detalla a continuación:

Cuadro 5.14. Tipos de materiales encontrados en los residuos sólidos, clasificados según el estrato socioeconómico (Campos & Soto, 2014).

Tipo de material	Estrato socioeconómico	
	Medio (%)	Bajo (%)
Biodegradable	44	44
Papel/cartón	5	16
Plástico	12	13
Vidrio	1	2
Metales	1	3
Textiles	13	2
Polilaminados	0,1	1
Peligrosos	0,07	1
Electrónicos	2	2
Otro	22	16

Debido a que el estudio de caracterización del presente trabajo de investigación no toma en cuenta la división por estrato socioeconómico y los resultados de generación per cápita son elevados, se utilizarán los resultados del trabajo descrito con anterioridad. La información anterior pertenece a un estudio de composición del cantón vecino de Guácimo.

Para determinar los flujos de los residuos se divide el distrito en las mismas áreas definidas con anterioridad para la realización de encuestas debido a que a partir de ellas se obtienen las aproximaciones.

Los sectores de Guápiles fueron clasificados en cada uno de los estratos socioeconómicos anteriores de acuerdo con la distancia con respecto a los sitios más urbanizados y debido a la facilidad de acceso, ya sea por el estado de las calles como por la presencia de transporte público para llegar a ellos.

A continuación se presenta una muestra de cálculo del sector residencial del centro de Guápiles:

Centro de Guápiles (recolección municipal)

Número de habitantes:

A partir del número de viviendas contabilizadas se obtiene el número aproximado de habitantes de esta área:

$$\text{Número de habitantes: } 5\,160 \text{ viviendas} * 3,4 \frac{\text{hab}}{\text{vivienda}} = 17\,544 \text{ hab}$$

La cantidad anual de residuos esperada para esta área es de:

$$17\,544\,hab * 0,61 \frac{kg}{hab.\,día} * 365 \frac{día}{año} * \frac{1\,ton}{1000\,kg} = 3\,906,17 \frac{ton}{año}$$

De las encuestas realizadas, se obtuvo que alrededor de un 53,5% de las familias practica acciones de separación de residuos para el reciclaje, de ellas un 24,1% lo realiza siempre, un 11,8% lo realiza a menudo y un 17,6% lo realiza de vez en cuando.

Por lo anterior se realizan las siguientes aproximaciones:

Material destinado para el reciclaje

Se toma primeramente cantidad de viviendas que realizan acciones de separación de materiales:

$$5\,160\,viviendas * 0,535 = 2\,760,6\,viviendas$$

$$2\,760,6\,viviendas * 3,4 \frac{hab}{vivienda} * 0,61 \frac{kg}{hab.\,día} * 365 \frac{día}{año} * \frac{1\,ton}{1000\,kg} = 2\,089,80 \frac{ton}{año}$$

De esta manera, se asume que el material destinado para reciclaje es de 2 089,80 ton/año. No obstante, no todas las familias realizaban la clasificación de la totalidad de sus residuos. Por ejemplo, un 87% de los encuestados afirmó separar el plástico, un 40,1% afirmó separar el papel y cartón, entre otros. Una vez que se obtiene la cantidad de residuos de las familias que separan cada material, se multiplica el resultado por el porcentaje que corresponde al material de acuerdo con el estudio de composición tomado como referencia:

Plástico separado:

$$2\,089,80 \frac{ton}{año} * 0,87 = 1818,13 \frac{ton}{año} * 0,12 = 218,18 \frac{ton}{año}$$

Tetrabrik:

$$2\,089,80 \frac{ton}{año} * 0,401 = 838,01 \frac{ton}{año} * 0,001 = 0,84 \frac{ton}{año}$$

Papel y cartón separado:

$$2\,089,80 \frac{ton}{año} * 0,664 = 1387,63 \frac{ton}{año} * 0,05 = 69,38 \frac{ton}{año}$$

Vidrio

$$2\,089,80 \frac{ton}{año} * 0,34 = 710,53 \frac{ton}{año} * 0,01 = 7,11 \frac{ton}{año}$$

Aluminio

$$2\,089,80 \frac{ton}{año} * 0,378 = 789,94 \frac{ton}{año} * 0,01 = 7,90 \frac{ton}{año}$$

Electrónicos

$$2\,089,80 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,183 = 382,43 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,02 = 7,65 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Sumando los resultados anteriores, se obtiene que 311 toneladas son recuperadas para el reciclaje en esta parte del distrito.

Residuos orgánicos enterrados/esparcidos en jardín

Independientemente de sus acciones de separación para el reciclaje, alrededor de un 47% de las viviendas encuestadas, afirmó realizar el esparcimiento o entierro de residuos orgánicos. Por lo tanto es preciso obtener de la cantidad total de residuos, lo correspondiente a lo orgánico:

Número de viviendas que esparcen/entierran materiales orgánicos:

$$5\,160 \text{ viviendas} * 0,47 = 2\,425,20 \text{ viviendas}$$

Generación de residuos de viviendas que esparcen/entierran materiales orgánicos:

$$2\,425,20 \text{ viviendas} * 3,4 \frac{\text{hab}}{\text{vivienda}} * 0,61 \frac{\text{kg}}{\text{hab. día}} * 365 \frac{\text{día}}{\text{año}} * \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} = 1\,835,90 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

De las toneladas anteriores, un 44% corresponde a orgánico. Por lo tanto, el material destinado a esparcimiento o entierro es de:

$$1\,835,90 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,44 = 807,80 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Cálculo de los residuos sólidos quemados:

El 3,9% afirmó realizar la quema de una parte de sus residuos tradicionales, por lo tanto se tiene que la cantidad aproximada de viviendas que realiza esta práctica es:

$$5\,160 \text{ viviendas} * 0,039 = 201,24 \text{ viviendas}$$

La cantidad estimada de residuos quemados se calcula a continuación:

$$201,24 \text{ viviendas} * 3,4 \frac{\text{hab}}{\text{vivienda}} * 0,61 \frac{\text{kg}}{\text{hab. día}} * 365 \frac{\text{día}}{\text{año}} * \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} = 152,34 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

No obstante, como no todo lo generado se puede destinar para esta práctica, se asume que los materiales quemados son: papel, cartón, plástico, tetrabrik y los residuos clasificados como “otros”. De manera que la cantidad de los residuos sólidos quemados aproximadamente está dada por:

Papel y cartón quemado:

$$152,34 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,05 = 7,62 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Plástico:

$$152,34 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,12 = 18,28 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Tetrabrik:

$$152,34 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,001 = 0,15 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Otros:

$$152,34 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,22 = 33,52 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

La cantidad aproximada de residuos sólidos destinados a quemas actualmente es de 59,57 toneladas anuales.

Vidrio enterrado:

El 7% de los encuestados afirmó realizar el entierro de materiales como vidrio, por lo tanto, la cantidad aproximada de viviendas es de:

$$5\ 160 \text{ viviendas} * 0,07 = 361,20 \text{ viviendas}$$

La cantidad estimada de residuos enterrados se calcula a continuación:

$$361,20 \text{ viviendas} * 3,4 \frac{\text{hab}}{\text{vivienda}} * 0,61 \frac{\text{kg}}{\text{hab. día}} * 365 \frac{\text{día}}{\text{año}} * \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} = 273,43 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Debido a que el material más comúnmente enterrado es el vidrio, se calcula la cantidad enterrada tomando el porcentaje de este material que comúnmente se encuentra en viviendas de este estrato socioeconómico:

$$273,43 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,01 = 2,73 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Residuos sólidos dispuestos en relleno sanitario:

R.S enviados al relleno = Cantidad total generada – residuos sólidos destinados a reciclaje – residuos orgánicos enterrados/esparcido – residuos sólidos quemados - materiales inorgánicos enterrados

$$3\ 906,17 \frac{\text{ton}}{\text{año}} - 311 \frac{\text{ton}}{\text{año}} - 807,80 \frac{\text{ton}}{\text{año}} - 59,57 \frac{\text{ton}}{\text{año}} - 2,73 \frac{\text{ton}}{\text{año}} = 2725,07 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Para las otras dos comunidades se realizó un proceso similar, tomando en cuenta la realidad de cada una de ellas, de igual manera para el sector comercial en donde únicamente existe la recuperación de residuos y disposición al sistema de recolección de residuos ordinarios como

prácticas comunes. Debido a la similitud de una parte de los cálculos se recomienda consultar la totalidad de los mismos en el apéndice 3.

A continuación se ofrece un resumen de los flujos encontrados para cada uno de los sectores y comunidades antes mencionadas.

Cuadro 5.15. Flujo de residuos sólidos del sector residencial.

Comunidad	Residuos totales generados (ton/año)	Residuos recuperados para el reciclaje (ton/año)	Residuos orgánicos esparcidos/ enterrados en jardín (ton/año)	Residuos quemados (ton/año)	Vidrio enterrado (ton/año)	Residuos abandonados en el centro de Guápiles (ton/año)	Disposición final (ton/año)
Centro de Guápiles (recolección municipal)	3 906,17	311	807,80	59,70	2,73	N.A.	3 950,51
Sitios con recolección del Informal 1	1 268	78,06	271,15	103,11	1,05	N.A.	814,63
Bella Vista (recolección del informal X)	395	28,53	125,94	121,12	0,93	85,16	33,32
Total	5 569,17	417,59	1 204,89	283,80	4,71	85,16	4 798,46

N.A. = No aplica

La cantidad de la disposición final brindada por la recolección municipal debería de ser 2 725 ton/año restando el aporte de quemas, entierros y recuperación de materiales. Sin embargo, se tiene el conocimiento de que familias de otros sectores (además de Bella Vista), cuya recolección es informal, realizan la descarga ilegal de sus residuos en el centro de Guápiles para su posterior recolección municipal. Estos barrios pertenecen tanto a barrios del mismo distrito de Guápiles como al distrito vecino de la Colonia. Debido a que los sectores encuestados no realizan estas descargas ilegales (a excepción de las familias de Bella Vista) no se tiene certeza de las cantidades de residuos provenientes de cada distrito. Por lo tanto, se realizó un cálculo general que abarque las descargas ilegales totales de las cuales se desconoce su proveniencia que posteriormente son transportadas por camiones municipales hasta el relleno. Considerando lo anterior, se concluye que la Municipalidad termina disponiendo 1 255,44 toneladas extras al año.

Por otra parte, puede verse que un 7,5% de los residuos generados por este sector es destinado para su recuperación para el reciclaje.

A su vez, se tienen los resultados del sector comercial en el siguiente cuadro:

Cuadro 5.16. Flujo de residuos sólidos del sector comercial.

Servicio de recolección	Residuos totales generados (ton/año)	Residuos recuperados para el reciclaje (ton/año)	Disposición final (ton/año)
Municipal	3 124	654,46	2 469,54
Informal 1	285,47	145,43	140,04

Gestión de residuos recuperados para el reciclaje

Ante la necesidad de contar con flujos precisos de residuos recuperados para el reciclaje, se realizó una revisión de la información suministrada por los gestores de residuos y además se analizó el aporte en el distrito de las campañas de recuperación de materiales.

Campañas de recuperación de residuos para el reciclaje

Los materiales electrónicos que logran recuperarse durante las campañas se consideran como un flujo externo a lo considerado en los flujos anteriores de material recuperado, debido a que estos materiales corresponden a impresoras, monitores, televisores, entre otros materiales. Este tipo de residuos son por lo general almacenados durante largos periodos y su disposición se da únicamente en este tipo de campañas de recuperación.

Debido a que durante estas campañas llegan residuos electrónicos provenientes del sector institucional, se calcula que el aporte de este es de un 20% y el restante 80% se divide por igual entre lo domiciliar y comercial (40% c/u). Al excluir el aporte del sector institucional quedan dos flujos estimados de material electrónico de 4,88 ton/año. Los otros tipos de materiales se dividen considerando que alrededor de un 70% proviene del sector comercial y lo restante al domiciliar. A este tipo de materiales el sector institucional ha tenido un aporte casi nulo. Estas consideraciones se realizan debido al conocimiento en campo de los sitios de los cuales proviene la mayor parte de los residuos.

Por otra parte, el cuadro 5.13 muestra información sobre los resultados de las estimaciones brindadas por los gestores de residuos sólidos. Sin embargo, estas cantidades serán revisadas en esta sección para tener mayor precisión en los flujos de residuos dentro del diagrama.

Tal es el caso de la municipalidad, cuyas cantidades de residuos valorizables fueron posteriormente consultadas con el centro de acopio la Esquina, quienes sostuvieron que el camión municipal les entrega de 3,5 a 4 ton/semana y no 10 a 15 ton/semana como fue estimado. Por tal razón la cantidad descrita anteriormente debe ser corregida por un rango de peso que va aproximadamente de los 181,86 a 207,84 ton/año, cuyo promedio es 194,85 ton/año.

En el caso de Recicladora la Esquina, en los cálculos realizados del apéndice 3.6 se obtuvo una cantidad de residuos recolectados de 137,35 ton/año aproximadamente. Debido a que el número de viviendas proviene de aproximaciones y dados los resultados en la muestra de cálculo los

cuales no se alejan mucho de los estimados, se decide tomar la aproximación dada por los choferes de la Recicladora.

Este mismo procedimiento se realizó para calcular el aporte de Hogar Betel y del centro de acopio anónimo. En el caso de Phoenix Reciclaje se decide dejar el dato aproximado por el centro de acopio ya que este trabaja con grandes comercios cuya generación de residuos es mayor que la de los comercios estudiados en esta investigación. La generación brindada por Reciplanet fue sacada de la suma de boletas de residuos recolectados en los comercios con los cuales ellos trabajan por lo que la cantidad es bastante cercana a la realidad y se decide trabajar con ella. En el caso de Reciclo Metálico se extrae la suma de materiales como plástico, tetrabrik y cartón, papel, la cual es de 92 toneladas anuales según estimaciones de la propietaria. No se logra corroborar este dato ya que no existen cantidades aproximadas de comercios o viviendas que destinen sus residuos a este sitio. Y finalmente La acopiadora la Bendición, al trabajar con pesos de chatarra y conocer la cantidad de comercios o personas que dejan estos materiales, se trabaja con las aproximaciones brindadas.

Por otra parte, las cantidades de residuos sólidos ordinarios estimadas por cada gestor, fueron corregidas utilizando los datos del relleno sanitario, excluyendo el 15% de aporte del sector residencial. De manera que se tiene el siguiente cuadro resumen:

Cuadro 5.17. Corrección de cantidades de residuos estimada por gestores excluyendo el aporte de residuos de chatarra.

Gestor de residuos	Cantidad de residuos estimadas por gestor (ton/año)	Datos corregidos (ton/año)
Municipalidad de Pococí	519,6 a 779,4	194,85
Recicladora la Esquina	160,5	160,5
Phoenix Reciclaje de Costa Rica	240	240
Centro de acopio anónimo	504 a 672	57,32
Reciplanet HCH	480	480
Reciclo Metálico Pococí	92	92
Hogar Betel	594,36	91,69
TOTAL		1 316,36
Residuos ordinarios		
Municipalidad de Pococí	3 120	6 420,05
Informal 1	112	954,67
TOTAL		7 374,72

El aporte de la pequeña estación que entrega sus residuos a Hogar Betel está incluido dentro de las cantidades que el centro envía a Recicladora la Esquina, por lo que para este cuadro se excluyó su aporte individual. Lo mismo que el brindado por el señor Rivera, el cual se incluye dentro de los residuos recolectados por las unidades de Recicladora la Esquina.

Al igual que en el caso de los materiales electrónicos, los residuos de chatarra serán tratados como un flujo aparte debido a que su disposición no se realiza con frecuencia por un mismo individuo. Por lo general, los materiales que se disponen son el zinc, hierro, carrocería, entre otros materiales. Por esta razón se decide excluir del cuadro anterior el aporte de estos materiales y tratarlos como un flujo individual que sale anualmente del sector residencial y comercial. Lo anterior explica la diferencia de la contribución de Reciclo Metálico con respecto al cuadro 5.13, el cual sumaba las cantidades de chatarra más otro tipo de materiales recolectados. Lo mismo con el centro de acopio la Bendición el cual fue totalmente excluido del cuadro anterior debido a que únicamente recibían residuos metálicos al momento de la entrevista.

Por lo anterior se establece también que el flujo de chatarra anual aproximado es de 888 toneladas anuales (480 ton/año de La Bendición + 408 ton/año restantes de Reciclo Metálico), distribuyendo estas cantidades entre un 90% del sector comercial y un 10% el sector residencial.

