

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES CON ÉNFASIS EN GESTIÓN AMBIENTAL

PROPUESTA DE PLAN DE MANEJO INTEGRADO DE RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS EN
RESERVA FORESTAL CORDILLERA ALUX, SAN JOSÉ PACUL, SACATEPÉQUEZ
SISTEMATIZACIÓN DE PRÁCTICA PROFESIONAL

KETNIA MARIA PALMA MONTENEGRO
CARNET 12922-12

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, ENERO DE 2018
CAMPUS CENTRAL

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES CON ÉNFASIS EN GESTIÓN AMBIENTAL

PROPUESTA DE PLAN DE MANEJO INTEGRADO DE RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS EN
RESERVA FORESTAL CORDILLERA ALUX, SAN JOSÉ PACUL, SACATEPÉQUEZ
SISTEMATIZACIÓN DE PRÁCTICA PROFESIONAL

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR
KETNIA MARIA PALMA MONTENEGRO

PREVIO A CONFERÍRSELE
EL TÍTULO DE INGENIERA AMBIENTAL EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADA

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, ENERO DE 2018
CAMPUS CENTRAL

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR: P. MARCO TULIO MARTINEZ SALAZAR, S. J.

VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO

VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO

VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS

SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

DECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ

SECRETARIO: MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA

DIRECTOR DE CARRERA: MGTR. JULIO ROBERTO GARCÍA MORÁN

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN
MGTR. DANIELA MABEL SANDI INFANTE DE LEMUS

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN
MGTR. JOSÉ MANUEL BENAVENTE MEJÍA
MGTR. NADIA MIJANGOS LÓPEZ
LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ

Guatemala 11 de Enero de 2018

Consejo de Facultad
Ciencias Ambientales y Agrícolas
Presente.-

Estimados miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he asesorado el trabajo de graduación de la estudiante Ketnia María Palma Montenegro, carné 1292212, titulado: "Propuesta de plan de manejo integrado de residuos y desechos sólidos en Reserva Forestal Cordillera Alux, San José Pacul, Sacatepéquez".

El cual considero que cumple con los requisitos establecidos por facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Daniela Mabel Sandi Infante', with a stylized flourish at the end.

MGTR. Daniela Mabel Sandi Infante

Cod. URL 21305

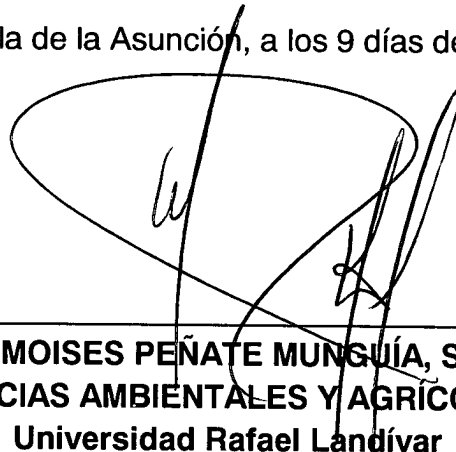
Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Sistematización de Práctica Profesional de la estudiante KETNIA MARIA PALMA MONTENEGRO, Carnet 12922-12 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES CON ÉNFASIS EN GESTIÓN AMBIENTAL, del Campus Central, que consta en el Acta No. 06200-2017 de fecha 30 de noviembre de 2017, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

PROPUESTA DE PLAN DE MANEJO INTEGRADO DE RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS EN RESERVA FORESTAL CORDILLERA ALUX, SAN JOSÉ PACUL, SACATEPÉQUEZ

Previo a conferírsele el título de INGENIERA AMBIENTAL en el grado académico de LICENCIADA.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 9 días del mes de enero del año 2018.



**MGR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA, SECRETARIO
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
Universidad Rafael Landívar**

AGRADECIMIENTOS

A:

Dios por darme la vida y las oportunidades, por su infinito amor, bondad y protección, por permitirme llegar a cumplir este logro. Gracias por las grandes personas que has puesto en mi vida.

Mi madre y padre quienes han sido los promotores de mis sueños, mi guía, me han apoyado incondicionalmente en mi educación y formación profesional. Gracias por la oportunidad y confianza brindada.

Mi asesora MGTR. Daniela Sandi por sus valiosos consejos, revisiones y correcciones.

Al Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) a través de la Dirección Regional Metropolitana especialmente a la Ingeniera Vanessa Franco y su equipo de trabajo por permitirme realizar mis prácticas profesionales supervisadas y por compartir sus conocimientos profesionales.

A la Municipalidad y aldea San José Pacul de Santiago Sacatepéquez por la oportunidad y respaldo brindado durante la realización del presente trabajo.

A Responsabilidad social académica (RSA) de la Universidad Rafael Landívar por su colaboración y al ingeniero Danilo Lémus por su tiempo y asesoría brindada en las etapas de mi trabajo.