Por otra parte, es importante notar la suma de 1 316,36 toneladas anuales que resultan de lo gestionado por cada recolector privado. Si se compara esto con las 1 217,59 toneladas del material recuperado para el reciclaje (sumando sector residencial y comercial de los cuadros 7, 8 y 9), se observa que existe una gran diferencia de 98,77 toneladas. Sin embargo, se toma la decisión de trabajar con las 1 217,59 toneladas anuales debido a que se establece que este dato es más certero debido a que se tuvo un contacto directo con vecinos de la comunidad y con los comerciantes. A continuación se presentan la herramienta obtenida:

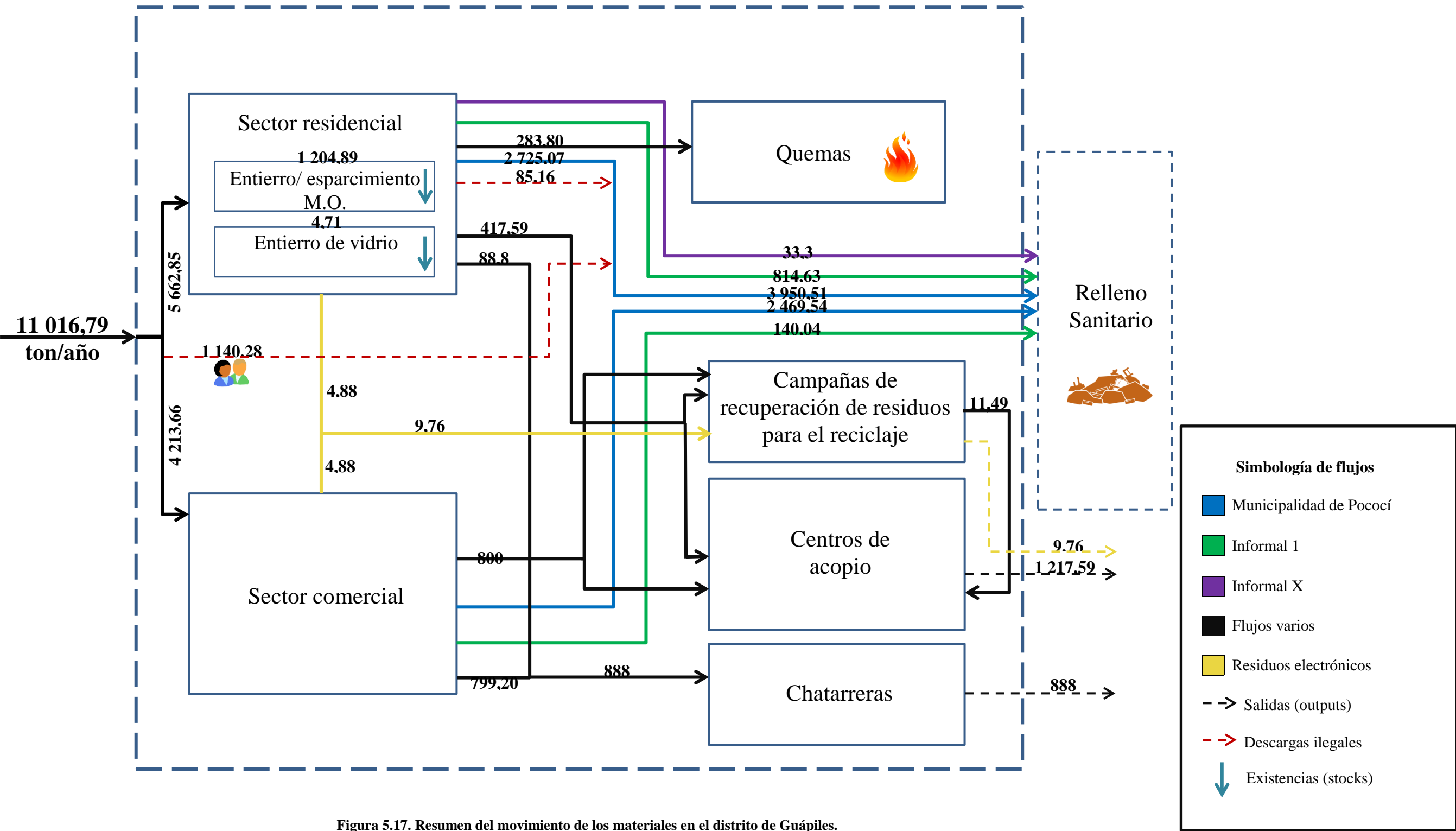


Figura 5.17. Resumen del movimiento de los materiales en el distrito de Guápiles.

5.4. ALIANZAS PÚBLICO PRIVADAS

Las alianzas público privadas han sido desarrolladas como un mecanismo en el cual el sector público y el privado establecen un contrato para la provisión de un servicio público. En Guápiles existen algunas personas ofreciendo servicios de recolección de residuos sólidos sin que medie algún contrato. Durante el presente estudio se quiso investigar el interés de que exista una relación contractual entre ambas partes, por lo que se realiza la pregunta al gestor ambiental municipal y al recolector Informal 1, confirmando así el interés de ambos en formalizar un acuerdo que respalde la labor realizada por el servicio de recolección informal. Además, se indicó que la municipalidad actualmente no cuenta con ningún tipo de convenio con estos gestores informales. Ellos han surgido de la necesidad de las comunidades de contar con el servicio de recolección el cual no podía ser ofrecido por la municipalidad.

Las rutas de recolección han sido definidas de acuerdo con la cantidad de población, lejanía con respecto a sitios más poblados e índice de morosidad. Por lo anterior algunas comunidades quedaron sin servicio las cuales fueron asumidas por gestores informales que en la actualidad realizan el servicio de recolección. En este sentido, tanto el sector público como el privado, han podido beneficiarse a lo largo de los años al poner en común los conocimientos técnicos y la experiencia del sector privado para mejorar la prestación de servicios básicos a todos los ciudadanos (UNDP - Toolkit for Pro-Poor Municipal PPPs, 2017).

Durante el estudio se preguntó al gestor informal sobre la satisfacción que tiene con respecto a la relación informal con la municipalidad a lo que indicó que está satisfecho ya que la municipalidad cubre los costos de disposición final en el relleno sanitario.

A la pregunta de que consideran como una relación exitosa, el gestor ambiental indicó que es fundamental lograr formalizar el estado actual de los recolectores externos al servicio municipal, para posteriormente realizar una contratación de los mismo en el marco de la legalidad, ya que estos tienen el conocimiento y experiencia en las rutas donde el municipio no ofrece actualmente el servicio, y a su vez, el gobierno local debe cobrar dichas labores a todos los usuarios que se les brinde la recolección y tratamiento de residuos. Actualmente, la municipalidad no conoce exactamente los costos de la gestión de residuos sólidos por lo que, parece necesario una evaluación sobre esto de tal manera que la posición negociadora de la municipalidad sea basada en datos reales de operación y mantenimiento.

Para el gestor de residuos informal investigado, las barreras que pueden impedir la creación de una alianza es la falta de interés de ambas partes de discutir una formalización o contrato. Además se propone que el cobro por el servicio se realice directamente entre la municipalidad y el usuario, de este modo de se podría financiar dicha contratación a lo largo del tiempo. No obstante, en la actualidad la municipalidad no cuenta con los fondos suficientes para subcontratar al personal de recolección informal, siendo esta una de las principales barreras que mencionó el gestor para una posible alianza.

A su vez, el UNDP (2017) indica que existen deficiencias que podrían obstaculizar la formación de una asociación exitosa, dentro de las que se incluyen la ausencia de información disponible

localmente, obstáculos legales, políticos e institucionales subyacentes para la formación de relaciones público-privadas efectivas. Las alianzas PPP requieren de un buen clima político de tal manera que los cambios políticos no las afecten.

Las alianzas exitosas comienzan cuando ambas partes tienen el interés de lograr objetivos similares, como por ejemplo elevar los estándares de vida, aliviar la pobreza, entre otros (UNDP, 2017). Para este caso en particular, de la entrevista realizada se determinó que ambas partes tienen una meta común de querer proveer a las comunidades del cantón un buen servicio que permita proteger la calidad de vida de las personas. Lo anterior sumado a la buena percepción que tienen entre sí ambos gestores, conforma un muy buen ambiente para formalizar una alianza, la cual, según el gestor ambiental, debe de realizarse a la mayor brevedad posible. En este sentido es importante tomar en cuenta los intereses de ambas partes. Según el UNDP (2017) el sector público normalmente espera que el sector privado contribuya en proporcionar servicios acordados; hacer inversiones acordadas; cumplir con los estándares / objetivos acordados; y no explotar ninguna situación de monopolio que pueda existir. El sector privado esperaría que el sector público contribuya en pagar las tarifas acordadas puntualmente, implementar aumentos de tarifas según lo acordado; y evitar la competencia inesperada de otros durante la operación (exclusividad). Por su parte, la comunidad espera que la alianza provea niveles adecuados de servicios y que sea asequible para la comunidad.

Las PPP toman tiempo en solidificarse como forma asociativa. El proceso de comprender los problemas que deben abordarse y los impactos en los socios potenciales, así como las necesidades y aspiraciones de los socios, ocupa un buen periodo de tiempo para lograr la confianza entre todos los participantes. Se debe prestar especial atención al equilibrio entre responder rápidamente a las crisis más urgentes y desarrollar soluciones integradas que puedan permanecer. Los ciclos políticos y el deseo de mejora inmediata en una situación de crisis a menudo conducen al desarrollo de marcos de tiempo demasiado cortos. Tales agendas a corto plazo y horizontes limitados conducen a expectativas poco realistas y soluciones insostenibles. Los cambios institucionales importantes (como el desarrollo de la capacidad regulatoria) y las grandes inversiones privadas pueden tardar (UNDP, 2017).

Debido a la buena relación existente entre la municipalidad y el gestor informal, se recomienda valorar la posibilidad de crear una alianza público-privada entre ambos. Los pasos a seguir para la creación de la misma se detallan en la sección de recomendaciones.

6. CONCLUSIONES

- Los resultados del estudio de caracterización de residuos del sector domiciliar dieron como resultado una composición de un 58,1% de material orgánico, 21,5% de residuos ordinarios, 0,2% de residuos electrónicos y un 20,2% de material valorizable. Del sector comercial, los resultados del supermercado brindaron una composición de un 67,4% de material orgánico, un 24,3% de material valorizable y un 8,3% de residuos ordinarios. De los restantes comercios estudiados se obtuvo una composición de un 44,1% de residuos orgánicos, un 40,4% de material valorizable y un 15,5% de residuos ordinarios. Con base en el estudio de este sector se obtuvo una generación aproximada de 7,21 kg de residuos sólidos diarios por comercio y 0,85 kg de residuos sólidos diarios por habitante, considerando la generación de sus residuos domiciliarios y el aporte de los residuos producidos derivados del sector comercial.
- La falta de divulgación de los gestores de residuos sólidos valorizables, la no identificación de las unidades utilizadas en la recolección, la inexistente divulgación de las campañas de recuperación de residuos para el reciclaje y la poca educación y concientización ambiental a la población son algunos de los aspectos que afectan la recuperación de residuos sólidos para el reciclaje en comunidades y comercios. Tal como lo explican Thomas & Sharp (2013), la falta de información es una de las razones por las cuales las personas no realizan la separación para el reciclaje. Pese a la cercanía de un punto recolección en el centro de Guápiles, las campañas de recuperación mensuales y la existencia de gestores en barrios, muchos de los vecinos afirmaban no saber dónde disponer los materiales valorizables.
- Si se logran cumplir los lineamientos propuestos en el PMGIR (2017-2022) de Pococí en su Programa de Educación Ambiental Municipal, los cuales incluyen la creación de una guía para la educación y divulgación ambiental y lograr un proceso de enseñanza a través de la educación formal e informal, se podría fortalecer en una mayor medida, la educación ambiental en los diversos sectores generadores de residuos. Si se fortalece la separación de los residuos en cada vivienda y comercio las ganancias económicas anuales por la venta de material valorizable en todo el distrito, daría una cantidad aproximada de ₡73 742 610 a ₡98 323 480 si este lograra recuperarse entre un 60 y un 80% y existiera el mercado para todos los materiales.
- Los sitios de disposición final identificados en todo el distrito por la herramienta de AFM son: el entierro o esparcimiento de residuos orgánicos (1 204,89 ton/año), el entierro de materiales inorgánicos principalmente como el vidrio (4,71 ton/año), la quema de residuos sólidos (283,80 ton/año), la recuperación de residuos sólidos para el reciclaje a través de las campañas existentes o la recolección del sector municipal, privado e informal (2 115,35 ton/año) y la disposición final al relleno sanitario por el sector municipal e informal de 7 408,04 ton/año, de las cuales 1 225,44 ton/año corresponden a descargas ilegales al centro de Guápiles.
- La herramienta de AFM, permite visualizar las diversas problemáticas en el manejo de residuos sólidos del distrito, a través de un diagrama de fácil comprensión para personal municipal, o de sectores privado e informal.
- Un AFM requiere de información detallada de prácticas comunes de manejo de residuos sólidos de parte de la población en general. En el proceso de análisis, se debe tratar de abarcar la

mayor cantidad de actores sociales que permitan obtener datos precisos, el acceso a bases de datos actualizadas ya sea de gestores, cantidades de residuos y censos poblacionales que permitan a su vez, corroborar los resultados obtenidos. En la presente investigación tuvo que realizarse un censo poblacional en campo debido a que el Departamento de Catastro Municipal no contaba con un censo catastral que permitiera realizar estas aproximaciones.

- Las barreras asociadas a una disposición final adecuada de los residuos sólidos ordinarios de Guápiles, se basan en el desconocimiento de parte de los vecinos de las comunidades sobre la disposición correcta del vidrio, ya sea plano o vidrio reciclable, desconocimiento de la existencia del servicio en comunidades alejadas y la existencia de un único recolector informal en el caso de la comunidad de Bella Vista.
- Un alto porcentaje de vecinos y comerciantes encuestados manifestó interés y disposición de aprender más acerca de la correcta separación de los residuos sólidos valorizables, de educarse a nivel general en temática ambiental y aprender sobre el PMGIR y el Reglamento para el manejo Integral de Residuos Sólidos del Cantón de Pococí.
- Tanto el recolector Informal 1 como la UTGAM manifiestan interés de realizar una alianza público-privada. No obstante, ambos sectores difieren en lo que consideran como una alianza exitosa. La UTGAM establece que esta se basa en que el sector informal realice el proceso para constituirse como gestor autorizado y ser subcontratado por la Municipalidad de Pococí, para lo cual la misma UTGAM afirma no tener el recurso económico en la actualidad. Por otra parte, el recolector Informal 1 afirma que una alianza exitosa se basa en que la Municipalidad de Pococí siga costearo el pago del tratamiento de los residuos sólidos y que exista un acuerdo por escrito que respalde sus funciones, pero seguir operando de manera informal y cobrando directamente a cada usuario el servicio.
- La población del distrito de Guápiles desconoce la labor realizada por la Municipalidad de Pococí en el pago de la disposición final de residuos, tanto de los residuos recolectados por unidades municipales como de seis gestores más de residuos incluidos informales y una cooperativa. El desconocer que la Municipalidad ejerce su obligación en este sentido provoca un descontento poblacional en sitios con recolección informal debido a que se consideran como sitios excluidos.
- Actualmente existe un ambiente óptimo entre la Municipalidad de Pococí y el gestor Informal 1 para la creación de una Alianza Público -Privada.

7. RECOMENDACIONES

Debido a la alta generación de material orgánico dispuesto en el relleno sanitario, se podría pensar en formas de tratar estos residuos y disminuir la carga de material que es llevado al sitio. Tal es el caso de la elaboración de compost, la cual es una de las formas más comunes y amigables para el manejo de los residuos orgánicos (Warunasinghe & Yapa, 2016). La producción de compost puede realizarse a través de diversos métodos, los cuales van desde técnicas descentralizadas en el patio trasero de una casa y a nivel comunal, hasta técnicas centralizadas a gran escala. La elección de ésta dependerá en gran medida de la cantidad de residuos orgánicos para alimentar el sistema, la disponibilidad de espacio, recursos como agua, electricidad, mano de obra y mercado para la comercialización del producto final. Varios autores argumentan que la mejor opción es la descentralizada, debido a la cercanía del sistema a su fuente de generación, el requerimiento de tecnologías más simples, el aumento de la conciencia ambiental de parte de los vecinos de una comunidad, y la independencia al sistema de gestión de los residuos existente en el lugar. Estos sistemas pueden ser promovidos por diversas partes interesadas como barrios, hogares individuales, empresas privadas, autoridades gubernamentales e instituciones. A diferencia de una tecnología descentralizada, el transporte de estos residuos tan densos exigen la existencia de vehículos especializados para su traslado a las instalaciones centralizadas, maquinaria técnica con un elevado costo de inversión, operación y mantenimiento (Bobeck, 2010). Por lo tanto, se recomienda a la UTGAM evaluar la posibilidad de promover sistemas descentralizados de tratamiento de residuos orgánicos ante la alta generación de estos.

Se recomienda a los diversos gestores de residuos valorizables, y a la Municipalidad de Pococí en específico, a que realicen la divulgación de rutas, horarios y tipo de material recolectado. A su vez, se recomienda dar a conocer las fechas de las campañas de recuperación de residuos para el reciclaje y el tipo de material recolectado, haciendo especial énfasis en la recepción de residuos electrónicos que constituyen los principales stocks o materiales guardados en viviendas, comercios e incluso instituciones. En este sentido la divulgación debe ser casa por casa, así como la explicación de cómo acondicionar los materiales. Según Bernstad (2013) la difusión de información sobre este tema puede incrementar acciones de recuperación de residuos sólidos en comunidades. Lo anterior se debe a que la comunicación es un medio esencial para cumplir con los objetivos principales de un programa o proyecto. La misma refleja el diálogo existente entre un servicio de recolección de residuos y su población meta (Abarca & Arsiray, 2010). Por esta razón, es de gran importancia conocer y aplicar estrategias para aumentar la participación poblacional del distrito y que tanto las campañas de recuperación de residuos para el reciclaje, como la recolección selectiva de los residuos “puerta a puerta” tengan un mayor éxito y sean conocidas por todas y todos.

Se debe instar a los actores involucrados en la gestión de los residuos valorizables en la identificación de las unidades móviles utilizadas, brindando el nombre de la empresa y un número telefónico. Esto aumenta la confiabilidad de la comunidad y además les motiva a seguir separando sus residuos sólidos o a comenzar a separarlos. En las campañas de recuperación de materiales valorizables se debe dar especial atención a la recolección a aquellos comercios que actualmente no la reciben de parte de ningún gestor de residuos (privado, informal o municipal) para extender la recolección a aquellos comercios que actualmente no recuperan ni clasifican sus materiales por desconocimiento de las mismas. A su vez, para aumentar la confiabilidad de la comunidad en la

labor municipal, es recomendable que las campañas sean lo suficientemente claras al definir las instituciones colaboradoras, debido a que las personas encuestadas desconocían que fuese la Municipalidad de Pococí la promotora.

Dado el interés poblacional de recibir formación en temática de gestión de residuos, se recomienda a la UTGAM trabajar cuanto antes este tema en la medida de sus capacidades y recursos disponibles. Debe de tomarse en cuenta la disponibilidad de tiempo del sector comercial y domiciliario. A este último sector se recomienda brindarle las facilidades, para que las amas de casa puedan asistir en compañía de niños pequeños, debido a que las mismas son en su mayoría quienes realizan el acondicionamiento de los materiales recuperados. Esta sería una manera de lograr que las capacitaciones sean exitosas en términos de asistencia.

Se recomienda a la UTGAM establecer una relación con el recolector Informal X, debido a que la Unidad actualmente no ha tenido un contacto directo con él. De este modo podría comprenderse la labor que realiza este gestor de residuos, las barreras o dificultades que enfrenta actualmente y a su vez demostraría interés a la comunidad de Bella Vista, la cual se percibe a sí misma como excluida de parte de la Municipalidad. Al ser una población con una gran problemática de quemaduras, descargas ilegales y entierros de vidrio, este acercamiento debe realizarse a la mayor brevedad posible.

Es recomendable que la UTGAM evalúe la posibilidad de crear una alianza con el sector informal de residuos sólidos que implique la obligatoriedad de registro como gestor autorizado ante el Ministerio de Salud de este sector. Los pasos para una alianza de este tipo, basado en el “Toolkit for Pro-Poor Municipal PPPs” de la UNDP (2017), son:

Paso 1

Definir el **área geográfica**. El alcance de la asociación público-privada debe considerarse en términos de **área geográfica** y **requisitos de servicio**.

Área geográfica

En términos de área geográfica, el alcance debe definirse con respecto a la naturaleza del proyecto (por ejemplo, si el servicio que se proporcionará es de la gestión de residuos) y los objetivos del responsable de la toma de decisiones.

Requisitos de servicio

El gobierno necesita evaluar los niveles actuales de servicio; estos se expresan típicamente como proporciones de la capacidad de la instalación para demandar. Para esto, el gobierno necesitará recopilar información sobre asuntos tales como:

- Características del servicio (cantidades suministradas, medidas y pagadas);
- Estándares de rendimiento (calidad, presión, seguridad del suministro, interrupciones, inundación de alcantarillas, colapso del alcantarillado y similares); y
- Problemas con la prestación de servicios por parte del sector público.

Paso 2

Establecer los **principios** de la relación. Para promover una solución sostenible y garantizar que las alianzas público-privadas funcionen en beneficio de todos los ciudadanos, deben llevarse a cabo de acuerdo con principios sólidos. Los principios de las PPP se basan en buena gobernanza, transparencia, participación, entre otros.

Paso 3

Establecer los **actores potenciales**. Existen en la comunidad diversos actores que tienen un interés legítimo en el desempeño de los servicios urbanos. Los gobiernos deben identificar los grupos clave y evaluar su posible apoyo u oposición a la asociación público-privada.

El objetivo en esta etapa es identificar a todas las partes interesadas que podrían contribuir o tener participación en la asociación. La identificación incluirá:

- El nivel de participación de los interesados;
- Las posibles funciones de los interesados en relación con los objetivos;
- Los posibles conflictos de intereses; y
- Las relaciones entre los interesados.

Todas las partes interesadas deben ser incluidas en el análisis de identificación de actores. De hecho, la complejidad del trabajo requiere un esfuerzo de equipo, lo que hace que el proceso de toma de decisiones sea más efectivo.

La municipalidad debe asumir el rol de coordinador de la realización de las evaluaciones de los actores. Para esto puede considerar el uso de asesores externos. Dichos consultores podrían ser financiados por fondos propios o bien apoyarse en la academia local.

Paso 4

Proponer **objetivos** de asociación los cuales guiarán a los socios de la alianza a través de procedimientos establecidos. Se crean las reglas básicas que la asociación público-privada seguirá para garantizar que se cumplan los objetivos y principios rectores.

Los buenos procesos producen un resultado satisfactorio para los usuarios del servicio sin costos innecesarios o demoras. Además, también permiten flexibilidad para responder a eventos imprevistos, sin perder de vista los objetivos originales del PPP. Además, los buenos procesos deberían asegurar a las partes interesadas que el acuerdo de asociación es justo y transparente, reduciendo el riesgo de interrupciones legales o políticas más adelante.

Paso 5

Establecer el **tipo de asociación** donde se reúnen tres amplias categorías de socios: los sectores público y privado y la comunidad (o sector privado, sin fines de lucro). Cada tipo de organización trae consigo algunos procesos que "siempre" utiliza.

Sector público: procesos gubernamentales

Los dos procesos que rigen el rol del sector público en el PPP son: regulación y contratación.

La regulación está diseñada para establecer y aplicar estándares de desempeño. Para esto, el gobierno local utiliza instrumentos como licencias; subsidios; estándares de desempeño; derechos de propiedad; restricciones de precio, precio y cantidad; y así sucesivamente.

Contratación es el arreglo hecho por el gobierno local por el cual paga a otras partes para proporcionar un bien o servicio. Para evitar problemas de corrupción, las normas de contratación pública son muy estrictas y están diseñadas para garantizar la transparencia y que el gobierno paga el precio más bajo por el servicio solicitado.

Sector privado

El sector privado evalúa si el proyecto es lo suficientemente atractivo como para asumir los riesgos involucrados. Se debe identificar, de antemano: un calendario planificado de eventos; procesos a seguir; actividades que se llevarán a cabo; consideraciones; criterios de evaluación, etc.

Comunidad: toma de decisiones participativas

La toma de decisiones participativas es un proceso que caracteriza ampliamente la forma en que el público puede afectar las decisiones tomadas por el gobierno local. La participación pública no es un concepto monolítico. Existen métodos generales y específicos a través de los cuales el público puede tener voz en el proceso de toma de decisiones. Estos métodos incluyen comentarios, testimonios, campañas de publicidad, protestas, entre otros.

Además del hecho de que el público tiene derecho a saber, expresar su opinión y afectar las decisiones, el gobierno local debe darse cuenta de que involucrar a la sociedad civil en el proceso de construcción del PPP influirá en la sostenibilidad y eficiencia del propio PPP. El gobierno necesita visualizar la participación comunitaria que habrá en los procesos de toma de decisiones, tales como: desarrollo de políticas, legislación, estándares, emisión de permisos, decisiones de planificación, entre otros. El proceso participativo también tiene implicaciones para los otros dos sectores. Para el gobierno local, significa un enfoque de base para la toma de decisiones y la presencia de un vigilante, que proporciona un nivel adicional de control de la corrupción. Para la contraparte privada, implica que sus clientes tendrán un mejor conocimiento de los servicios que pagan, así como la presencia del monitoreo de ganancias justas (en lugar de excesivas).

Los procesos utilizados por los tres sectores difieren en tal medida que los actores inexpertos en alianzas podrían estar ansiosos al menos, si no desalentados por completo de las actividades consiguientes. Lo que debe tenerse en cuenta es que para lograr los resultados esperados del PPP, cada uno de los actores no solo deberá demostrar tolerancia y respeto mutuo, sino que también deberá adaptarse a la comprensión de los procesos formales de las otras partes.

Paso 6

Durante este paso se **seleccionan las opciones de PPP** para lo cual se pueden seguir los siguientes procedimientos:

1. Definir opciones de organización
2. Desarrollar un marco de asociación
3. Identificar las principales opciones de PPP

Durante la definición del marco organizativo se establecen los objetivos y se analizan las oportunidades y limitaciones específicas del proyecto. Se determinan diferentes arreglos organizacionales para ver cuál es la mejor manera de alcanzar los objetivos propuestos. Los modelos operacionales incluyen los que se enumeran a continuación.

Modelo contractual directo: El sector privado está contratado directamente con el municipio.

Modelo de utilidad: La municipalidad crea una utilidad independiente para separar la responsabilidad del servicio. Además, tiene un acuerdo con la empresa. Este marco organizacional crea una serie de relaciones contractuales en el nivel superior, complementadas por contratos subsidiarios para la prestación de servicios.

Modelo de empresa conjunta: Los actores públicos y privados asumen la copropiedad de los activos del sistema y la corresponsabilidad en la prestación de los servicios. Los socios del sector público y privado pueden formar una nueva compañía o compartir la propiedad de una compañía existente. La empresa conjunta crea una nueva entidad para implementar varios tipos de estructuras de proyectos.

Modelo de contratación comunitaria: La municipalidad delega su papel a la comunidad. En algunas situaciones, no tiene una relación contractual con la comunidad. Sin embargo, a través de un programa estructurado de cambio, la comunidad establece relaciones contractuales con el sector privado. Es posible que se requiera un desarrollo significativo de la capacidad de la comunidad para garantizar que este marco organizacional sea sostenible.

Paso 7

Después de que la municipalidad haya definido la opción de organización y una estrategia para desarrollar una asociación, se puede tomar el siguiente paso para **identificar la opción contractual**; esto a su vez puede formalizar la opción de organización.

Las principales opciones para PPP pueden definirse claramente en términos de cómo asignan la responsabilidad a funciones tales como: propiedad de activos, el nivel de responsabilidad y autonomía delegada al sector privado, la inversión de capital requerida, la regulación, la duración del contrato y la relación contractual con los usuarios.

En un extremo del espectro está la opción de un sector completamente público, donde el gobierno es responsable de todas las etapas de la prestación del servicio. En el otro extremo del espectro, existe la opción cuando el gobierno delega la responsabilidad total del servicio al sector privado,

conservando solo sus roles como habilitador y regulador. Entre estos, hay una plétora de otras opciones disponibles. La selección de uno en particular depende de los resultados de un análisis exhaustivo.

Diferentes países han adoptado distintas opciones contractuales para las Alianzas Público Privadas. En la práctica, estos arreglos suelen ser híbridos o una combinación de las opciones básicas: contratos de servicio y gestión, arrendamiento, concesión, arreglos Build-Operate-Transfer (BOO); o una transferencia completa de propiedad a través de la desinversión. Un resumen se encuentra en el siguiente cuadro.

Cuadro 7.18. Opciones contractuales de Alianza Público-Privadas. Fuente: UNDP, 2017.

Opción	Dueño del bien	Operación y mantenimiento	Inversión de capital	Riesgo comercial	Duración (años)
Contrato de servicio	Público	Público/ Privado	Público	Público	1 a 2
Contrato de gestión	Público	Privado	Público	Público	3 a 5
Leasing	Público	Privado	Público	Compartido	8 a 15
BOT	Privado	Privado	Privado	Privado	20 a 30
Concesión	Público / Privado	Privado	Privado	Privado	25-30

Posterior a los pasos antes mencionados se establecen otra serie de acciones por parte de los miembros de la alianza. De manera general se resumen a continuación:

1. Se analizan los beneficios y costos del proyecto. Preguntas que se hacen son:
 - ¿El proyecto propuesto tiene una posibilidad realista de tener éxito?
 - ¿El concepto de negocio debe basarse en principios técnicos y comerciales sólidos?
 - ¿Hay suficiente tiempo entre ahora y la fecha de entrega de los resultados del proyecto?
 - ¿Hay recursos financieros adecuados disponibles?
 - ¿Hay una voluntad política? etc.
2. Se diseña un programa de inversiones
3. Se establece una estrategia de recuperación de la inversión
4. Se estructuran las tarifas, subsidios y la forma en que se recolectarán los dineros
5. Se establecen mecanismos de monitoreo de la eficiencia y calidad del servicio

Se recomienda profundizar el análisis de la herramienta de UNDP para obtener información más precisa de cada uno de los pasos propuestos.

8. REFERENCIAS

- Abarca, L. G., & Arsiray, C. (2010). *Communication Strategy Tool*.
- Abarca, L. G., Maas, G., & Hogland, W. (2013). Desafíos en la gestión de residuos sólidos para las ciudades de países en desarrollo. *Waste Management Journal*.
- Alam, P., & Ahmade, K. (2013). *Impact of solid waste on health and the environment*. Delhi.
- Asian Productivity Organization. (2007). *Solid Waste Management: Issues and Challenges in Asia*. Tokyo: Environmental Management Centre.
- Ben-Haddej, D., Buchenan, A., Owen, A., & Shakan, G. (2010). Managing Costa Rica's Waste: Recommendations for a Municipal Solid Waste Management Plan.
- Bernstad, A., & J. la Cour Jansen, A. A. (2012). Door-stepping as a strategy for improved food waste recycling behaviour – Evaluation of a full-scale experiment. *Elsevier*, 94-103.
- Bobeck, M. (2010). *Organic Household Waste in Developing Countries: An overview of environmental and health consequences, and appropriate decentralised technologies and strategies for sustainable management*. Östersund: Mid Sweden University.
- Brunner, P. H., & Rechberger, H. (2004). *Practical Handbook of Material Flow Analysis*. Boca Ratón: Lewis Publishers.
- Brunner, P., & Rechberger, H. (2016). *Practical handbook of material flow analysis*. Florida: CRC Press.
- Campos, R. R., & Soto, S. C. (2014). Estudio de generación y composición de residuos sólidos en el cantón de Guácimo, Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 122-135.
- Caniato, M., Vaccari, M., & Zurbrügg, C. (2014). How Assessment Methods Can Support Solid Waste Management in Developing Countries—A Critical Review. *Sustainability*, 552.
- Cointreau, S. (2006). *Occupational and Environmental Health Issues of Solid Waste Management: Special Emphasis on Middle- and Lower-Income Countries*. Washington, D.C.: The World Bank.
- Comisión GIR Pococí. (2016). *Plan Municipal para la Gestión Integral de los Residuos del Cantón de Pococí*. Guápiles.
- Contraloría General de la República (CGR). (2016). Auditoría Operativa Recolección de Residuos Ordinarios. San José: Publicaciones cgr.

- Do-Thu, N., Moreld, A., Nguyen-Viet, H., Pham-Duc, P., Nishida, K., & Kootattep, T. (2011). Assessing nutrient fluxes in a Vietnamese rural area despite limited and highly uncertain data. *Resources, Conservation and Recycling*, 1.
- Gaviria, L. M., & Soto, S. C. (2007). Situación de la gestión de residuos sólidos en las Municipalidades en Costa Rica: recolección, disposición y recuperación. *Tecnología en Marcha*, 4-5.
- Gerdes, P., & Gunsilius, E. (2010). *The Waste Experts: Enabling Conditions for Informal Sector Integration in Solid Waste Management*. Eschborn: GTZ.
- Giesen, D., Meertens, V., Vis-Visschers, R., & Beukenhorst, D. (2012). *Questionnaire development*. Heerlen: Statistics Netherlands.
- Gotame, M. (2012). *Community Participation in solid waste management Kathmandu*. Bergen.
- Hoornweg, D., & Bhada-Tata, P. (2012). *What a waste: a global review of solid waste management*. Washington, D.C: World Bank.
- Johns, R. (2010). *Likert items and scales*. Glasgow.
- Karija, M. K., Shihua, Q., & Lukaw, Y. S. (2013). The Impact of Poor Municipal Solid Waste Management Practices and Sanitation Status on Water Quality and Public Health in Cities of the Least Developed Countries: the Case of Juba, South Sudan. *International Journal of Applied Science and Technology*, 87-99.
- Kassie, K. E. (2016). The problem of solid waste management and people awareness on appropriate solid waste disposal in Bahir Dar City: Amhara region, Ethiopia. *ISABB Journal of Health and Environmental Sciences*, 1-2.
- Klundert, A. v., & Anschütz, J. (2001). *Integrated Sustainable Waste Management - the Concept*. Gouda.
- Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE). (2018). Informe de estado del ambiente: Costa Rica 2017. San José.
- Ministerio de Salud (MS). (2016). Estrategia Nacional de Separación, Recuperación y Valorización de Residuos (ENSRVR) 2016-2021. San José.
- Ministerio de Salud (MS). (2016). Plan Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos 2016-2021. San José.
- Ministerio de Salud (MS), Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), & Ministerio de

Hacienda (MH). (2017). Reglamento para el Manejo Integral de Residuos del Cantón de Pococí.

- Montangero, A. (2006). *Material Flow Analysis for Environmental Sanitation Planning in Developing Countries*. Innsbruck.
- Muchangos, L. S., Tokai, A., & Hanashima, A. (2017). Application of material flow analysis to municipal solid waste in Maputo City, Mozambique. *Waste Management & Research*.
- Owens, E. L. (2008). *Material Flow Analysis for Kayangel State, Republic of Palau: Solid Waste Management on a Small Pacific Island*. Michigan.
- Phillips, W., & Thorne, E. (2013). *Municipal solid waste management in the Caribbean: A benefit-cost analysis*. ECLAC.
- Programa Competitividad y Medio Ambiente (CYMA/GTZ) (2007). Programa de Residuos Sólidos Costa Rica. Diagnóstico y Áreas Prioritarias. San José.
- Programa Competitividad y Medio Ambiente (CYMA/GTZ) (2012). Guía de interpretación de la metodología para la realización de estudios de generación y composición de residuos ordinarios. San José.
- Tang, J., & Brunner, P. H. (2013). *Globalising MFA: Decision Support for Waste Management in Cities Based on the Software STAN*. Vienna.
- Thomas, C., & Sharp, V. (2013). Understanding the normalisation of recycling behaviour and its implications for other pro-environmental behaviours: A review of social norms and recycling. *Elsevier*, 11-20.
- UNDP. (2017). *World Bank Group*. Recuperado el 6 de Junio de 2018, de World Bank Group: <https://ppp.worldbank.org/public-private-partnership/library/undp-toolkit-pro-poor-municipal-ppps>.
- Vassanadumrongdee, S., & Kittipongvises, S. (2017). Factors influencing source separation intention and willingness to pay for improving waste management in Bangkok, Thailand. *Sustainable Environment Research*, 90-99.
- W.A.A.I.Warunasinghe, & P.I.Yapa. (2016). A survey on household solid waste management (SWM) with special reference to a peri-urban area (Kottawa) in Colombo. *Procedia Food Science*, 257–260.
- Zaccariello, L., Cremiato, R., & Mastellone, M. L. (2015). Evaluation of municipal solid waste management performance by material flow analysis: Theoretical approach and case study. *Waste Management & Research*, 1-15.

- Zurbrügg, C. (2013). *Assessment methods for waste management decision-support in developing countries*. Brescia.
- Zurbrügg, C., & Schertenleib, R. (1998). *Main problems and issues of municipal solid waste management in developing countries with emphasis o problems related to disposal by landfill*. Duebendorf.

9. APÉNDICES

Apéndice 1: Caracterización de residuos sólidos

Apéndice 1.1 Caracterización de residuos sólidos del sector residencial



Figura A.1.1.1. La Emilia y Calle Talamanca.



Figura A.1.1.2. Urbanización Zurquí, Santa Cecilia y Los Almendros.



Figura A.1.1.3. Barrio Santa Clara, Pinares y Calle Vargas.



Figura A.1.1.4. Calle Fruta de Pan.