A mis amigos en especial a Joselyne Cobar por la ayuda, las risas y compañía durante la realización del presente trabajo y por tantas historias que vivimos. También a Yesenia Juárez, Maria José Ajpop y Rodrigo Suárez por el apoyo y los buenos momentos compartidos durante nuestras prácticas profesionales.

DEDICATORIA

A:

Dios: A quien le debo todo y por quien soy la mujer de hoy, por estar conmigo en los momentos más difíciles y por sus innumerables bendiciones. Me has dado fortaleza y la oportunidad de formarme profesionalmente, te dedico primeramente a ti este logro, te amo.

Mis padres:

A mi madre Zonia Montenegro Rivera por brindarme tú apoyo y amor incondicional, por ser una mujer autentica y única, un gran ejemplo e inspiración para mi vida. A mi padre Carlos Palma Carranza † estuviste conmigo en todo momento, por tú apoyo, amor incondicional y ser ejemplo de un ser humano y profesional íntegro, tú siempre has sido mi orgullo e inspiración, tú ejemplo lo seguiré toda mi vida. Te dedico este logro, sé que estás orgulloso de mí y aunque me faltó vivir tantos momentos contigo y hoy ya no estés presente físicamente, siempre te llevo en mi corazón. A ambos por apoyarme en mi preparación profesional, por sus valores y guiarme por el camino de Dios, los amo.

Mis hermanos:

Michelle Palma uno de mis grandes ejemplos y Josué Palma a ambos por sus consejos, protección, amor y apoyo en mi vida, son una bendición de Dios, los amo.

Mi familia:

Tíos, primos y sobrino que han sido parte de mi formación personal y profesional.

Universidad:

Universidad Rafael Landívar por ser mi *alma máter* y gracias por la oportunidad de pertenecer a la Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas que me brindó excelentes catedráticos que ayudaron a mi formación y conocimiento profesional.

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	ANTECEDENTES	2
2.1.	Revisión de la literatura	2
2.1.1.	Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux	2
2.1.2.	Aspectos biológicos y físicos	6
2.1.3.	Municipio de Santiago Sacatepéquez	12
2.1.4.	Aldea San José Pacul	15
2.1.5.	Residuos y Desechos sólidos	17
2.1.6.	Clasificación de los Residuos y Desechos Sólidos	17
2.1.7.	Situación de los residuos y desechos sólidos en Guatemala	18
2.1.8.	Gestión de los residuos y desechos sólidos en Guatemala	21
2.1.9.	Manejo de Residuos y Desechos sólidos	22
2.1.10.	Caracterización de los Residuos y Desechos Sólidos	25
2.1.11.	Marco legal	25
2.2.	Descripción de la actividad de la institución anfitriona	30
2.2.1.	Descripción del área específica de acción en la institución	30
2.2.2.	Organización	31
2.2.3.	Localización	33
3.	CONTEXTO DE LA PRÁCTICA	33
3.1.	Necesidad institucional y eje de sistematización	33
4.	OBJETIVOS	36
4.1.	General	36
4.2.	Específico	36
5.	PLAN DE TRABAJO	36
5.1.	Programa desarrollado	36
5.1.1.	Gabinete	36
5.1.2.	Procedimiento	36
5.1.3.	Análisis	44
5.1.4.	Propuesta	44
5.1.5.	Visitas técnicas a campo	44

5.1.6.	Otras actividades	45
5.1.7.	Indicadores de resultados.....	45
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
6.1.	Diagnóstico en aldea San José Pacul.....	46
6.1.1.	Visitas de campo.....	46
6.1.2.	Entrevistas.....	47
6.1.3.	Encuestas.....	49
6.1.4.	Herramientas	63
6.2.	Caracterización de los Residuos y Desechos Sólidos	68
6.2.1.	Recolección durante caracterización.....	69
6.2.2.	Generación por peso y composición de caracterización.....	70
6.2.3.	Generación per cápita (GPC) y Generación total diaria (GT) de residuos y desechos sólidos para el año actual.....	71
6.2.4.	Peso y Composición porcentual de los residuos y desechos sólidos	73
6.2.5.	Densidad de los residuos y desechos sólidos.....	77
6.3.	Plan de Manejo Integrado de los Residuos y Desechos sólidos	79
6.3.1.	Concientización y Educación ambiental.....	79
6.3.2.	Sistema de recolección	81
6.3.3.	Almacenamiento de los Residuos Sólidos	84
6.3.4.	Recipientes de Residuos y Desechos Sólidos.....	85
6.3.5.	Residuos orgánicos	89
6.3.6.	Reciclaje de Residuos Inorgánicos	95
6.3.7.	Costos.....	96
6.3.8.	Análisis financiero	100
7.	CONCLUSIONES	102
8.	RECOMENDACIONES.....	104
9.	BIBLIOGRAFIA.....	105
10.	ANEXO	111