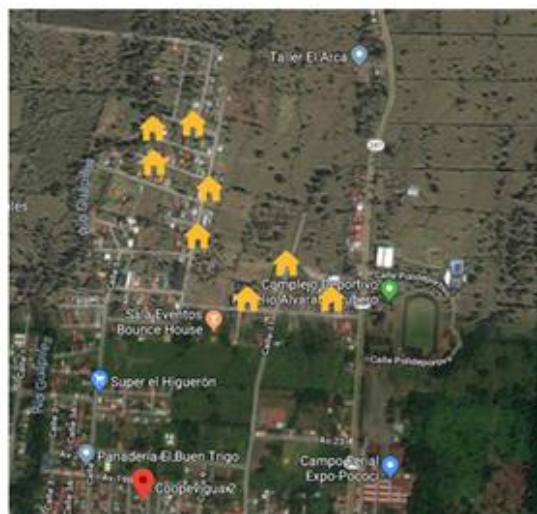
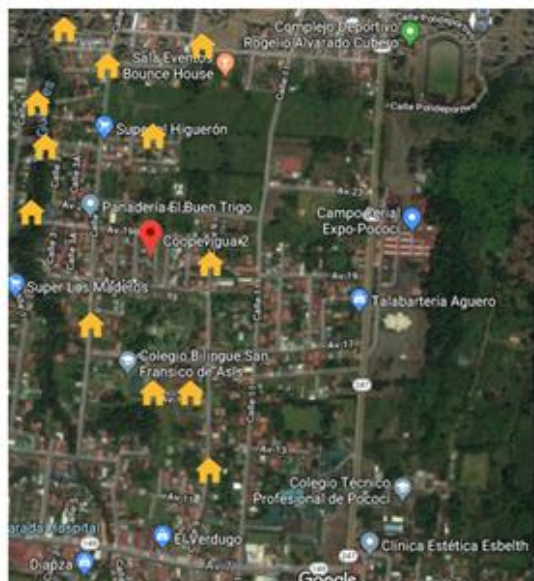


Figura A.1.1.5. Coopevigua 2 y 3.



Figura A.1.1.6. La Urba y Barrio los Ángeles.



Figura A.1.1.7. Garabito, Calle Standard y Barrio Jesús.

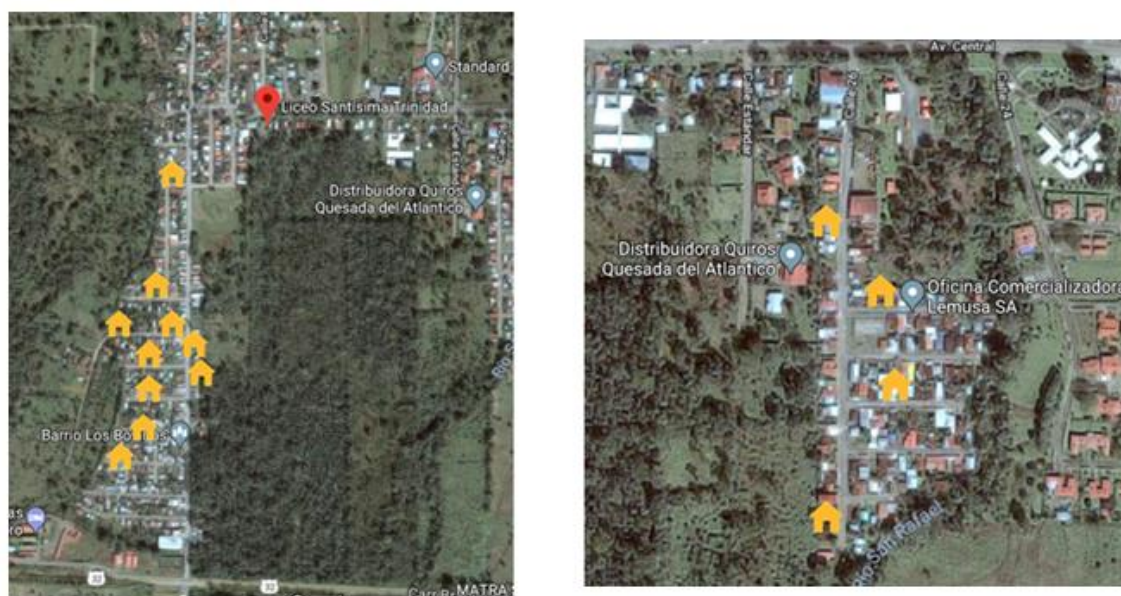


Figura A.1.1.8. Toro Amarillo y Las Brisas.

Apéndice 1.2 Composición de los residuos sólidos

Cuadro A.1.1. Composición semanal de residuos sólidos ordinarios.

Categoría	Peso (kg)
Orgánico	600,14
Papel y cartón	50
Envases plásticos	42,7
Otros plásticos (bolsas y empaques)	73,4
Vidrio reciclable	12,9
Vidrio plano	5,3
Aluminio y hojalata	16,26
Otros metales (chatarra)	1,1
Tetrabrik	9
Peligrosos	1,8
Electrónicos	0,1
Sanitarios	160,68
Otros (ordinarios)	56,27
TOTAL	1032,91

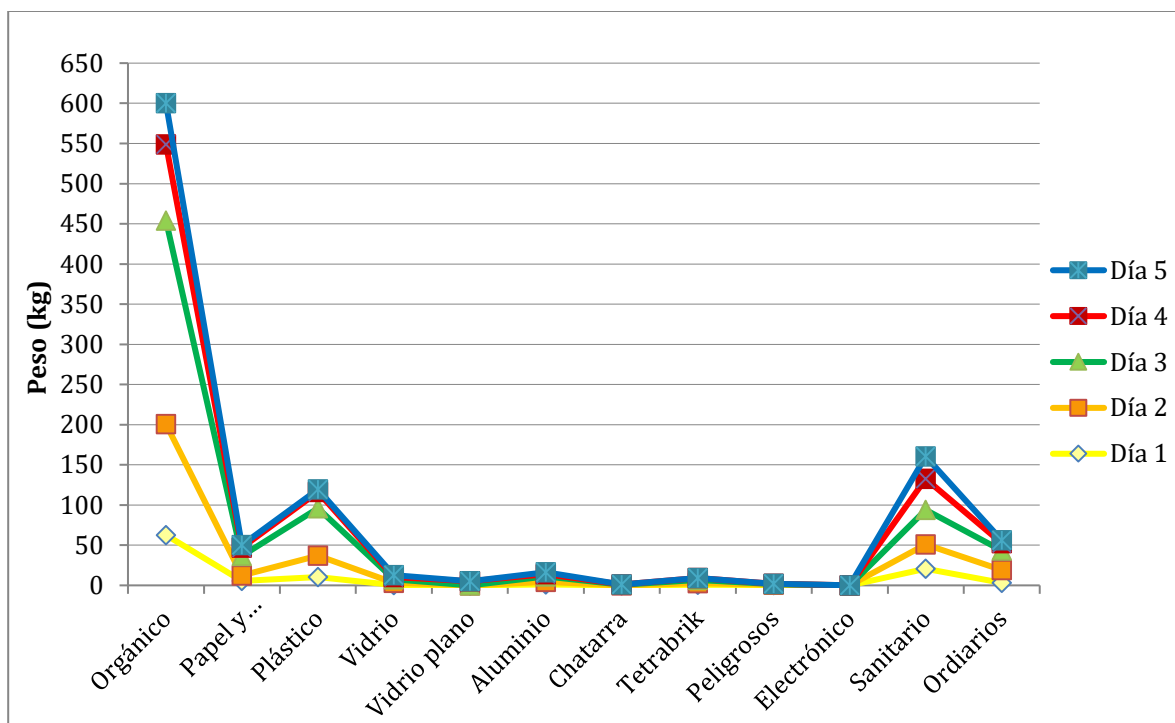


Figura A.1.1. Generación diaria de residuos sólidos de viviendas analizadas.



Municipalidad de Pococí
GESTIÓN AMBIENTAL MUNICIPAL
Tel: (506) 2710-6560 ext.112 / Fax: (506) 2710-7181
Correo electrónico: gestionambiental.pococi@gmail.com

UTGAM-077-2018
Guápiles, 23 de febrero de 2018

Reciban un cordial saludo.

Por este medio la Municipalidad de Pococí desea informarle sobre el estudio de composición y generación de residuos ordinarios que se realizará en el distrito de Guápiles durante el periodo comprendido entre el día **lunes 26 de febrero al 3 de marzo** del presente año. Este estudio se realizará por parte de la señorita Ariana Solís Blandón, estudiante de ingeniería ambiental del Tecnológico de Costa Rica en compañía de estudiantes de TCU de la Universidad Nacional Estatal a Distancia (UNED).


Dicho proceso tiene como propósito obtener la información para la planificación y gestión de los residuos ordinarios del Cantón, de manera que se pueda propiciar la mejora en el servicio que ofrece la Municipalidad a la población.

Como parte del proceso, **se ha seleccionado su comercio** de forma aleatoria para participar en esta metodología, que consistirá en recolectar los residuos sólidos generados por su local comercial, **los días habituales que se le brinda el servicio**. El material de desecho será recolectado y transportado hasta las instalaciones del Plantel Municipal, por un camión oficial de la Municipalidad de Pococí **diferente al utilizado comúnmente**, donde se realizará el análisis del contenido de las bolsas colectadas.

Por este motivo le solicitamos, **por favor hacer entrega de sus residuos sólidos a la señorita Solís**, en el periodo anteriormente indicado, la cual estará visitando su comercio **durante el transcurso de la mañana** para retirar las bolsas de residuos generadas durante la semana. Cabe mencionar que **estas bolsas deben estar debidamente separadas**, el día que se les brinda la recolección, ya que la muestra podría verse alterada y afectar el estudio, si se mezcla con las bolsas de residuos de otros comercios.

En caso de requerir información adicional sobre el estudio a realizar por parte de la Municipalidad, nos encontramos en la disposición de evacuarles cualquier consulta. Para tal fin se puede comunicar con **Fabián Delgado Villalobos**, gestor ambiental municipal al teléfono **2713-6586** o con **Ariana Solís Blandón** al teléfono **8544-1969**.

Agradeciendo de antemano su colaboración,


Lic. Fabián Delgado Villalobos
Gestor ambiental
Municipalidad de Pococí



CC/ Archivo

Página 1 de 1

Figura A.1.2. Boletín emitido por la UTGAM para el estudio de composición de residuos sólidos del sector comercial.

Apéndice 1.3. Caracterización de residuos sólidos del sector comercial

Cuadro A.1.3.1. Pesos totales de residuos sólidos del estudio del sector comercial.

Comercio	Peso por día (kg)							Total
	1	2	3	4	5	6	\bar{x}	
Soda 1	64,9	29,3	28,4	26,2	33	32,7	N.A.	214,15
Soda 2	30,06	N.M.	N.M.	29,80	76,37	N.M.	45,41	272,46
Agencia de repuestos y similares 1	2,1	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	2,1
Agencia de repuestos y similares 2	31,32	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	31,32
Agencia de repuestos y similares 3	21	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	21
Imprenta	137,3	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	137,3
Café Internet	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	1,6	N.A.	1,6
Almacén de ventas al por mayor y detalle	10,2	4	2,6	8,4	3,5	3	N.A.	31,7
Salón de belleza 1	2,4	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	2,4
Salón de belleza 2	0	0,2	0,8	3,3	2	0,9	N.A.	7,2
Salón de belleza 3	0,6	1,3	1,8	1,9	1,6	2,8	N.A.	10,0
Centro musical	10,20	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	14,42
Tienda de ropa 1	0	0,1	0,1	0	0,4	0,1	N.A.	0,7
Tienda de ropa 2	0,5	0,7	0,5	7,3	0,9	5,5	N.A.	15,4
Tienda de ropa 3	1,5	5,8	0,5	0,1	3,3	0,2	N.A.	11,4
Tienda de ropa 4	0,6	0,3	0,1	0,4	0,4	5,8	N.A.	7,6
Acuario	8,4	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	8,4
Tienda de calzado 1	5,1	1,6	7,9	0	4	1,6	N.A.	20,2
Tienda de calzado 2	N.M.	N.M.	15,695	3,68	10,6	N.M.	10	60
Farmacia	11,1	19	3,4	1,8	2,5	0	N.A.	37,8
Venta de batidos de frutas	2,2	1,6	4,3	5,2	2,9	3,2	N.A.	19,4
Restaurante 1	4	2,7	0	1,4	2,5	3	N.A.	13,6
Restaurante 2	17,6	0	4,9	7,2	7,4	3,7	N.A.	40,8
Tienda 1	0	0	1,4	0	0,1	0	N.A.	1,5
Tienda 2	1,5	0	0,6	0,1	9,2	5	N.A.	16,4
Servicio sanitario	4,88	5,1	4,5	5,46	5,66	6,2	N.A.	31,8
Puesto para venta de lotería	0,4	0	0	0,2	0,1	0,04	N.A.	0,74

Venta cortinas	0	0	0	0	7,5	1	N.A.	8,5
Oficina recaudadora	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	2,9	N.A.	2,9
Librería 1	84,98	0	0	41,12	0	0	N.A.	126,1
Librería 2	0,78	0	0	1,22	0	1,48	N.A.	3,48
Macrobiótica	18,41	N.M.	0,52	0,18	14,38	N.M.	8,37	50,24
Pulpería	8,88	0	0	0	0	4,34	N.A.	13,22
Taller mecánico	1,58	N.M.	N.M.	4,01	3,18	N.M.	2,92	17,54
Mini súper	7,26	N.M.	N.M.	1,17	N.M.	N.M.	4,22	25,29
Oficina postal 1	30,42	0	0	5,26	19,72	0	N.A.	55,4
Oficina postal 2	0	0	0	0	0	2,48	N.A.	2,48
Almacenes generales	45,32	N.M.	N.M.	N.M.	18,84	N.M.	32,08	192,48
Casa de videos	0,005	N.M.	N.M.	0,1	0,025	N.M.	0,043	0,26
Supermercado	474,33	0	0	0	0	0	N.A.	474,33
Bazar	0	0	2,9	0	0,56	0,14	1,2	7,2
Centro deportivo	N.M.	N.M.	0,42	N.M.	1,26	N.M.	0,84	5,04
Librería y Bazar	N.M.	N.M.	10,28	2,57	4,24	N.M.	5,70	34,18
Heladerías 1	3,68	N.M.	N.M.	5,04	3,58	N.M.	4,1	24,6
Heladerías 2	N.M.	N.M.	10,2	2,3	3,34	N.M.	5,28	31,68
Pizzería	0	0	0	124,12	0.	0	N.A.	124,12
Verdulería	N.M.	N.M.	35,84	47	30,6	N.M.	37,81	226,88
Panadería	0	0	0	4,18	0	8,96	N.A.	13,14
Taller de reparación de calzado	0	0	0	0	0	6,14	N.A.	6,14
Total								2 472,77

Cuadro A.1.3.2. Proyección de ganancias por venta de residuos comerciales en el distrito de Guápiles.

Residuos con valor comercial	Precio en el mercado (¢/TM)	Tonelada métrica producida en el distrito (TM/año)	Proyección de ventas brutas al año (¢/año)
Papel/cartón	50 000	1 030,42	51 521 000
Plástico	70 000	79,78	5 584 600
Aluminio	470 000	23,04	10 828 800
Vidrio	35 000	11,91	416 850
Chatarra	70 000	72,32	5 062 400
Tetrabrik	10 000	17,39	173 900
Total			77 706 500

Apéndice 2: Identificación del destino final de los residuos sólidos

Apéndice 2.1 Encuestas realizadas al sector residencial y comercial

Apéndice 2.1.1 Encuesta sector residencial servida por la Municipalidad de Pococí

Sección 1

1. Lugar de residencia (nombre del barrio)

2. Número de habitantes

2.1 ¿Qué tipo de servicio de recolección recibe en su vivienda?

Recolección privada ()

Recolección informal ()

No recibo este servicio ()

****En el caso de comunidades con servicio de recolección privado e informal se les preguntó qué tipo de recibían servicio de recolección recibían o si no recibían.**

3. ¿Cuál es su percepción con respecto al sistema de recolección de basura que recibe? (Opción única)

Excelente ()

Muy bueno ()

Bueno ()

Malo ()

Muy malo ()

4. Seleccione acciones que realiza o ha realizado en el manejo de su basura o sus residuos (Opciones múltiples)

Quemar restos de vidrio, chatarra, cables, plástico, aluminio, basura en general ()

Quemar restos orgánicos como lo son los restos de podas, alimentos (cocinados o cáscaras de frutas-verduras), o cualquier otro material que se pudra ()

Enterrar materiales como vidrio, chatarra, cables, plástico, aluminio, basura en general ()

Enterrar restos orgánicos como lo son los restos de podas, alimentos (cocinados o cáscaras de frutas-verduras), o cualquier otro material que se pudra ()

Depositar materiales como vidrio, chatarra, cables, plástico, aluminio, basura en general fuera de mi propiedad ()

Depositar restos orgánicos como lo son los restos de podas, alimentos (cocinados o cáscaras de frutas-verduras), o cualquier otro material que se pudra fuera de mi propiedad ()

Depositar basura en cuerpos de agua como ríos, quebradas, criques, entre otros ()

Esparcir restos orgánicos como lo son los restos de podas, alimentos (cocinados o cáscaras de frutas-verduras), o cualquier otro material que se pudra, dentro de mi propiedad ()

Producir abono o compost ()

Donar los restos de alimento en general o restos de material de poda para alimento de animales ()

Reutilizo una parte de los residuos que produzco ()

Otro ()

Ninguna de las anteriores ()

5. ¿Sabía usted que la Municipalidad de Pococí realiza campañas de reciclaje una vez al mes en la Casa de la Cultura? (Opción única)

Sí ()

No ()

6. ¿En su casa se recicla? (Opción única)

Siempre ()

A menudo ()

De vez en cuando ()

Casi nunca ()

Nunca ()

Ir a sección 2 y 4

Completar todas las secciones

Completar todas las secciones

Completar todas las secciones

Ir a sección 3 y 4

Sección 2: reciclaje en vivienda

1. ¿Cuáles de los siguientes materiales separa para el reciclaje? (Opciones múltiples)

- Plástico (bolsas, botellas, etc) ()
- Tetrabrick (como las cajas de leche) ()
- Papel ()
- Cartón ()
- Vidrio ()
- Aluminio ()
- Chatarra ()
- Electrónicos ()
- Otro ()

2. ¿Qué servicio recolecta su reciclaje? (Opciones múltiples)

- Camión de reciclaje de la Municipalidad de Pococí ()
- Lo entrego al camión de basura normal ()
- Servicio de recolección privado ()
- Entrego mis residuos separados en campañas mensuales ()
- Entrego a un recolector informal ()
- Otro ()

Sección 3: razones por las que no reciclo

Seleccione la opción o las opciones con las que más se identifique para no reciclar (Opciones múltiples)

- No estoy seguro (a) de cómo se hace (no sé qué materiales se separan ni cómo se separan) ()
- Pereza/desinterés/falta de tiempo ()
- No tengo espacio en mi casa para almacenar el reciclaje ()
- No sé a quién entregarle mis materiales ()
- La persona encargada de recolectar el reciclaje no pasa con frecuencia por mi vivienda ()
- En mi barrio no se ofrece ese servicio ()
- Otra ()

Sección 4: educación ambiental

¿Estaría dispuesto (a) a recibir una capacitación en el tema de reciclaje? Para aprender su importancia, cómo se hace y cómo organizar su comunidad.