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Número de nacimientos de agua por Municipio.....	9
Cuadro 2. Servicios y equipamiento básico de Santiago Sacatepéquez	15
Cuadro 3. Indicadores de la generación de residuos y desechos sólidos en Guatemala.....	21
Cuadro 4. Indicadores de la gestión de residuos y desechos sólidos en Guatemala	21
Cuadro 5. Categorías de clasificación de residuos y desechos sólidos	68
Cuadro 6. Recolección de residuos y desechos sólidos en caracterización.....	69
Cuadro 7. Número de habitantes por vivienda durante caracterización.....	69
Cuadro 8. GPC y GT por año.....	73
Cuadro 9. Peso por categoría del peso total generado en la aldea San José Pacul	76
Cuadro 10. Densidad de los residuos y desechos sólidos.....	78
Cuadro 11. Valorización de los residuos y desechos orgánicos y reciclables.....	78
Cuadro 12. Comercialización de productos (FAO, 2004).....	93
Cuadro 13. Aplicación del abono para hortalizas y frutales (CEIBA, 2010).....	94
Cuadro 14. Ingresos por el reciclaje de residuos sólidos.....	96
Cuadro 15. Ingresos por el compostaje de materia orgánica	96
Cuadro 16. Costos de inversión para la fase de implementación del proyecto	97
Cuadro 17. Costos fijos para la operación del proyecto	98
Cuadro 18. Resumen de ingresos y egresos para la fase de operación del proyecto del primer año.....	99
Cuadro 19. Resumen de ingresos y egresos para la fase de operación del proyecto del segundo año en adelante.....	100
Cuadro 20. Disposición de residuos y desechos sólidos domiciliarios por departamento en Guatemala, año 2009.....	111
Cuadro 21. Resultados de caracterización de residuos y desechos sólidos	113
Cuadro 22. Comparación de ubicación y precio entre empresas recicladoras	114
Cuadro 23. Rentabilidad de reciclaje por empresa de residuos y desechos inorgánicos.....	115

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Límite administrativo de la Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, 2010).....	5
Figura 2. Cuencas y subcuencas de la Reserva Forestal Protectora de Manantiales (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, 2010)	8
Figura 3. Capacidad de Uso de la Tierra de la Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, 2010)	11
Figura 4. Croquis Aldea San José Pacul	17
Figura 5. Sistema de manejo de los residuos y desechos sólidos (Tchobanoglous, Theissen, & Eliassen, 1982).....	23
Figura 6. Organigrama Dirección Regional Metropolitana (Consejo Nacional de Áreas Protegidas-Unidad Técnica Cordillera Alux)	32
Figura 7. Organigrama del Consejo Asesor Municipal (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, 2010).....	33
Figura 8. Croquis por sector aldea San José Pacul	39
Figura 9. Sectores encuestados en la Aldea San José Pacul	50
Figura 10. Género de los encuestados en San José Pacul	51
Figura 11. Nivel de educación en la Aldea San José Pacul, según los encuestados	52
Figura 12. Miembros de familia en viviendas encuestadas en San José Pacul	53
Figura 13. Actividades económicas del jefe de hogar en la Aldea San José Pacul	53
Figura 14. Generación de residuos y desechos sólidos en San José Pacul	54
Figura 15. Separación de los residuos y desechos sólidos en San José Pacul	55
Figura 16. Formas de separación de los residuos y desechos sólidos en San José Pacul	55
Figura 17. Almacenamiento de los residuos y desechos sólidos en San José Pacul	56
Figura 18. Tiempo de almacenamiento de los residuos y desechos sólidos en San José Pacul.....	56

Figura 19. Disposición final de los residuos y desechos sólidos en San José Pacul	57
Figura 20. Pago del servicio de recolección en aldea San José Pacul	58
Figura 21. Frecuencia del servicio de recolección en San José Pacul	59
Figura 22. Lugar de recolección en San José Pacul.....	59
Figura 23. Calidad del servicio de recolección en aldea San José Pacul	60
Figura 24. Contaminación de los residuos y desechos sólidos en San José Pacul	61
Figura 25. Disposición de colaboración en programa de residuos y desechos sólidos en San José Pacul	61
Figura 26. Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas de los residuos y desechos sólidos en la aldea San José Pacul	63
Figura 27. Árbol de problemas	65
Figura 28. Árbol de soluciones	67
Figura 29. Caracterización residuos y desechos sólidos San José Pacul	70
Figura 30. Generación en peso de los residuos y desechos domiciliarios por categoría y subcategoría en la aldea.....	76
Figura 31. Ruta de recolección residuos y desechos sólidos domiciliarios.....	83
Figura 32. Transporte de desechos sólidos a relleno sanitario de Villa Nueva	84
Figura 33. Primer diseño propuesto para recipientes de RDS	88
Figura 34. Segundo diseño propuesto para recipientes de RDS	89
Figura 35. Tercer diseño propuesto para recipientes de RDS	89
Figura 36. Organigrama de CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, 2010)	116
Figura 37. Apoyo en educación ambiental dirigido a niños y niñas en la aldea San José Pacul.....	117
Figura 38. Proceso de diagnóstico y entrevista a guardarecursos en la aldea San José Pacul.....	117
Figura 39. Contaminación del nacimiento "Agua bendita" por el mal manejo de residuos y desechos sólidos en la aldea San José Pacul.....	118

Figura 40. Contaminación por el mal manejo de residuos y desechos sólidos cercanos al nacimiento de agua “Agua Bendita” en la aldea San José Pacul	119
Figura 41. Contaminación por el mal manejo de los residuos y desechos sólidos en nacimiento "Agua bendita", aldea San José Pacul.....	119
Figura 42. Contaminación del nacimiento "Agua bendita" por el mal manejo de residuos y desechos sólidos, aldea San José Pacul	120
Figura 43. Contaminación por el mal manejo de residuos y desechos sólidos en Aldea San José Pacul	120
Figura 44. Contaminación por la mala disposición final de los residuos y desechos sólidos en barranco de la Aldea San José Pacul	121
Figura 45. Contaminación de mala disposición final de residuos y desechos sólidos en nacimiento en el parque de la aldea San José Pacul	121
Figura 46. Quema de residuos y desechos sólidos orgánicos en Aldea San José Pacul	122
Figura 47. Basurero en mal estado en parque de la Aldea San José Pacul.....	122
Figura 48. Jornada de reforestación en la Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux, San Pedro Sacatepéquez.....	123
Figura 49. Entrega de bolsas para proceso de caracterización.....	123
Figura 50. Pesaje de residuos y desechos sólidos durante proceso de caracterización	124
Figura 51. Caracterización de residuos y desechos sólidos, Aldea San José Pacul	124
Figura 52. Caracterización de residuos y desechos sólidos, Aldea San José Pacul	125
Figura 53. Plano centro de acopio	126
Figura 54. Tapadera para recipiente de residuos orgánicos	127
Figura 55. Tapadera para recipiente de residuos reciclables.....	127
Figura 56. Tapadera para recipiente de desechos fracción otros.....	128
Figura 57. Trifoliar para caracterización.....	128
Figura 58. Trifoliar para caracterización.....	129

PROPUESTA DE PLAN DE MANEJO INTEGRADO DE RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS EN RESERVA FORESTAL CORDILLERA ALUX, SAN JOSÉ PACUL, SACATEPÉQUEZ

RESUMEN

La Reserva Forestal Protectora Manantiales Cordillera Alux forma parte de las áreas protegidas del país ubicada en la región metropolitana, una de sus mayores amenazas es la contaminación ambiental resultado por la mala gestión de los residuos y desechos sólidos (RDS). El presente proyecto tiene como objetivo generar una propuesta de plan de manejo integrado de los RDS domiciliarios en la aldea San José Pacul, Santiago Sacatepéquez, que forma parte del área protegida y donde la contaminación por los mismos ha sido uno de los mayores problemas socioambientales, sin ser atendido por las autoridades competentes. Se realizó un diagnóstico y caracterización donde se determinó la generación de los RDS que es de 570.20 kg/día, la mayor generación es de materia orgánica con 252.32 kg/día que representa el 44.25%. La propuesta incluye un programa de educación y concientización ambiental, el compostaje de los residuos orgánicos, venta de reciclaje de los residuos inorgánicos y la implementación de un sistema de recolección y transporte eficiente. Se detallaron y analizaron los costos de inversión y operación para el proyecto tomando en cuenta que su objetivo es cumplir con la normativa, la conservación de los recursos naturales, la prohibición de depositar RDS y la existencia de basureros clandestinos en el área protegida. Se concluyó que la implementación del presente proyecto evitaría que 141.62 toneladas anuales de residuos sólidos (orgánico e inorgánico reciclables) llegasen al relleno sanitario de Villa Nueva.