- Sí ()
- No ()
- Tal vez ()

Apéndice 2.1.2 Encuesta sector comercial servida por los recolectores informales

Sección 1

1. Tipo de comercio
2. Ubicación del comercio
3. Número de empleados
4. ¿Cuál es su percepción con respecto al sistema de recolección de basura que recibe? (Opción única)

Excelente	()
Muy bueno	()
Bueno	()
Malo	()
Muy malo	()

5. ¿Qué tipo de materiales se generan comúnmente en este comercio? (Opciones múltiples)

Plástico (bolsas, botellas, etc)	()
Tetrabrick (como las cajas de leche)	()
Papel	()
Cartón	()
Vidrio	()
Aluminio	()
Chatarra	()
Electrónicos	()
Residuos de alimentos crudos/cocidos	()
Residuos infecto contagiosos	()
Otro	()

6. ¿Sabía usted que la Municipalidad de Pococí realiza campañas de reciclaje una vez al mes en la Casa de la Cultura? (Opción única)

Sí	()
No	()

7. ¿En este comercio se recicla? (Opción única)

Siempre	()	Ir a sección 2 y 4
A menudo	()	Completar todas las secciones
De vez en cuando	()	Completar todas las secciones

Casi nunca	()	Completar todas las secciones
Nunca	()	Ir a sección 3 y 4

Sección 2: reciclaje en comercio

1. ¿Cuáles de los siguientes materiales separa para el reciclaje? (Opciones múltiples)

Plástico (bolsas, botellas, etc)	()
Tetrabrick (como las cajas de leche)	()
Papel	()
Cartón	()
Vidrio	()
Aluminio	()
Chatarra	()
Electrónicos	()
Otro	()

2. ¿Qué servicio recolecta su reciclaje? (Opciones múltiples)

Camión de reciclaje de la Municipalidad de Pococí	()
Lo entrego al camión de basura normal	()
Servicio de recolección privado	()
Entrego mis residuos separados en campañas mensuales	()
Entrego a un recolector informal	()
Otro	()

Sección 3: razones por las que no reciclamos en este comercio

Seleccione la opción o las opciones con las que más se identifique para no reciclar (Opciones múltiples)

No estoy seguro (a) de cómo se hace (no sé qué materiales se separan ni cómo se separan)	()
Pereza/desinterés/falta de tiempo	()
No tenemos espacio en mi casa para almacenar el reciclaje	()
No sabemos a quién entregarle los materiales	()
La persona encargada de recolectar el reciclaje no pasa con frecuencia por este comercio	()
En esta parte no se ofrece servicio de recolección de reciclaje	()
Otra	()

Sección 4: Plan Municipal y Reglamento de Residuos Sólidos

1. ¿Conoce usted el Plan Municipal para la Gestión Integral de los Residuos del cantón de Pococí (2017-2022)?

Sí ()
No ()

2. ¿Sabía usted que en nuestro cantón tenemos un reglamento que regula el manejo de los residuos sólidos (basura, materiales reciclables) y que existen sanciones si se incumple?

Sí ()
No ()

3. ¿Estaría dispuesto este comercio a recibir un taller para conocer más a fondo el Plan Municipal y el Reglamento de Residuos?

Sí ()
No ()
Tal vez ()

4. ¿Estaría dispuesto (a) este comercio a recibir una capacitación en el tema de reciclaje? Para aprender su importancia y cómo se hace.

Sí ()
No ()
Tal vez ()

Apéndice 2.1.3 Porcentaje de generación de residuos sólidos

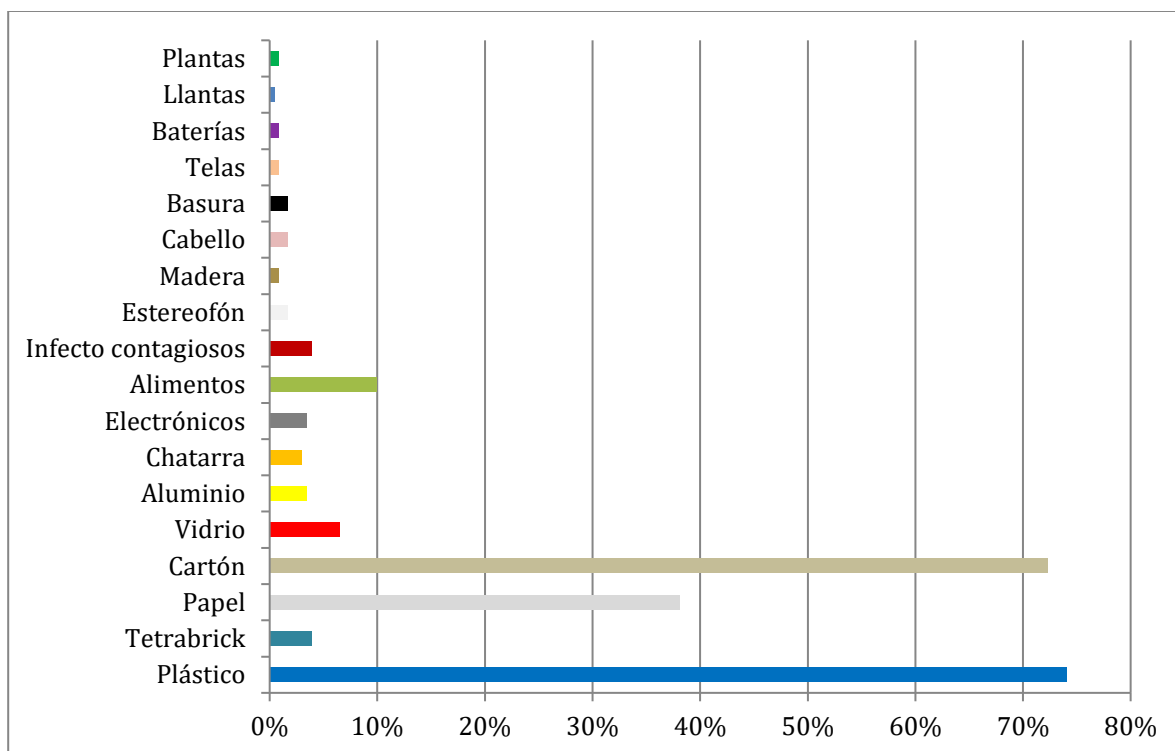


Figura A.2.1.1. Materiales generados con mayor frecuencia en los comercios.

Apéndice 2.1.4 Servicios de recolección de residuos sólidos

Cuadro A.2.1.2. Servicios de recolección en el sector comercial.

Servicio de recolección	Porcentaje de respuestas
Camión de reciclaje de la Municipalidad de Pococí	49,4%
Lo entrego al camión de la basura normal	3,7%
Servicio de recolección privado	32,7%
Entrego mis residuos en campañas mensuales	5,6%
Entrego a un recolector informal	11,1%
Entrega directa a centro de acopio	3,1%
Hogar Betel	6,8%
Colegio privado del distrito	0,6%
Proveedor	1,2%
Empresa	3,7%
Reutilización	1,2%

Apéndice 2.1.5 Razones para no separar residuos para el reciclaje

Cuadro A.2.1.3. Razones para no separar los residuos para el reciclaje.

Razones	Recolección municipal
No estoy seguro (a) de cómo se hace (no sé qué materiales se separan ni cómo se separan)	2,6%
Pereza/desinterés/falta de tiempo	31,9%
No tengo espacio en mi casa para almacenar el reciclaje	22,4%
No sé a quién entregarle mis materiales	47,4%
La persona encargada de recolectar el reciclaje no pasa con frecuencia por mi vivienda	5,2%
En mi barrio no se ofrece este servicio	4,3%
Otro	Desconocimiento de horario y días (1,7%) Clientes no separan (0,9%)

Apéndice 2.2 Entrevistas realizadas a gestores privados de residuos sólidos valorizables

Apéndice 2.2.1 Municipalidad de Pococí: recolección de residuos valorizables

Datos:

Fecha: 19 de octubre, 2017

Nombre completo: Sergio Barrantes Araya

Puesto: chofer de recolección de valorizables del cantón de la Municipalidad

Teléfono: 83 33 41 33

Correo electrónico: No

Confidencialidad

1. ¿Aprueba ser citado en el trabajo de graduación “Análisis de Flujo de Materiales de Residuos Sólidos del distrito de Guápiles”?

Sí (X)

No ()

En caso de contestar un “No” a la pregunta anterior:

¿Permite que la información brindada por usted pueda ser mencionada de forma anónima?

2. ¿Cuáles distritos abarca la recolección municipal de residuos valorizables?

De momento, Guápiles, Cariari, Jiménez y la Colonia principalmente.

3. ¿Cuántas unidades municipales se encuentran realizando este tipo de recolección?

De momento dos camiones. Vienen 2 camiones nuevos el próximo mes. Se abarcan a medias los distritos. Son pocos los que están reciclando en el comercio por falta de camiones.

4. ¿Cuál es la frecuencia de recolección de residuos valorizables para cada distrito?

Tenemos rutas. Lunes: comercios en el centro de Guápiles; Martes: Buenos Aires, Jiménez; Miércoles: Urb. Santa Clara, Pinares y la Urba, Jueves: Guápiles centro comercios, Emilia, Toro Amarillo, yendo hacia la Colonia por la calle principal, Viernes: algunos comercios en la ruta 32 (días de repaso) en la mañana y mantenimiento del camión.

Sectores como Cariari, Jiménez, Anita Grande y la Colonia las hace el otro camión.

5. ¿Cuántas viviendas en total abarca este tipo de recolección selectiva?

Falta mucho por hacer. Por ejemplo los miércoles se recoge la Urbanización Santa Clara que hay bastante caserío, ahí se llena el camión, igual con Pinares y la Urba. Hay bastante caserío entonces se recoge bastante.

No hay un dato exacto de la cantidad de casas. Estoy pasando a Santa clara y Pinares cada quince días. Sólo en Santa Clara se me llena el camión, estamos hablando de media tonelada, tal vez un poco más. Y en pinares media tonelada y también en Toro Amarillo.

6. ¿Cuántos comercios en total abarca este tipo de recolección selectiva?

Se recolecta muy poco. No en todo lado están reciclando eso porque no se ha hecho como un censo o para incentivar al comercio para enseñarles que es por ley. Creo que es falta de comunicación al comercio. Lo que estamos haciendo ahorita es tratar de mantener los comercios que desde un principio incité a que reciclaran no me he tratado de extender más porque no tengo los medios para hacerlo. Yo creo que ahora que vienen los dos camiones vamos a recoger todo el comercio indicándoles que está en la ley.

Yo creo que con esos dos camiones nuevos que vienen que son más grandes que los que tenemos, yo pienso que sí. Sólo llenando el camión actual tengo que ir de Jiménez a la Rita a botar y volviéndolo a llenar ahí se me va media hora. Porque en vez de llevar una tonelada podría llevar 5 o 6 toneladas.

7. ¿Cuántas **viviendas** que reciben este tipo de recolección pertenecen al distrito de Guápiles?

No se tiene el dato exacto.

8. ¿Cuántos **comercios** que reciben este tipo de recolección pertenecen al distrito de Guápiles?

Tampoco se tiene el dato exacto.

9. ¿Cuál es la cantidad total de residuos recolectados?

De 10-15 toneladas por semana.

Actualmente como estoy con las rutas que tengo yo calculo que podemos estar 50% y 50% comercio y vivienda.

10. ¿Qué tipos de residuos recolectan?

Cartón, papel, plástico, botellas de vidrio, latas.

11. ¿Existe algún dato de la cantidad de residuos recolectados por distrito?

Ahorita no lo tenemos contabilizado.

12. ¿Qué pasa con los residuos recolectados? ¿Qué rutas toman?

La municipalidad no tiene centro de acopio. Se determinó llevarlos a Recicladora La Esquina en la Rita. Ahí los procesan y se lo llevan otras empresas.

13. ¿Cuáles son las empresas que les reciben estos residuos?

No manejo ese dato.

14. ¿Conoce de recolectores informales que realicen este tipo de recolección? ¿Cuántos de ellos son?

No sé si son informales. Pero en esto sí hay varios camiones. De parte de la municipalidad sólo nosotros (2), después de eso creo que sí hay informales porque creo que no tienen permiso. Yo creo que más bien es una ayuda para la Municipalidad y para el Cantón. Entre menos lleguen estos materiales al botadero igual van a contaminar, más bien creo que es una ayuda de estos compañeros que andan recogiendo cartón, plástico y los llevan a esos centros de reciclaje.

15. Otros recolectores (privados)

Hogar Betel, el de la esquina, algunos de Guácimo.

Apéndice 2.2.2 Recicladora la Esquina

Datos:

Fecha: 24 de enero, 2018

Nombre completo: Julissa Rojas Delgado

Puesto: Secretaria del centro de acopio

Teléfono: 72890842

Correo electrónico: redepococí@hotmail.com

Confidencialidad

1. ¿Aprueba ser citado en el trabajo de graduación “Análisis de Flujo de Materiales de Residuos Sólidos del distrito de Guápiles”?

Sí (X)

No ()

En caso de contestar un “No” a la pregunta anterior:

¿Permite que la información brindada por usted pueda ser mencionada de forma anónima?

2. ¿Cuáles distritos abarca la recolección privada de residuos valorizables?

Todo Costa Rica. Limón, San Carlos, Guanacaste, entre otros.

La Esquina les brinda los camiones, ellos son los que escogen la ruta y brindan el material y aquí se les compra el material.

Además se tienen 3 unidades que recolectan en Guácimo, Pococí y Siquirres.

3. ¿Cuántas unidades de su empresa se encuentran realizando este tipo de recolección?

De Reciclaje la Esquina, La Rita son 11 unidades, 8 que recogen chatarra en todo el país. Y los otros 3 reciclaje en Pococí, y Siquirres.

Y el convenio con la Municipalidad de Pococí con 2 camiones recolectores.

4. ¿Cuál es la frecuencia de recolección de residuos valorizables para cada distrito?

Lo maneja cada chofer.

5. ¿Cuántas viviendas en total abarca este tipo de recolección selectiva?

No se tiene contabilizado un número exacto.

6. Cuántos comercios en total abarca este tipo de recolección selectiva?

No se tiene contabilizado un número exacto.

7. ¿Cuántas **viviendas** que reciben este tipo de recolección pertenecen al distrito de Guápiles?

1º camión: 13 urbanizaciones (de aproximadamente 50 o 100 viviendas cada uno – de 650 a 1300 viviendas).

2º: camión: 100 casas.

8. ¿Cuántos **comercios** que reciben este tipo de recolección pertenecen al distrito de Guápiles?

1º camión: 15 o 18 locales. Se recolecta en el Hospital de Guápiles todos los días.

2ª camión: 20 locales.

Se recolecta en lugares como Almacenes Maylin, Best Brands, Mayca, Maxi Consumo, Sthil, Paso a Paso, Pequeño Mundo.

3R y el Colono dejan directamente sus residuos. El Colono trae cartón y plástico, al mes aproximadamente 1 tonelada de cartón y 800 kg de plástico. 3 R trae chatarra muy poca, de vez en cuando alrededor de 1500 kg, aproximadamente cada 2 meses. Copy Vision (2 o 3 veces al año), Clips (pocas veces al año).

9. ¿Cuál es la cantidad total de residuos recolectados?

Una tonelada diaria por camión entre Siquirres, Pococí y Guácimo.

10. ¿Qué tipos de residuos recolectan?

Papel, cartón, plástico, aluminio, chatarra, electrónicos, tetrabrick
1 camión trae unas 10 toneladas de cartón al mes, una cartonera de Geovanni Picado.
1 camión trae unas 8 toneladas de cartón al mes, Mario Hernández.

11. ¿Existe algún dato de la cantidad de residuos recolectados por distrito?

No existe.

12. ¿Cuál porcentaje del total de residuos estima que provenga del distrito central de Guápiles?

Un 80% de los residuos. Cada camión del centro de acopio tiene una meta de entregar por día entre 1100-1250 kg de material. De esa cantidad aproximadamente cada camión entrega 500 kg/día perteneciente a Guápiles.

13. ¿Qué pasa con los residuos recolectados? ¿Qué rutas toman?

Se separan, se empacan, la chatarra recolectada va para China, Vietnam, Tailandia y a veces Guatemala.

Papel: Costa Recicla (Costa Rica)

Plástico: Reciplas, Plastimex (Costa Rica)

Aluminio: Costa Rica

Cartón: Sud América

Tetrabrick: Costa Rica

14. ¿Cuáles son las empresas que les reciben estos residuos?

Chatarra: Imperio recycling, Georec International s.r.l.

Aluminio: Plataforma Internacional Real, Comercializadora Internacional M y R (también se llevan Baterías de carros, bronce, cobre, acero, radiadores)

Cartón: FK Green Award

Papel: Costa Recicla

Plástico: Reciplas, Plastimex

Tetrabrick: Florida Bebidas

15. ¿Conoce de otros recolectores privados que realicen este tipo de recolección? ¿Cuántos de ellos son?

Hogar Betel en Cascadas, Girasol, Horeb (cartón y plástico), Phoenix (chatarra), Reciplanet (Guácimo), Alexander Castillo (exporta mecate y cartón).

16. ¿Conoce de recolectores informales que realicen este tipo de recolección? ¿Cuántos de ellos son?

Ariel Umaña, Miguel Miranda, Miguel Pérez. Aproximadamente unos 30.

Unas 10 carretas, de 300 kg por día. Carros una tonelada y media por día, llegan unos 20 carros.

De 13 a 21 toneladas, por día de carretas y carros en total. Pero de Guápiles casi no llega chatarra.

Apéndice 2.2.3 Reciclaje Phoenix

Datos:

Fecha: 31 de enero, 2018

Nombre completo: Katherine Sandino Gonzáles

Puesto: Administradora

Teléfono: 40525144

Correo electrónico: kasandiino@gmail.com

Confidencialidad

1. ¿Aprueba ser citado en el trabajo de graduación “Análisis de Flujo de Materiales de Residuos Sólidos del distrito de Guápiles”?

Sí (X)

No ()

En caso de contestar un “No” a la pregunta anterior:

¿Permite que la información brindada por usted pueda ser mencionada de forma anónima?