**PROPOSAL INTEGRATED SOLID WASTE MANAGEMENT PLAN IN
CORDILLERA ALUX FOREST RESERVE, SAN JOSE PACUL,
SACATEPEQUEZ**

SUMMARY

Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux is part of the protected areas of the country located in the metropolitan region, one of its greatest threats is environmental pollution resulting from poor management solid waste (RDS). The present project aims to generate a proposal for an integrated management plan for household RDS in San José Pacul village, Santiago Sacatepéquez, which is part of the protected area and where this pollution has been one of its major problems, without being dealt with by the competent authorities. A diagnosis and characterization was carried out in which the generation of RDS was determined, which is 570.20 kg / day, the highest generation of organic matter with 252.32 kg / day representing 44.25%. The proposal includes an environmental awareness and education program, the composting of organic wastes, the sale of inorganic waste recycling, the implementation of an efficient collection and transportation system. The costs of implementation and profitability for the project were detailed and analyzed in order to determine their viability, taking into account that their objective is to comply with the regulations of the protected area regarding the conservation of their natural resources, the prohibition of depositing RDS, and the existence of clandestine landfills in the protected area. It was concluded that the implementation of this project would prevent 141.62 tons of RDS (organic and inorganic recyclable) from reaching the Villa Nueva landfill (AMSA).

1. INTRODUCCIÓN

La Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux se encuentra dentro de la zona metropolitana de la Ciudad de Guatemala y es el área protegida más grande dentro de esta zona. Este lugar, proporciona varios servicios ambientales a las comunidades aledañas, como por ejemplo, funciona como captador de agua dulce principalmente para la ciudad capital; además, posee un área extensa del recurso forestal y biodiversidad. Sin embargo, el avance de la urbanización, la agricultura, depredación de especies de flora y fauna y vertederos clandestinos son las principales amenazas del área protegida. Es necesario cumplir con la conservación y protección de la Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux siguiendo el plan maestro, a través del manejo de los recursos naturales y la ejecución de proyectos para ejecutar de una mejor manera la conservación, siempre cumpliendo con la legislación ambiental guatemalteca.

Las prácticas profesionales consistieron principalmente en establecer una propuesta de manejo integral de los residuos y desechos sólidos en la aldea San José Pacul, Municipio Santiago Sacatepéquez. Además, dentro de la Dirección Regional Metropolitana se apoyó en el seguimiento de los Instrumentos Ambientales, específicamente verificando el cumplimiento de las medidas de mitigación establecidas en los proyectos y la asesoría ambiental respectiva para el cumplimiento de los mismos. Los estudios de impacto ambiental son medidas necesarias para que el ecosistema de la Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux siga proveyendo los servicios ambientales a largo plazo. Además, es importante que la Dirección Regional Metropolitana ejecute proyectos en colaboración con otras instituciones gubernamentales, en este caso con la Municipalidad de Santiago Sacatepéquez, los COCODES y otros líderes comunitarios de la aldea San José Pacul.

2. ANTECEDENTES

2.1. Revisión de la literatura

2.1.1. Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux

Esta área protegida fue declarada el 29 de mayo del año 1997, se encuentra a 17 kilómetros de la ciudad capital de Guatemala. En el Decreto 41-97, de declaratoria de la Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux, se destaca la importancia de la misma, como una reserva boscosa cercana a la ciudad metropolitana, que brinda servicios ecológicos y funciones hidrológicas de infiltración, que permiten mantener los caudales de agua subterránea y superficial, así como la regulación del clima en el área metropolitana. Esta área protegida presenta áreas con cobertura natural, en un buen porcentaje de su extensión; es parte de la cabecera de las cuencas de los ríos Motagua y María Linda y es la principal zona de recarga hídrica de los mantos acuíferos del Valle de la ciudad de Guatemala, además es marco natural y belleza escénica para los pueblos aledaños a la Reserva (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, 2010).

Esta área protegida es un remanente forestal de mayor importancia del área metropolitana que conserva vegetación primaria de la región, además posee varios recursos naturales, así como culturales. Forma parte del bosque montano bajo, posee cuencas fluviales, manantiales, pequeñas praderas, montañas, fauna silvestre, un sitio arqueológico, áreas urbanas, recursos genéticos. Por ser un área cercana a la ciudad capital se encuentra en constantes presiones, dentro de estas principalmente la presión demográfica, generando que la cobertura vegetal disminuya por causas como la extracción de leña, deforestación, cambio de uso del suelo (Méndez, 2008).

La Cordillera Alux se conoce además como Cerro Alux cuyo significado es “Cerro de duendes”. Por su cercanía a la Capital de Guatemala, constituye el único pulmón para la ciudad y es la reserva generadora de agua más importante que abastece a las poblaciones cercanas, incluyendo a la misma capital. El área aún conserva una

muestra representativa del Bosque de Montaña, el cual es hábitat de una gran biodiversidad característica incluso del bosque nuboso (Hernández, 2014).

Un aspecto importante es que una zona de recarga hídrica alta en el país se encuentra desde el altiplano oriental hasta la parte occidental, franja que abarca tanto la Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux hasta el volcán de Agua (IARNA-URL y TNC, 2013).