2. ¿Cuáles distritos abarca la recolección privada de residuos valorizables?

Abarca los 6 distritos de Pococí.

Las empresas pueden dejar directamente los residuos al centro de acopio o se pueden enviar unidades a las fincas.

3. ¿Cuántas unidades de su empresa se encuentran realizando este tipo de recolección?

1 unidad al momento. Tenemos 3 contenedores más en empresas que más producen y ocupan recolección diaria.

4. ¿Cuál es la frecuencia de recolección de residuos valorizables para cada distrito?

Es semanal.

5. ¿Cuántas viviendas en total abarca este tipo de recolección selectiva?

Somos una recicladora industrial. Ahorita estamos haciendo un contrato con la Municipalidad y llegaríamos a más de 33 mil usuarios de todos los distritos de Pococí.

6. ¿Cuántos comercios en total abarca este tipo de recolección selectiva?

Entre 35 a 50.

7. ¿Cuántas **viviendas** que reciben este tipo de recolección pertenecen al distrito de Guápiles?

De momento no se trabajan viviendas.

8. ¿Cuántos **comercios** que reciben este tipo de recolección pertenecen al distrito de Guápiles?

Entre 10 y 15.

9. ¿Cuál es la cantidad total de residuos recolectados?

En recolección con las unidades, unas 18 toneladas semanales.

Recibimos directamente a la empresa unas 10 toneladas semanales.

10. ¿Qué tipos de residuos recolectan?

Pichingas de agroquímicos, plastos de alta y baja densidad, sacos de fertilizante, cartón, chatarra de residuo. También llantas.

11. ¿Existe algún dato de la cantidad de residuos recolectados por distrito?

En realidad no. Existe un dato del 2017. Recibimos 19 135 toneladas, 360 toneladas fueron reciclaje de la Municipalidad. El año pasado recibimos aproximadamente unas 1000 toneladas de reciclaje.

12. ¿Cuál porcentaje del total de residuos estima que provenga del distrito central de Guápiles?

Unas 5 toneladas a la semana. Recibimos del Colono sacos y tarimas de madera, de Yara recibimos sacos, cartón, pichingas. Pero más que todo nos dedicamos a la zona industrial como piñeras, bananeras.

13. ¿Qué pasa con los residuos recolectados? ¿Qué rutas toman?

Acá hacemos compactación y selección de materiales. Una parte se queda en Costa Rica y otra parte se exporta. Con las llantas actualmente hay 2 opciones: se pueden picar y vender en chips o se pueden picar y se depositan en el relleno sanitario. Se cobra según el tipo de tratamiento que se les da. Estas también se podrían vender para utilizarse en la construcción de carreteras para brindar elasticidad, también en canchas sintéticas.

14. ¿Cuáles son las empresas que les reciben estos residuos?

El plástico se vende a P & G, el cartón se queda en Costa Rica, parte del plástico de alta y baja densidad se va a Perú a una empresa llamada Fibra Forte. Otra parte del plástico de baja densidad se vende a la cervecería de Costa Rica y el polipropileno a Estados Unidos. Las llantas en chips se venden a CEMEX y Holcim.

15. ¿Conoce de otros recolectores privados que realicen este tipo de recolección? ¿Cuántos de ellos son?

De la zona “La Esquina” y de Cartago “Limpiemos nuestros campos”.

16. ¿Conoce de recolectores informales que realicen este tipo de recolección? ¿Cuántos de ellos son?

Muchísimos. Esa problemática se da mucho en bananeras y piñeras, más que todo con el mecate anaranjado. Tenemos muchos gastos que no nos permiten ofertar, entonces ellos pagan mejor. Hay unos 5 que realizan recolección muy grande, llenan contenedores. Hay muchos de ellos en Cariari.

Apéndice 2.2.4 Centro de acopio anónimo

Datos:

Fecha: 24 de enero, 2018

Nombre completo: Anónimo

Puesto: propietario

Confidencialidad

1. ¿Aprueba ser citado en el trabajo de graduación “Análisis de Flujo de Materiales de Residuos Sólidos del distrito de Guápiles”?

Sí ()

No (X)

En caso de contestar un “No” a la pregunta anterior:

¿Permite que la información brindada por usted pueda ser mencionada de forma anónima?

Sí.

Recolecta en empresas, bananeras, piñeras, hoteles, bares, restaurantes, algunos colegios, el Viajero, supermercados.

2. ¿Cuáles distritos abarca la recolección privada de residuos valorizables?

Guápiles, la Rita, Jiménez, Cariari, la Colonia (cantón de Pococí), antes recogía en Barra de Colorado. Bella Vista. Guácimo, Siquirres, Sarapiquí, Limón.
Tiene más de 12 años.

3. ¿Cuántas unidades de su empresa se encuentran realizando este tipo de recolección?

2 unidades.

4. ¿Cuál es la frecuencia de recolección de residuos valorizables para cada distrito?

Semanal y quincenal. En algunos sitios tiene días específicos y en otros es cuando lo llaman.

5. ¿Cuántas viviendas en total abarca este tipo de recolección selectiva?

Es difícil decirlo. Aproximadamente **400 casas**.

6. ¿Cuántos comercios en total abarca este tipo de recolección selectiva?

Coca, cervecerías, hospital, Ebais de Sarapiquí. Al menos unos **100**.

7. ¿Cuántas **viviendas** que reciben este tipo de recolección pertenecen al distrito de Guápiles?

Santa Cecilia y los Almendros, Sauces, Coopevigüa, la Urba en algunos lados. **200 viviendas** de Guápiles.

8. ¿Cuántos **comercios** que reciben este tipo de recolección pertenecen al distrito de **Guápiles**?

Aproximadamente unos 50.

9. ¿Cuál es la cantidad total de residuos recolectados?

60 a 80 ton mensuales.

10. ¿Qué tipos de residuos recolectan?

8-10 toneladas semanales de cartón. 1200 kg de pet, por semana. Vidrio: 25 toneladas por mes. Tetrabrick: 600 kg por mes. Aluminio: 50-80 kg por semana. Chatarra: variado. 2 toneladas al mes.

11. ¿Existe algún dato de la cantidad de residuos recolectados por distrito?

No lo manejan por distrito.

12. ¿Cuál porcentaje del total de residuos estima que provenga del distrito central de Guápiles?

Casi que un 70%.

13. ¿Qué pasa con los residuos recolectados? ¿Qué rutas toman?

Se quedan en la zona.

14. ¿Cuáles son las empresas que les reciben estos residuos?

Una parte a la Esquina (cartón), Reciplas, la Florida, Vicesa, reciclaje la Silvia (papel) (150 al O de la entrada al frente de la iglesia de la Rita).

15. ¿Conoce de otros recolectores privados que realicen este tipo de recolección? ¿Cuántos de ellos son?

La Esquina, Reciplanet, la Silvia.

16. ¿Conoce de recolectores informales que realicen este tipo de recolección? ¿Cuántos de ellos son?

Aproximadamente unos 5 en la zona.

Apéndice 2.2.5 Reciplanet HCH

Datos:

Fecha: 13 de enero, 2018. Entrevista telefónica.

Nombre completo: Heiner Chacón Camacho

Puesto: propietario Reciplanet

Teléfono: 6175 04 38

Correo electrónico: recipianethch@gmail.com

Confidencialidad

1. ¿Aprueba ser citado en el trabajo de graduación “Análisis de Flujo de Materiales de Residuos Sólidos del distrito de Guápiles”?

Sí (X)

No ()

En caso de contestar un “No” a la pregunta anterior:

¿Permite que la información brindada por usted pueda ser mencionada de forma anónima?

2. ¿Cuáles distritos abarca la recolección privada de residuos valorizables?

Guápiles, Cariari, La Rita. Desde Valle la Estrella, Puerto Viejo (finca DOLE),. Casi la totalidad de la provincia de Limón en general.

3. ¿Cuántas unidades de su empresa se encuentran realizando este tipo de recolección?

3 unidades: 2 grandes y 1 pequeña.

4. ¿Cuál es la frecuencia de recolección de residuos valorizables para cada distrito?

Se realiza por quincena.

5. ¿Cuántas viviendas en total abarca este tipo de recolección selectiva?

Aproximadamente 20 viviendas.

6. ¿Cuántos comercios en total abarca este tipo de recolección selectiva?

40 aproximadamente.

7. ¿Cuántas **viviendas** que reciben este tipo de recolección pertenecen al distrito de Guápiles?

Ninguna.

8. ¿Cuántos **comercios** que reciben este tipo de recolección pertenecen al distrito de Guápiles?

15.

9. ¿Cuál es la cantidad total de residuos recolectados?

No manejan el dato.

10. ¿Qué tipos de residuos recolectan?

Papel, plástico, cartón, vidrio, chatarra, aluminio. Menos estereofón y electrónico.

Hace tiempo recibíamos electrónico y lo enviábamos a San José.

11. ¿Existe algún dato de la cantidad de residuos recolectados por distrito?

No manejamos datos por distrito porque nos llegan de todas partes. Sin embargo del distrito de Guápiles las cantidades aproximadas por quincena son:

Servicentro el Cruce: 232 kg

Fogón de Lola: 170 kg

Rancho Roberto's: 285 kg

Súper la Unión: 82 kg

Licorera El Paso: 70 kg

Licorera La Marina: 140 kg

De los comercios del centro de Guápiles se recolecta por mes:

Helicópteros: 218 kg

Cooperativa Pococí: 97 kg

Hotel Suerre: 310 kg
Meneses: 230 kg
Coopemep: 30 kg
Mucap: 40 kg
Complejo deportivo Javier Vargas: 320 kg
Marisquería Sam: 60 kg
Restaurante Almosa: 70 kg

12. ¿Cuál porcentaje del total de residuos estima que provenga del distrito central de Guápiles?

15 porciento aproximadamente.

13. ¿Qué pasa con los residuos recolectados? ¿Qué rutas toman?

Son enviados a variedad de empresas.

14. ¿Cuáles son las empresas que les reciben estos residuos?

El cartón se envía a West Coast Waste Industries; el vidrio a Vical; el papel a Costa Rica Recicla; las botellas, las latas y el tetrabrik a Florida Bebidas y las bolsas plásticas a Reciclaje Luna.

15. ¿Conoce de otros recolectores privados que realicen este tipo de recolección? ¿Cuántos de ellos son?

Que sean formales, por ejemplo la Esquina en la Rita y también Girasol, otro centro de acopio en la Rita. Ahí se recibe vidrio.

16. ¿Conoce de recolectores informales que realicen este tipo de recolección? ¿Cuántos de ellos son?

Sí bastantes que hacen el trabajo de forma inconstante.

Conozco un recolector informal que recibe gran cantidad de cartón hay un informal.

Apéndice 2.2.6 Plataforma Internacional Real

Datos:

Fecha: 24 de enero, 2018

Nombre completo: Irela del Carmen Reyes Arteta

Puesto: propietaria

Teléfono: 2710 42 78

Correo electrónico:

Confidencialidad

1. ¿Aprueba ser citado en el trabajo de graduación “Análisis de Flujo de Materiales de Residuos Sólidos del distrito de Guápiles”?

Sí (X)

No ()

En caso de contestar un “No” a la pregunta anterior:

¿Permite que la información brindada por usted pueda ser mencionada de forma anónima?

Tienen de estar trabajando 4 años. En la marina tienen 5 años de estar trabajando.

2. ¿Cuáles distritos abarca la recolección privada de residuos valorizables?

Les traen el material. Va a Bataan una vez por semana.

3. ¿Cuántas unidades de su empresa se encuentran realizando este tipo de recolección?

Tienen 5 unidades, camiones de trabajo.

4. ¿Cuál es la frecuencia de recolección de residuos valorizables para cada distrito?

No realizan recolección casa por casa. Más que todo se reciben materiales al centro de acopio. En caso de que algún cliente llame, se va y se revisa el material y se recoge.

5. ¿Cuántas viviendas en total abarca este tipo de recolección selectiva?

Sin viviendas.

6. ¿Cuántos comercios en total abarca este tipo de recolección selectiva?

Son personas particulares.

7. ¿Cuántas **viviendas** que reciben este tipo de recolección pertenecen al distrito de Guápiles?

No abarca viviendas.

8. ¿Cuántos **comercios** que reciben este tipo de recolección pertenecen al distrito de Guápiles?

No son comercios, sino personas particulares.

9. ¿Cuál es la cantidad total de residuos recolectados?

Al mes aproximadamente 100 toneladas.

10. ¿Qué tipos de residuos recolectan?

Chatarra y sus derivados como aluminio, baterías, cobre.

11. ¿Existe algún dato de la cantidad de residuos recolectados por distrito?

No se maneja por distrito.

12. ¿Cuál porcentaje del total de residuos estima que provenga del distrito central de Guápiles?

Aproximadamente 40 toneladas provenientes de Guápiles. Llega más que todo de Río Frío, de Guácimo, de Limón, Cariari, la Rita, Jiménez, de vez en cuando de Siquirres.

13. ¿Qué pasa con los residuos recolectados? ¿Qué rutas toman?

Se clasifica en hierro sólido (no se puede comprimir), el zinc, malla alambre se procesa en pacas. Hierro sólido se empaca en otros contenedores. Quedan listos para exportación. Se envían por Caldera o por Limón. Si en la Marina no se llena la cantidad de residuos que quepa en un contenedor se rellena en Guápiles y se exporta de aquí. Pero generalmente los de la marina salen directamente de exportación también.

14. ¿Cuáles son las empresas que les reciben estos residuos?

Pacas se envía generalmente a Guatemala, los contenedores de hierro sólido se mandan a Corea, China. No es un país específico, sino del que lo necesite.

15. ¿Conoce de otros recolectores privados que realicen este tipo de recolección? ¿Cuántos de ellos son?

Bajando de la Bomba Santa Clara.

16. ¿Conoce de recolectores informales que realicen este tipo de recolección? ¿Cuántos de ellos son?

Aproximadamente unos 4 diarios. De 100 a 300 kilos por carreta. Algunas carretas pueden realizar hasta dos o tres viajes. Es común que se dé. Como mínimo unos 800 kg diarios de chatarra en las carretas.

Precios:

Chatarra entre 70 a 80 colones.

Apéndice 2.2.7 Reciclo Metálico Pococí

Datos:

Fecha: 21 de mayo, 2018

Nombre completo: Guadalupe Arteta Molina

Puesto: propietaria

Teléfono: 27 10 16 12

Confidencialidad

1. ¿Aprueba ser citado en el trabajo de graduación “Análisis de Flujo de Materiales de Residuos Sólidos del distrito de Guápiles”?

Sí (X)

No ()

En caso de contestar un “No” a la pregunta anterior:

¿Permite que la información brindada por usted pueda ser mencionada de forma anónima?

2. ¿Cuáles distritos abarca la recolección privada de residuos valorizables?

Recolectamos empresas, más que todo en Limón y en Guápiles.

3. ¿Cuántas unidades de su empresa se encuentran realizando este tipo de recolección?

2 camiones.

4. ¿Cuál es la frecuencia de recolección de residuos valorizables?

En las empresas cada 3 a 6 meses. De talleres de Guápiles vienen 1 vez o 2 veces por semana.

5. ¿Cuántas viviendas en total abarca este tipo de recolección selectiva?

Se trabaja yendo a los comercios. o si no la gente viene y los deja.

6. ¿Cuántos comercios en total abarca este tipo de recolección selectiva?

Grandes 3 empresas. Los pequeños comerciantes son más inconstantes y le venden a cualquiera.

7. ¿Cuántos **comercios** que reciben este tipo de recolección pertenecen al distrito de Guápiles?

1 de los grandes está en Guápiles. Otros están Limón, Siquirres, Puerto Viejo de Sarapiquí. Los pequeños son muchos.

8. ¿Cuál es la cantidad total de residuos recolectados?

Por mes se recolectan de Guápiles aproximadamente 30 toneladas de metal, sin contar las empresas. Las empresas como entregan cada 3 meses es diferente. Los otros materiales como plástico, cartón, etcétera, como 2 ton/mes. También por mes se pueden traer 12 toneladas de chatarra, 2 toneladas de los reciclados, 500 kg de madera (tarimas), 200 kg de plástico. Una vez al año una empresa saca hasta 60 toneladas de plástico grueso que se corta con sierra.

9. ¿Qué tipos de residuos recolectan?

Chatarra, aluminio, cobre, bronce, plástico, cartón y madera.

10. ¿Cuál porcentaje del total de residuos estima que provenga del distrito central de Guápiles?

Alrededor de un 55%.

11. ¿Qué pasa con los residuos recolectados? ¿Qué rutas toman?

Esos se exportan. La chatarra va para Vietnam, Guatemala. El cartón para Kimberly Clark, el cobre a Estados Unidos. Los plásticos a Recyplast. Muchos países han dejado de recibir reciclaje de Costa Rica porque se le estaba enviando mucha basura del país, materiales indebidos como piedras, aros de llantas con todo y hule. Multaron a muchos.

12. ¿Cuáles son las empresas que les reciben estos residuos?

Ese dato lo maneja el exportador.

13. ¿Conoce de otros recolectores privados que realicen este tipo de recolección? ¿Cuántos de ellos son?

Conozco muchos, unos 8.

14. ¿Conoce de recolectores informales que realicen este tipo de recolección? ¿Cuántos de ellos son?

Informales son muchos. Vienen muchos con carretillo.

Apéndice 2.2.8 Estación de residuos, Guápiles centro

Datos:

Fecha: 22 de mayo, 2018

Nombre completo: Familia Quirós León

Puesto: encargada

Teléfono: 83 89 95 94

Confidencialidad

1. ¿Aprueba ser citado en el trabajo de graduación “Análisis de Flujo de Materiales de Residuos Sólidos del distrito de Guápiles”?

Sí (X)

No ()

En caso de contestar un “No” a la pregunta anterior:

¿Permite que la información brindada por usted pueda ser mencionada de forma anónima?

2. ¿De cuáles distritos reciben residuos sólidos?

Del distrito de Guápiles.

3. ¿Tienen alguna unidad que se encuentran realizando este tipo de recolección o son solamente una estación de recepción?

La gente de Hogar Betel lo recoge. Sólo con ellos trabajamos. Si hay tiempo de clasificar los residuos los clasificamos y si no lo mandamos así.

4. ¿Cuántas viviendas estima que se benefician de este servicio?

Unas 1200 aproximadamente. Es difícil decirlo porque las personas sólo vienen a dejar el reciclaje y muchas veces no nos damos cuenta.

5. ¿Cuántos comercios estima que se benefician de este servicio?

Todo el centro de Guápiles y los tribunales. Agropalmito y Mundimar, dejaban cuando estábamos en Pococí Limpio. Pero como lo quitaron porque era muy poco rentable porque había mucha gente trabajando ahí, entonces ahora Betel trabaja directamente recogiendo el reciclaje.

6. ¿Cuál es la cantidad estimada del total de residuos recolectados/recibidos?

Es difícil decirlo. Se llenan unos 3 camiones al día.

7. ¿Qué tipos de residuos recolectan/reciben?

Plástico (bolsas, botellas), periódico, cartón (huevo, cajas pequeñas, de pizza, cartonsillo), vidrio redondo, aluminio, tetrabrik, electrónicos.

8. ¿Qué pasa con los residuos recolectados? ¿Qué rutas toman?

Se va para Hogar Betel. Ahí lo clasifican, luego lo comprimen con una máquina de presión, hacen unas pacas de unos 500 kg. Después de Siquirres en 28 millas hay una planta de reciclaje, ahí la envían.

9. ¿Cuáles son las empresas que les reciben estos residuos?

Ese dato no lo manejamos.

10. ¿Conoce de otros recolectores privados que realicen este tipo de servicio? ¿Cuántos de ellos son?

En el centro de Guápiles no.

11. ¿Conoce de recolectores informales que realicen este tipo de servicio? ¿Cuántos de ellos son?

Hay muchos recolectores informales.

Apéndice 2.2.9 Hogar Betel

Datos:

Fecha: 22 de mayo, 2018

Nombre completo: Bryan Hernández

Teléfono: 27 10 75 78

Confidencialidad

1. ¿Aprueba ser citado en el trabajo de graduación “Análisis de Flujo de Materiales de Residuos Sólidos del distrito de Guápiles”?

Sí (X)

No ()

En caso de contestar un “No” a la pregunta anterior:

¿Permite que la información brindada por usted pueda ser mencionada de forma anónima?

2. ¿De cuáles distritos reciben residuos sólidos?

De Guápiles, La Colonia, Jiménez, La Rita, a veces Cariari.

3. ¿Tienen alguna unidad que se encuentran realizando este tipo de recolección o son solamente una estación de recepción?

Sí un camión de doble cabina.

4. ¿Cuántas viviendas estima que se benefician de este servicio?

De Guápiles unas 320 casas.

5. ¿Cuántos comercios estima que se benefician de este servicio?

De Guápiles unos 80 locales.

6. ¿Cuál es la cantidad estimada del total de residuos recolectados/recibidos?

De Guápiles unos 600 a 800 kg/ día de materiales como plástico, cartón, etcétera, de parte de los comercios. De parte de las casas de 2 a 6 kg de reciclaje por casa. Y unas 700 a 800 kg/día de chatarra. Todo eso es como un 60% de todo lo que recogemos en total, el cual viene de Guápiles. De Cariari viene un 5% del total que recogemos y el otro 40% de la Colonia, Jiménez y La Rita.

7. ¿Qué tipos de residuos recolectan/reciben?

Plástico (bolsas, botellas), periódico, cartón (huevo, cajas pequeñas, de pizza, cartonsillo), vidrio redondo, aluminio, tetrabrik, electrónicos, chatarra (carrocería, aires acondicionados, tarjetas madre). Láminas de zinc, hierro, bronce, hierro, candados.

8. ¿Qué pasa con los residuos recolectados? ¿Qué rutas toman?

El reciclaje lo clasificamos y enviamos Recicladora la Esquina. El Japón se va a Japón, entre otros lugares.

9. ¿Cuáles son las empresas que les reciben estos residuos?

Ese dato no lo manejamos.

Apéndice 2.2.10 Recolector informal: José Joaquín Rivera López

Datos:

Fecha: 22 de mayo, 2018

Nombre completo: José Joaquín Rivera López

Confidencialidad

1. ¿Aprueba ser citado en el trabajo de graduación “Análisis de Flujo de Materiales de Residuos Sólidos del distrito de Guápiles”?

Sí (X)

No ()

En caso de contestar un “No” a la pregunta anterior:

¿Permite que la información brindada por usted pueda ser mencionada de forma anónima?

2. ¿De cuáles distritos reciben residuos sólidos?

Traen de Jiménez, de la Colonia, de Guápiles centro, Buenos Aires.

3. ¿Tienen alguna unidad que se encuentran realizando este tipo de recolección o son solamente una estación de recepción?

Vienen los camiones de Recicladora la Esquina. Antes venía la municipalidad pero si veían muy poquito no paraban.

4. ¿Cuántas viviendas estima que se benefician de este servicio?

Es muy difícil decirlo. Los vecinos de aquí cerca.

5. ¿Cuántos comercios estima que se benefician de este servicio?

Algunos comercios del centro de Guápiles.

6. ¿Cuál es la cantidad estimada del total de residuos recolectados/recibidos?

Es difícil decirlo, nosotros no pesamos aquí. Pero por semana se pueden llenar de 2 a 3 camiones.

7. ¿Qué tipos de residuos recolectan/reciben?

Cartón, tetra, plástico, vidrio pero no quebrado ni plano, aluminio, latas, hierro, chatarra. Vienen los chatarreros a recogerlos. No recibo dinero a cambio, pero me gusta ayudar y servir.

Apéndice 2.2.11 Municipalidad de Pococí: recolección de residuos ordinarios

Fecha: 1º de noviembre, 2017.

Nombre completo: Manuel Álvarez Poveda
Puesto: Coordinador de saneamiento ambiental
Teléfono: 85 89 43 47

Confidencialidad

1. ¿Aprueba ser citado en el trabajo de graduación “Análisis de Flujo de Materiales de Residuos Sólidos del distrito de Guápiles”?

Sí (X)

No ()

En caso de contestar un “No” a la pregunta anterior:

¿Permite que la información brindada por usted pueda ser mencionada de forma anónima?

2. ¿Cuáles distritos abarca la recolección municipal?

Distritos exceptuando la Colonia y Colorado.

3. ¿Cuál es la frecuencia de recolección de recolección de residuos para cada distrito?

Guápiles: Todos los días

En cada distrito es un día a la semana

4. ¿Cuántas viviendas en total abarca la recolección municipal de residuos?

No manejo el dato.

5. ¿Cuántos comercios en total abarcan la recolección municipal de residuos?

No manejo el dato.

6. ¿Cuántas viviendas inscritas pertenecen al distrito de Guápiles?

No manejo el dato.

7. ¿Cuántos comercios inscritos pertenecen al distrito de Guápiles?

1 camión con capacidad de 13 a 15 toneladas. Dos de 6 toneladas. 1 de 9 toneladas. 1 de 13 otro de 15 o 14 toneladas.

En Guápiles se recolectan aproximadamente 10 toneladas diarias.

8. ¿Cuál es la cantidad total de residuos que llega por semana al vertedero Los Laureles?

Pococí, Siquirres, Puerto Viejo de Sarapiquí.

9. ¿Existe algún dato de la cantidad de residuos recolectados por distrito?

No existe.

10. ¿Cuál porcentaje del total de residuos estima que provenga del distrito central de Guápiles?

45 del total se recoge del distrito de Guápiles.

11. ¿Conoce de recolectores informales/privados que realicen este tipo de recolección? ¿Cuántos de ellos son?

Camión adicional en la Colonia.

En Guápiles no ocurre ese problema.

12. ¿Cuál son las prácticas inadecuadas más comunes de las personas al entregar su basura?

Malas amarradas, echar mantecas, sacar la basura en lugares indebidos. El comercio cuando vende va sacando bolsas y productos de lo que vende.

Los sectores más problemáticos del cantón son la Rita y Roxana ellos realizan más mal manejo. Tiran de todo.

13. ¿Cuáles considera que sean las mayores deficiencias en el servicio de recolección que ofrecen?

Deficiencias en equipo. Falta de equipo recolector. Son 18 peones por camión. Salen a las 11 unos y los otros salen a las 2:00 p.m.

14. ¿Qué tipo de accidentes laborales es común que se presenten?

Accidentes: punzo cortantes. Buen manejo de residuos en clínicas y hospitales. Accidentes son ocasionales.

15. ¿Han experimentado una reducción en la cantidad de residuos desde la puesta en funcionamiento del camión de recolección de reciclaje?

Ha habido una reducción significativa.

Apéndice 2.2.12 Informal 1: recolección de residuos ordinarios

Datos:

Fecha: 3 de febrero, 2018.

Puesto: persona propietaria de la empresa

Confidencialidad

1. ¿Aprueba ser citado en el trabajo de graduación “Análisis de Flujo de Materiales de Residuos Sólidos del distrito de Guápiles”?

Sí ()

No (X)

En caso de contestar un “No” a la pregunta anterior:

¿Permite que la información brindada por usted pueda ser mencionada de forma anónima?

Sí.

2. ¿Cuáles distritos abarca este tipo de recolección privada?

Buenos aires, la Marina y la Unión (Guápiles), Cascadas (la Colonia). Llegan hasta el Fogón de Lola. Hasta la entrada de Río Frío, abarcamos todos esos comercios. En Cariari el Palí, en Jiménez el Colono, ahí son negocios, casas no.

3. ¿Cuántas unidades se encuentran realizando este tipo de recolección?

2 camiones.

4. ¿Cuál es la frecuencia de recolección de residuos para cada distrito?

En la Colonia dos veces a la semana, en las otras partes es una vez a la semana.

5. ¿Cuántas viviendas en total abarca este tipo de recolección?

Unas 500 en la Colonia, otras 500 en todos los lugares como Caribbean, San Miguel, Barrio Cacique, Los Sauces, Palma Dorada. En Río Frío son como unas 100 casas.

6. ¿Cuántos comercios en total abarca este tipo de recolección?

En la Colonia todos los negocios, los Colonos, Liceo de Pococí, y los negocios de la ruta 32.

7. ¿Cuántas **viviendas** que reciben este tipo de recolección pertenecen al distrito de Guápiles?

Son unas 500 de Guápiles.

8. ¿Cuántos **comercios** que reciben este tipo de recolección pertenecen al distrito de Guápiles?

Son pocos, en el centro sólo el Colono, la Clips, Guapileños. En Guápiles son unos 50 comercios.

9. ¿Cuál es la cantidad total de residuos recolectados?

30 de enero: 5460 kg, otro camión: 5120 kg; 31 de enero: 3740 kg, 2 de febrero 1980 kg, 2 de febrero 5240 kg. Enviamos una vez al día cada camión.

10. ¿Existe algún dato de la cantidad de residuos recolectados por distrito?

No.

11. ¿Cuál porcentaje del total de residuos estima que provenga del distrito central de Guápiles?

Un 50%. Los negocios botan mucho.

12. ¿Qué pasa con los residuos recolectados? ¿Qué rutas toman?

Los camiones comienzan a las 6 de la mañana, hacen sus recorridos, se llenan y van al relleno sanitario.

Lunes: Guápiles (mandan dos camiones)

Martes: la Colonia y Palma Dorada (dos camiones)

Miércoles: Cascadas (un camión)

Jueves: la Marina y la Unión (mandan dos camiones)

Viernes: la Colonia (dos camiones)

13. ¿Conoce de recolectores informales que realicen este tipo de recolección? ¿Cuántos de ellos son?

No. Sólo nosotros y la municipalidad.

Apéndice 3. Análisis de Flujo de Materiales

Apéndice 3.1 Sector residencial: Sitios con recolección del Informal 1

$$\text{Número de habitantes: } 1675 \text{ viviendas} * 3,4 \frac{\text{hab}}{\text{vivienda}} = 5\,695 \text{ hab}$$

La cantidad anual de residuos esperada para esta área se espera que sea de:

$$5\,695 \text{ hab} * 0,61 \frac{\text{kg}}{\text{hab. día}} * 365 \frac{\text{día}}{\text{año}} * \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} = 1\,268 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

De las encuestas realizadas, se obtuvo que alrededor de un 48,6% de las personas realiza acciones de separación de residuos para el reciclaje.

Por lo anterior se realizan las siguientes aproximaciones:

Material destinado para el reciclaje

$$1\,675 \text{ viviendas} * 0,486 = 814,05 \text{ viviendas}$$

$$814,05 \text{ viviendas} * 3,4 \frac{\text{hab}}{\text{vivienda}} * 0,61 \frac{\text{kg}}{\text{hab. día}} * 365 \frac{\text{día}}{\text{año}} * \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} = 616,24 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

La cantidad anterior correspondería a las toneladas de residuos sólidos si la población clasificara la totalidad de ellos. Pero debido a que no todas las familias separan todos los materiales, se calculan las cantidades utilizando el porcentaje de afirmación de las mismas y su posterior porcentaje de composición:

Plástico separado:

$$616,24 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,784 = 483,13 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,12 = 57,98 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Tetrabrik:

$$616,24 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,216 = 133,11 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,001 = 0,133 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Papel y cartón separado:

$$616,24 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,477 = 293,95 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,05 = 14,70 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Vidrio

$$616,24 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,33 = 203,36 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,01 = 2,03 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Aluminio

$$616,24 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,50 = 308,12 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,01 = 3,08 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Electrónicos

$$616,24 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,011 = 6,78 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,02 = 0,14 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Sumando los resultados anteriores, se tiene que se recuperan aproximadamente 78,06 toneladas para el reciclaje en esta parte del distrito.

Residuos orgánicos enterrados/esparcidos en jardín

Porcentaje de afirmación de esta práctica: 48,6%:

$$1\,675 \text{ viviendas} * 0,486 = 814,05 \text{ viviendas}$$

Generación de residuos de viviendas que esparcen/entierran materiales orgánicos:

$$814,05 * 3,4 \frac{\text{hab}}{\text{vivienda}} * 0,61 \frac{\text{kg}}{\text{hab. día}} * 365 \frac{\text{día}}{\text{año}} * \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} = 616,24 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

De las toneladas anteriores, un 44% corresponde a orgánico. Por lo tanto el material destinado a esparcimiento o entierro es de:

$$616,24 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,44 = 271,15 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Residuos sólidos quemados:

Porcentaje de afirmación de esta práctica: 20,8%.

$$1675 \text{ viviendas} * 0,208 = 348,4 \text{ viviendas}$$

$$348,4 * 3,4 \frac{\text{hab}}{\text{vivienda}} * 0,61 \frac{\text{kg}}{\text{hab. día}} * 365 \frac{\text{día}}{\text{año}} * \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} = 263,74 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Papel y cartón quemado:

$$263,74 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,05 = 13,19 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Plástico:

$$263,74 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,12 = 31,65 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Tetrabrik:

$$263,74 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,001 = 0,26 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Otros:

$$263,74 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,22 = 58,01 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

La cantidad de residuos sólidos destinados a quemas actualmente es de 103,11 toneladas anuales aproximadamente.

Vidrio enterrado:

Porcentaje de afirmación de esta práctica: 8,3%.

$$1675 \text{ viviendas} * 0,083 = 139,03 \text{ viviendas}$$

$$139,03 * 3,4 \frac{\text{hab}}{\text{vivienda}} * 0,61 \frac{\text{kg}}{\text{hab. día}} * 365 \frac{\text{día}}{\text{año}} * \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} = 105,24 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

$$105,24 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,01 = 1,05 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Residuos sólidos dispuestos en relleno sanitario:

R.S enviados al relleno = Cantidad total generada – residuos sólidos destinados a reciclaje – residuos orgánicos enterrados/esparcido – residuos sólidos quemados - materiales inorgánicos enterrados

$$1\,268 \frac{\text{ton}}{\text{año}} - 78,06 \frac{\text{ton}}{\text{año}} - 271,15 \frac{\text{ton}}{\text{año}} - 103,11 \frac{\text{ton}}{\text{año}} - 1,05 \frac{\text{ton}}{\text{año}} = 814,63 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Apéndice 3.2 Sector residencial: Sitios con recolección del Informal X (Bella Vista)

$$\text{Número de habitantes: } 723 \text{ viviendas} * 3,4 \frac{\text{hab}}{\text{vivienda}} = 2\,458 \text{ hab}$$

La cantidad anual de residuos esperada para esta área es de:

$$2\,458 \text{ hab} * 0,44 \frac{\text{kg}}{\text{hab. día}} * 365 \frac{\text{día}}{\text{año}} * \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} = 395 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Porcentaje de afirmación de esta práctica: 49%.

Material destinado para el reciclaje

$$723 \text{ viviendas} * 0,49 = 354,27 \text{ viviendas}$$

$$354,27 \text{ viviendas} * 3,4 \frac{\text{hab}}{\text{vivienda}} * 0,44 \frac{\text{kg}}{\text{hab. día}} * 365 \frac{\text{día}}{\text{año}} * \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} = 193,45 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Plástico separado:

$$193,45 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,387 = 74,87 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,13 = 9,73 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Tetrabrik:

$$193,45 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,161 = 31,15 * 0,01 = 0,31 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Papel y cartón separado:

$$193,45 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,355 = 68,67 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,16 = 11 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Vidrio

$$193,45 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,419 = 81,05 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,02 = 1,62 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Aluminio

$$193,45 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,839 = 162,31 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,03 = 4,87 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Electrónicos

$$193,45 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,258 = 49,91 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,02 = 1 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Sumando los resultados anteriores, se tiene que se destinan 28,53 toneladas para el reciclaje en esta parte del distrito.

Residuos orgánicos enterrados/esparcidos

Porcentaje de afirmación de esta práctica: 72,5%

$$723 \text{ viviendas} * 0,725 = 524,18 \text{ viviendas}$$

$$524,18 \text{ viviendas} * 3,4 \frac{\text{hab}}{\text{vivienda}} * 0,44 \frac{\text{kg}}{\text{hab. día}} * 365 \frac{\text{día}}{\text{año}} * \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} = 286,22 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Por lo tanto, la cantidad aproximada de materiales orgánicos esparcidos es de:

$$286,22 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,44 = 125,94 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Quema de residuos

De acuerdo con las encuestas realizadas, se descubre que el 66,7% de los vecinos quema sus residuos, independientemente si reciben o no el servicio de recolección.

$$723 \text{ viviendas} * 0,667 = 482,24 \text{ viviendas}$$

$$482,24 \text{ viviendas} * 3,4 \frac{\text{hab}}{\text{vivienda}} * 0,44 \frac{\text{kg}}{\text{hab. día}} * 365 \frac{\text{día}}{\text{año}} * \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} = 263,32 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Papel y cartón quemado:

$$263,32 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,16 = 42,13 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Plástico separado:

$$263,32 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,13 = 34,23 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Tetrabrik:

$$263,32 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,01 = 2,63 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Otros:

$$263,32 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,16 = 42,13 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

De esta manera se aproxima que la cantidad de residuos sólidos quemados al año es de 121,12 toneladas.