Debido a su gran importancia y con el fin de su conservación, se creó el Plan Maestro según los “Lineamientos para la elaboración de Planes Maestros de las Áreas Protegidas del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas”, establecidos por el CONAP. El Plan Maestro se considera como el instrumento de gestión de más alto nivel dentro de un área protegida. Esta área protegida está dividida en tres zonas con el fin de llevar a cabo su manejo, siendo estas: Zona de Protección de Caudales y Flujos de Agua, Zona de Uso Extensivo y Zona de Desarrollo Urbano (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, 2010).

La Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux, abarca parte de los municipios de Mixco, San Pedro Sacatepéquez y San Juan Sacatepéquez del departamento de Guatemala, los municipios de Santiago Sacatepéquez y San Lucas Sacatepéquez del departamento de Sacatepéquez (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, 2010). Esta es administrada por el Consejo Nacional de Áreas Protegidas -CONAP- con los alcaldes de las cinco comunidades que conforman el área: los municipios de San Lucas Sacatepéquez y Santiago Sacatepéquez del departamento de Sacatepéquez; y los municipios de Mixco, San Pedro Sacatepéquez y San Juan Sacatepéquez del Departamento de Guatemala, así como representantes de las gobernaciones departamentales de Guatemala y Sacatepéquez (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, 2016).

El área que abarca la Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux (figura 1), es la siguiente: Mixco (39.34%), luego de los municipios de San Pedro

Sacatepéquez (31.55%), Santiago Sacatepéquez (16.73%), San Lucas Sacatepéquez (9.20%) y San Juan Sacatepéquez (3.18%) (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, 2010).

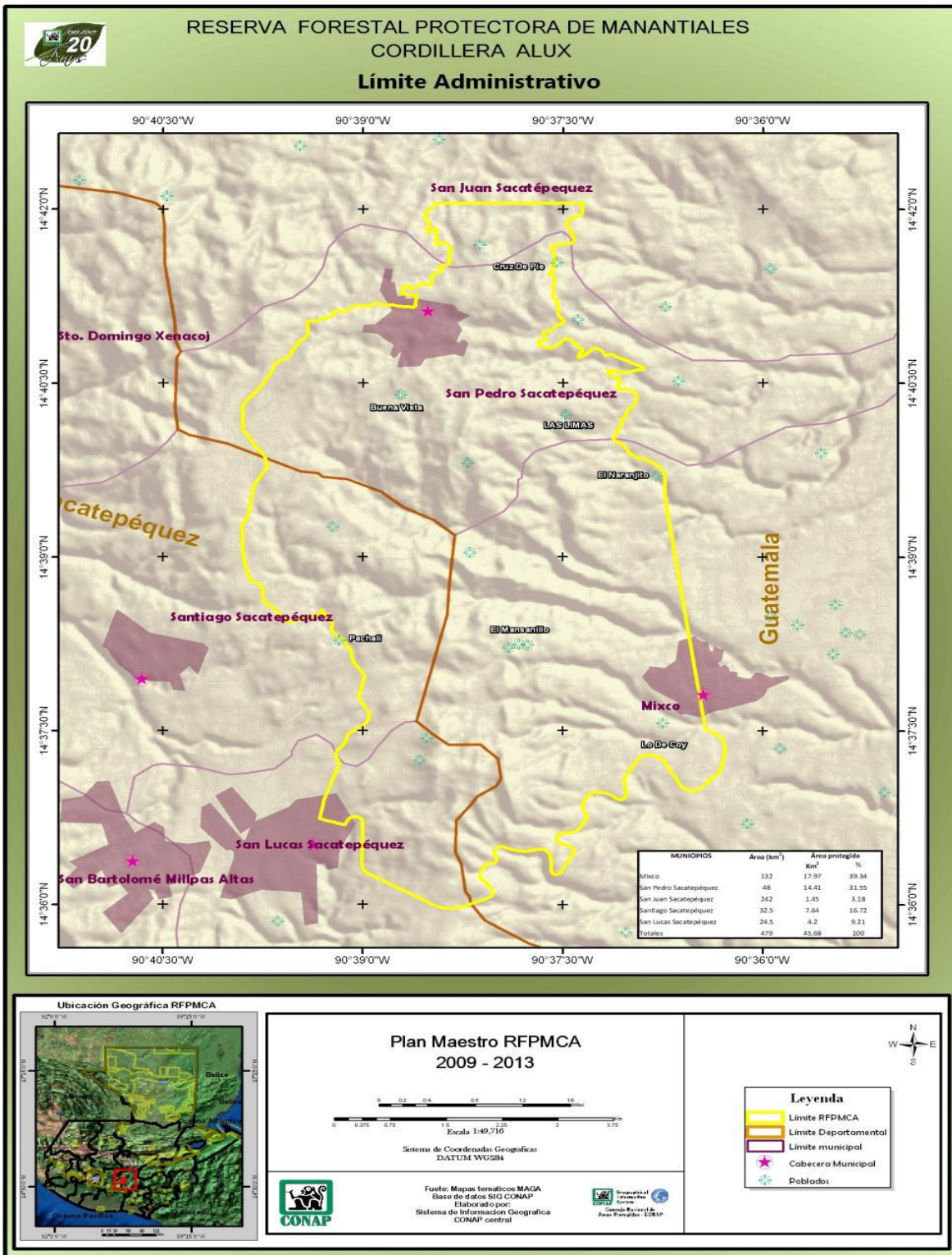


Figura 1. Límite administrativo de la Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, 2010)

Se ha estimado que de 1998 al año 2006, es decir en un período de ocho años, la Cordillera Alux tuvo una pérdida de bosque de 1,065 ha y esto pone en riesgo a los 65 nacimientos de agua que drenan hacia las vertientes del Pacífico y del Atlántico. Se ha calculado que solamente del área que drena hacia el Río Villalobos (tributario Río María Linda) se genera un caudal de 6 m³/seg (metros cúbicos por segundo) equivalente a 200 m³/año. Esta disponibilidad de flujos ecosistémicos brinda calidad de vida a los habitantes de los municipios aledaños al área metropolitana de la ciudad de Guatemala (Medina, Arrecis, Sobenes, & Castañeda, 2013).

2.1.2. Aspectos biológicos y físicos

La zona de vida del área protegida Reserva Forestal Protectora de Manantiales según De La Cruz (1982) citado por Consejo Nacional de Áreas Protegidas (2010) pertenece a la clasificación de Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical (Bh-Mb). Las principales especies indicadoras de esta zona de vida son los Encinos (*Quercus conspersa*, *Quercus tristis*, *Quercus brachistachys*), asociados generalmente con algunas especies de Pino (*Pinus pseudostrobus*, *Pinus maximinoi*), denominadas por esto como “Bosques de Pino-Encino” (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, 2010).

El clima prevaleciente en la Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux, según la clasificación de Thornthwaite, es templado, con invierno benigno, húmedo y estación seca. En el área se definen dos épocas: la seca, de noviembre a abril, y la lluviosa de mayo a octubre (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, 2010).

Parte del área de la Cordillera Alux se ubica en la vertiente del Mar del Caribe, a través del Río Motagua (figura 2). Esta parte de la Cuenca del río Motagua, comprende las subcuencas del río Pixcaya (16.70% del área de la Cordillera Alux) y Río Plátanos (41.63%). Esta parte de la cuenca del río Motagua, se forma por las microcuencas de los ríos El Milagro y Las Limas, que se originan en la parte norte de la Reserva Forestal y que son afluentes del río Las Vacas; mientras que la otra

parte del área de la Reserva drena a la Vertiente del Pacífico, por la Cuenca del río María Linda (41.67%) y subcuenca del río Michatoya. A nivel de microcuencas, este sistema está integrado por los ríos El Naranjito, La Brigada, Las Flores, Pancochá, Pansalic, río Seco y los riachuelos Tempiscal y Chilayón, siendo los ríos Pansalic y Pancochá las corrientes más importantes, que se unen para formar el río Molino, el primer afluente del río Villalobos (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, 2010).