Vidrio enterrado:

Porcentaje de afirmación de esta práctica: 11,8%

$$723 \text{ viviendas} * 0,118 = 85,31 \text{ viviendas}$$

$$85,31 \text{ viviendas} * 3,4 \frac{\text{hab}}{\text{vivienda}} * 0,44 \frac{\text{kg}}{\text{hab. día}} * 365 \frac{\text{día}}{\text{año}} * \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} = 46,58 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

$$46,58 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,02 = 0,93 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Residuos abandonados para su posterior recolección municipal:

Por otra parte, de la cantidad total de vecinos encuestados, el 21,57% tira sus residuos sólidos al centro de Guápiles para que esto sean llevados por la municipalidad de Pococí sin realizar ningún pago. Tomando esto en cuenta, se tienen las siguientes aproximaciones:

$$723 \text{ viviendas} * 0,2157 = 155,95 \text{ viviendas}$$

$$155,95 \text{ viviendas} * 3,4 \frac{\text{hab}}{\text{vivienda}} * 0,44 \frac{\text{kg}}{\text{hab. día}} * 365 \frac{\text{día}}{\text{año}} * \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} = 85,16 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Residuos sólidos dispuestos en relleno sanitario

:

R.S enviados al relleno = Cantidad total generada – residuos sólidos destinados a reciclaje – residuos orgánicos enterrados/esparcido – residuos sólidos quemados - materiales inorgánicos enterrados- residuos sólidos abandonados

$$395 \frac{\text{ton}}{\text{año}} - 28,53 \frac{\text{ton}}{\text{año}} - 125,94 \frac{\text{ton}}{\text{año}} - 121,12 \frac{\text{ton}}{\text{año}} - 0,93 \frac{\text{ton}}{\text{año}} - 85,16 \frac{\text{ton}}{\text{año}} = 33,32 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Apéndice 3.3 Sector comercial: Recolección municipal

$$1\,390 \text{ comercios} * 7,21 \frac{\text{kg}}{\text{com. día}} * 6 \frac{\text{día}}{\text{sem}} * 4,33 \frac{\text{sem}}{\text{mes}} * 12 \frac{\text{mes}}{\text{año}} * \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} = 3\,124 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Material destinado para el reciclaje

Porcentaje de afirmación de esta práctica: 66,7%

$$1\,390 \text{ comercios} * 0,667 = 927,13 \text{ comercios}$$

$$927,13 * 7,21 \frac{kg}{com. \text{ día}} * 6 \frac{día}{sem} * 4,33 \frac{sem}{mes} * 12 \frac{mes}{año} * \frac{1 ton}{1000 kg} = 2084 \frac{ton}{año}$$

Plástico separado:

$$2\,084 \frac{ton}{año} * 0,685 = 1\,427,54 \frac{ton}{año} * 0,093 = 132,76 \frac{ton}{año}$$

Tetrabrik:

$$2\,084 \frac{ton}{año} * 0,031 = 64,60 \frac{ton}{año} * 0,005 = 0,32 \frac{ton}{año}$$

Papel y cartón separado:

$$2\,084 \frac{ton}{año} * 0,796 = 1\,658,86 \frac{ton}{año} * 0,314 = 520,88 \frac{ton}{año}$$

Vidrio

$$2\,084 \frac{ton}{año} * 0,043 = 89,61 \frac{ton}{año} * 0,004 = 0,34 \frac{ton}{año}$$

Aluminio

$$2\,084 \frac{ton}{año} * 0,031 = 64,60 \frac{ton}{año} * 0,007 = 0,45 \frac{ton}{año}$$

Sumando los resultados anteriores, se tiene que se recuperan 654,46 toneladas anuales para el reciclaje.

Por lo tanto, al relleno sanitario la municipalidad dispone del sector comercial:

$$3\,124 \frac{ton}{año} - 654,46 \frac{ton}{año} = 2\,469,54 \frac{ton}{año}$$

Apéndice 3.4 Sector comercial: Recolección del Informal 1

Por otra parte, se tiene que los comercios beneficiados con este servicio de recolección son aproximadamente 127, por lo que la cantidad de residuos se estima que sea:

$$127 \text{ comercios} * 7,21 \frac{kg}{com. \text{ día}} * 6 \frac{día}{sem} * 4,33 \frac{sem}{mes} * 12 \frac{mes}{año} * \frac{1 ton}{1000 kg} = 285,47 \frac{ton}{año}$$

Debido a que los comercios que reciben el servicio de este gestor no fueron encuestados por su lejanía con respecto al centro de Guápiles, el cálculo de lo dispuesto y lo recolectado para el reciclaje se hará con base en lo siguiente:

954,67 ton/año = dispuestas por este gestor en el año 2017 al relleno sanitario.

814,63 ton/año = dispuestas al relleno sanitario del sector residencial, calculadas anteriormente

$$954,67 \frac{\text{ton}}{\text{año}} - 814,63 \frac{\text{ton}}{\text{año}} = 140,04 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Debido a que se disponen 140,04 ton/año, se estima que se destinan a la recuperación las siguientes cantidades:

$$285,47 \frac{\text{ton}}{\text{año}} - 140,04 \frac{\text{ton}}{\text{año}} = 145,43 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Apéndice 3.5 Otras descargas ilegales

$$6\,420,05 \frac{\text{ton}}{\text{año}} - 2\,810,23 \frac{\text{ton}}{\text{año}} - 2\,469,54 = 1\,140,28 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Sumando la contribución de las descargas ilegales de Bella Vista al centro de Guápiles, se tiene una cantidad total de descargas ilegales de 1 225,44 ton/año.

Apéndice 3.6 Gestión de residuos recuperados para el reciclaje

Recicladora la Esquina

Por su parte, Recicladora la Esquina, estima que sus unidades recolectan aproximadamente de 750 a 1 300 viviendas y 35 comercios. Para corroborar lo estimado por el centro de acopio, se tomará un promedio de viviendas el cual es de 1 025 y los 35 comercios estimados.

$$1\,025 \text{ viviendas} * 3,4 \frac{\text{hab}}{\text{vivienda}} * 0,61 \frac{\text{kg}}{\text{hab. día}} * 365 \frac{\text{día}}{\text{año}} * \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} = 775,93 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Plástico separado:

$$775,93 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,87 = 675,06 * 0,12 = 81 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Tetrabrik:

$$775,93 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,401 = 311,15 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,001 = 0,31 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Papel y cartón separado:

$$775,93 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,664 = 515,22 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,05 = 25,76 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Vidrio

$$775,93 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,34 = 263,82 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,01 = 2,64 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Aluminio

$$775,93 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,378 = 293,30 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,01 = 2,93 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Sumando los materiales, da como resultado una cantidad anual aproximada de 112,64 toneladas recuperadas.

El aporte aproximado de los 35 comercios, es de:

$$35 * 7,21 \frac{\text{kg}}{\text{com. día}} * 6 \frac{\text{día}}{\text{sem}} * 4,33 \frac{\text{sem}}{\text{mes}} * 12 \frac{\text{mes}}{\text{año}} * \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} = 78,67 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Plástico separado:

$$78,67 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,685 = 53,89 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,093 = 5,01 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Tetrabrik:

$$78,67 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,031 = 2,44 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,005 = 0,012 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Papel y cartón separado:

$$78,67 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,796 = 62,62 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,314 = 19,66 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Vidrio

$$78,67 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,043 = 3,38 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,004 = 0,013 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Aluminio

$$78,67 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,031 = 2,44 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,007 = 0,017 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Centro de acopio anónimo

$$200 \text{ viviendas} * 3,4 \frac{\text{hab}}{\text{vivienda}} * 0,61 \frac{\text{kg}}{\text{hab. día}} * 365 \frac{\text{día}}{\text{año}} * \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} = 151,40 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Plástico separado:

$$151,40 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,87 = 131,72 * 0,12 = 15,81 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Tetrabrik:

$$151,40 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,401 = 60,71 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,001 = 0,061 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Papel y cartón separado:

$$151,40 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,664 = 100,53 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,05 = 5,03 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Vidrio

$$151,40 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,34 = 51,48 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,01 = 0,52 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Aluminio

$$151,40 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,378 = 57,23 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,01 = 0,57 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Sumando los materiales, da como resultado una cantidad anual aproximada de 22 toneladas recuperadas.

El aporte aproximado de los 50 comercios, es de:

$$50 * 7,21 \frac{\text{kg}}{\text{com. día}} * 6 \frac{\text{día}}{\text{sem}} * 4,33 \frac{\text{sem}}{\text{mes}} * 12 \frac{\text{mes}}{\text{año}} * \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} = 112,39 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Plástico separado:

$$112,39 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,685 = 77 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,093 = 7,16 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Tetrabrik:

$$112,39 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,031 = 3,48 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,005 = 0,017 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Papel y cartón separado:

$$112,39 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,796 = 89,46 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,314 = 28,10 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Vidrio

$$112,39 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,043 = 4,83 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,004 = 0,019 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Aluminio

$$112,39 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,031 = 3,48 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,007 = 0,024 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

La suma total es de 35,32 ton/año.

Hogar Betel

$$320 \text{ viviendas} * 3,4 \frac{\text{hab}}{\text{vivienda}} * 0,61 \frac{\text{kg}}{\text{hab. día}} * 365 \frac{\text{día}}{\text{año}} * \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} = 242,24 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Plástico separado:

$$242,24 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,87 = 210,85 * 0,12 = 25,30 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Tetrabrik:

$$242,24 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,401 = 97,14 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,001 = 0,097 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Papel y cartón separado:

$$242,24 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,664 = 160,85 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,05 = 8,04 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Vidrio

$$242,24 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,34 = 82,36 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,01 = 0,82 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Aluminio

$$242,24 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,378 = 91,57 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,01 = 0,92 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Sumando los materiales, da como resultado una cantidad anual aproximada de 35,18 toneladas recuperadas.

El aporte aproximado de los 50 comercios, es de:

$$80 * 7,21 \frac{\text{kg}}{\text{com. día}} * 6 \frac{\text{día}}{\text{sem}} * 4,33 \frac{\text{sem}}{\text{mes}} * 12 \frac{\text{mes}}{\text{año}} * \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} = 179,82 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Plástico separado:

$$179,82 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,685 = 123,18 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,093 = 11,46 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Tetrabrik:

$$179,82 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,031 = 5,57 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,005 = 0,028 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Papel y cartón separado:

$$179,82 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,796 = 143,14 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,314 = 44,95 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Vidrio

$$179,82 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,043 = 7,73 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,004 = 0,031 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

Aluminio

$$179,82 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,031 = 5,57 \frac{\text{ton}}{\text{año}} * 0,007 = 0,039 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

La suma total es de 56,51 ton/año.

Apéndice 4. Entrevistas realizadas para la determinación de una posible alianza público – privada

4.1. Entrevista realizada al gestor Informal 1

Datos:

Fecha: 21 de mayo, 2018.

Puesto: dueña de la empresa

Confidencialidad

1. ¿Aprueba ser citado en el trabajo de graduación “Análisis de Flujo de Materiales de Residuos Sólidos del distrito de Guápiles”?

Sí ()

No (X)

En caso de contestar un “No” a la pregunta anterior:

¿Permite que la información brindada por usted pueda ser mencionada de forma anónima?

Sí.

1. ¿Tienen algún acuerdo escrito o hablado con la Municipalidad de Pococí? ¿Cómo se realizó tal acuerdo?

No teneos. Nadie nos llamó. Mi esposo comenzó a hacer el trabajo de manera independiente. Antes (en la Colonia) había mucho problema con la basura. La gente quemaba y enterraba mucho. La municipalidad a nosotros nos da una boleta para tirar al botadero. Nunca dijeron nada de que empezáramos a trabajar y la gente nos prefiere a nosotros porque les pasamos dos veces por semana.

2. ¿Hubo algún tipo de planeación?

No hubo. Los barrios se fueron dando cuenta que hacíamos el trabajo y nos empezaron a llamar para que les fuéramos a recoger la basura.

3. ¿Se encuentran las áreas bien definidas entre lo recolectado por su empresa y lo recolectado por la municipalidad?

Sí están bien definidas. Hay negocios que le pagan a la municipalidad y a nosotros también.

4. ¿Reciben algún tipo de colaboración de parte de la municipalidad? ¿Qué piensan de esa colaboración?

Bueno, ellos pagan la disposición final. Esa colaboración es muy buena.

5. ¿Han tenido alguna oposición de parte del Ministerio de Salud de la ayuda brindada en la recolección de los residuos sólidos?

Nunca hemos tenido ningún problema.

5. ¿En su opinión, cómo sería una alianza exitosa?

Nos gustaría tener un respaldo por escrito. Si por alguna razón nos quisieran quitar no tenemos nada que nos respalde. Tal vez por los años que llevamos trabajando tengamos un respaldo. Nos gustaría que sigan pagando la disposición final, si no, no damos abasto.

8. ¿Cuáles cree que sean las barreras para lograr una alianza exitosa?

Tal vez no se ha hecho por falta de interés de ellos y de nosotros.

9. ¿Estarían dispuestos a tener una alianza formal con la Municipalidad de Pococí?

Sí estaríamos dispuestos.

10. ¿Cuáles son sus metas en el ejercicio de las labores que realizan de recolección? (beneficiar al ambiente, calidad de vida, expandir sus funciones)

Seguir adelante. Tener un lugar limpio y ayudar a las personas. De momento no pensamos expandirnos por los recursos que tenemos ahorita, sólo tenemos 2 camiones.

4.2 Entrevista realizada al gestor ambiental municipal

Datos:

Fecha: 28 de mayo, 2018

Nombre: Lic. Fabián Delgado Villalobos

Puesto: gestor ambiental, Municipalidad de Pococí

Teléfono: 88 13 24 68

Correo electrónico: gestionambiental.pococi@gmail.com

Confidencialidad

14. ¿Aprueba ser citado en el trabajo de graduación “Análisis de Flujo de Materiales de Residuos Sólidos del distrito de Guápiles”?

Sí (X)

No ()

En caso de contestar un “No” a la pregunta anterior:

¿Permite que la información brindada por usted pueda ser mencionada de forma anónima?

1. ¿Cuáles son las principales barreras que tiene la municipalidad actualmente para brindar el servicio a todo el cantón de Pococí?

La principal barrera es la falta de recursos económicos para la compra de camiones recolectores. Actualmente el servicio sólo se ofrece con cinco unidades en mal estado. A finales del 2017 se compraron dos más pero se compraron para sustituir, no para expandir rutas. A mediados del año 2017 se hizo un trámite en el concejo para solicitar un préstamo para la compra de dos camiones adicionales para expandir las rutas, pero aún no se le ha dado el aval. El trámite está en pausa.

Otra barrera ya es externa a la UTGAM. Aún no existe un censo catastral de todo el cantón que le compete al Departamento de Catastro Municipal, por lo que no se podría cobrar el servicio en donde no exista dicho censo. El Departamento aún no tiene presupuesto para contratar gente que haga esa labor. Actualmente también hay muchas casas donde no se paga el servicio de recolección, la tasa de morosidad es muy alta.

2. ¿Tienen algún acuerdo escrito o hablado con el recolector informal que ejerce sus labores de recolección en el distrito de Guápiles? ¿Cómo se realizó tal acuerdo?

No se tiene. Únicamente se cuenta con un tipo de acuerdo verbal con la cooperativa de Cariari para que brinde el servicio de recolección en el distrito de Cariari en donde actualmente la recolección municipal no se da.

3. ¿Hubo algún tipo de planeación?

Hay algunos factores que se tomaron en cuenta para priorizar una ruta como la cantidad de población en el sitio, lejanía del sitio e índice de morosidad. Los recolectores informales de la zona se dieron cuenta por ellos mismos.

4. ¿Se encuentran las áreas bien definidas entre lo recolectado por su empresa y lo recolectado por la municipalidad?

Sí están bien definidas. Se hacen con base en la capacidad de los recolectores. Ya está establecido un horario.

5. ¿Qué tipo de colaboración realiza la municipalidad al recolector informal? ¿Qué piensa la UTGAM de esa colaboración?

Es una situación que se da por la necesidad, sin embargo la misma debe formalizarse a la mayor brevedad posible. Lo ideal sería que la UTGAM asuma la responsabilidad con camiones propios o que subcontrate el servicio a los recolectores informales porque es lo que permite la ley.

6. ¿Han tenido alguna oposición de parte del Ministerio de Salud de la ayuda brindada en la recolección de los residuos sólidos de parte de este u otros recolectores informales?

No se ha tenido. Actualmente se encuentra en discusión el tema del permiso para utilizar un camión como un camión recolector de basura. No existe a nivel de país, no se sabe quién debe de otorgar ese permiso si la municipalidad o el Ministerio de Salud, esto porque cada camión debe tener un permiso para ser usado con ese fin.

7. ¿En su opinión, cómo sería una alianza exitosa con un recolector informal?

Que el gestor informal haga el trámite y se convierta en un gestor autorizado y que la Municipalidad de Pococí subcontrate el servicio. Que la municipalidad le pague la recolección a los recolectores informales, que la misma municipalidad siga asumiendo el costo de disposición final, pero que la misma sea quien cobre de manera directa al usuario para ayudar a asumir el costo. El recolector informal no cobraría nada.

8. ¿Cuáles cree que sean las barreras para lograr una alianza exitosa?

La falta de recursos para subcontratar el servicio. La falta del censo catastral. Actualmente no hay recursos económicos para pensar en algo así.

9. ¿Estarían dispuestos a tener una alianza formal este u otros recolectores informales?

Si tuviéramos el recurso, sí, ya que considero que es más rentable que conseguir camiones y contratar más personal del que hay en este momento.

10. ¿Cree que requiere ayuda o asesoramiento para las especificaciones del contrato?

Sí claro, de parte de Proveeduría y del Departamento legal Municipal.

11. ¿Cuáles son sus metas en el ejercicio de las labores que realizan de recolección?
(beneficiar al ambiente, calidad de vida, expandir sus funciones)

Brindar adecuado servicio de recolección de residuos sólidos a todas las personas del cantón de Pococí.

A futuro se piensa en ampliar las rutas con la aprobación del préstamo que se quiere solicitar.