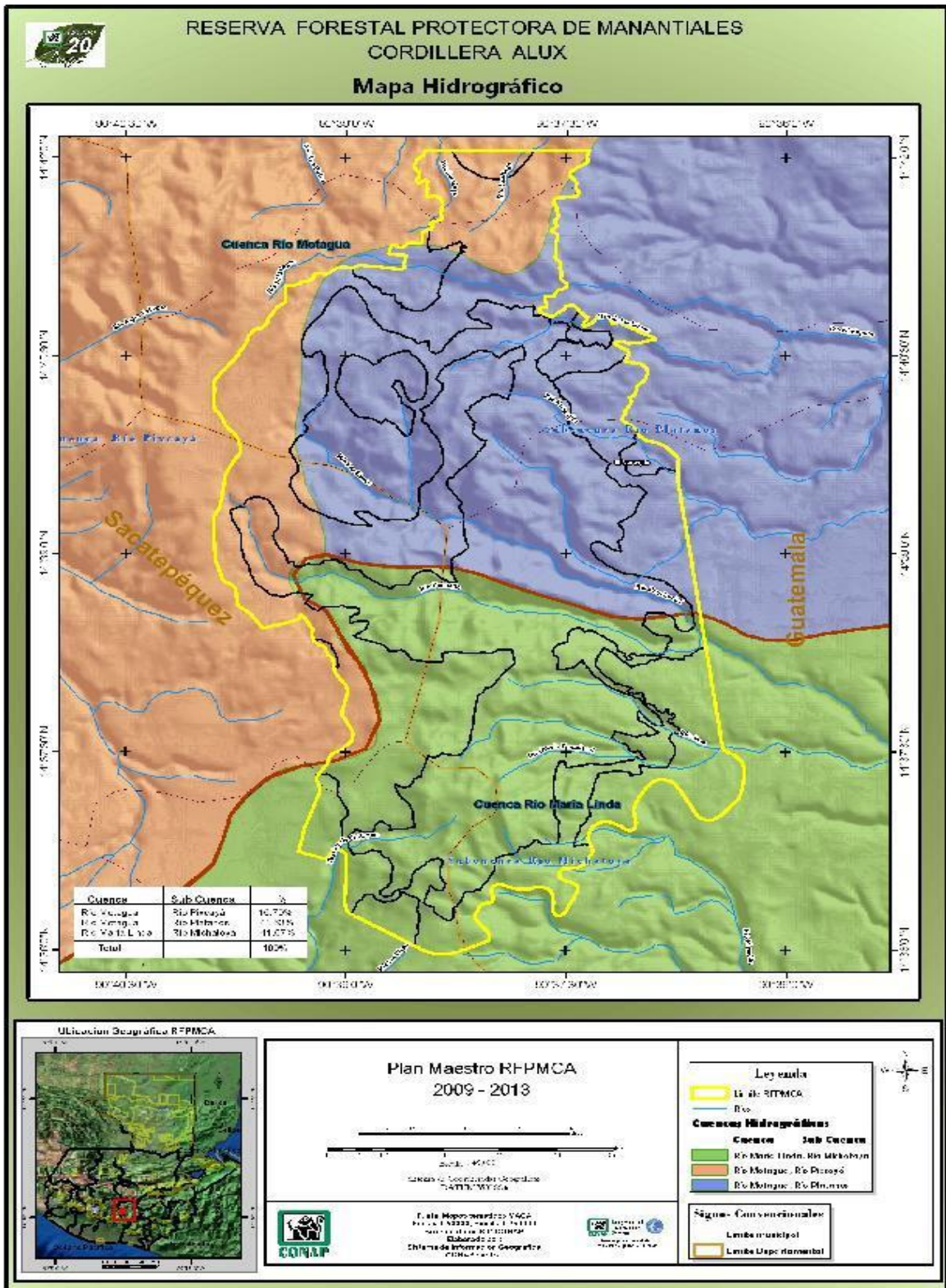


Figura 2. Cuencas y subcuencas de la Reserva Forestal Protectora de Manantiales (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, 2010)

La cordillera presenta 27 cursos de agua, de los cuales 10 son permanentes y 17 intermitentes y 65 nacimientos de agua. De cada 100 milímetros de agua precipitada dentro de la Cordillera Alux, 35 milímetros van a recarga de los mantos acuíferos. En función de estos resultados, la Reserva Forestal es capaz de producir 21.8 millones de metros cúbicos de agua al año, con los cuales se pueden abastecer a 300,000 personas. Se estima que existen más de 550 pozos, los cuales funcionan sin control de cantidad y calidad de agua extraída. El número de nacimientos de agua por municipio se observa en el cuadro 1, el municipio de San Pedro Sacatepéquez, presenta 30 nacimientos (46.15%) y el municipio de San Juan Sacatepéquez, presenta dos nacimientos (3.08%), mientras que el de Mixco posee 8 nacimientos de agua (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, 2010).

Cuadro 1. Número de nacimientos de agua por Municipio

Municipios	Número de nacimientos
San Pedro Sacatepéquez	30
Santiago Sacatepéquez	17
Mixco	8
San Lucas Sacatepéquez	8
San Juan Sacatepéquez	2
TOTAL	65

(Consejo Nacional de Áreas Protegidas, 2010)

El 45.93% de los suelos de la Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux tienen cobertura boscosa, 26.74% uso urbano, 21.18% uso agrícola y el restante 6.15%, uso de pastos y cubierta vegetal en sucesión. La tasa de deforestación anual es de 172.06 hectáreas, para un total de 1,548.54 hectáreas deforestadas en 9 años (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, 2010).

Las características de los suelos son profundos, bien drenados, desarrollados sobre ceniza volcánica pomácea firme y gruesa. El relieve es escarpado, en combinación con superficies onduladas y casi planas. De acuerdo a la Capacidad de Uso de la

Tierra (figura 3), el 71.11% de los suelos de la Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux, tienen vocación forestal, siendo adecuados para desarrollar actividades de Agroforestería con cultivos permanentes y para la producción y protección forestal (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, 2010).

Además la cobertura forestal está representada por bosques: mixtos, coníferas y latifoliadas. La diversidad florística registrada es de 31 especies maderables y de flora no maderable son 158 especies, de las cuales 27 son comestibles, 66 medicinales y 26 ornamentales, además se reportan 53 especies de aves. Se ha identificado 15 especies de mamíferos, 10 de ellas son especies de murciélagos. Se reportan 9 especies de reptiles y 16 especies de mariposas (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, 2010).

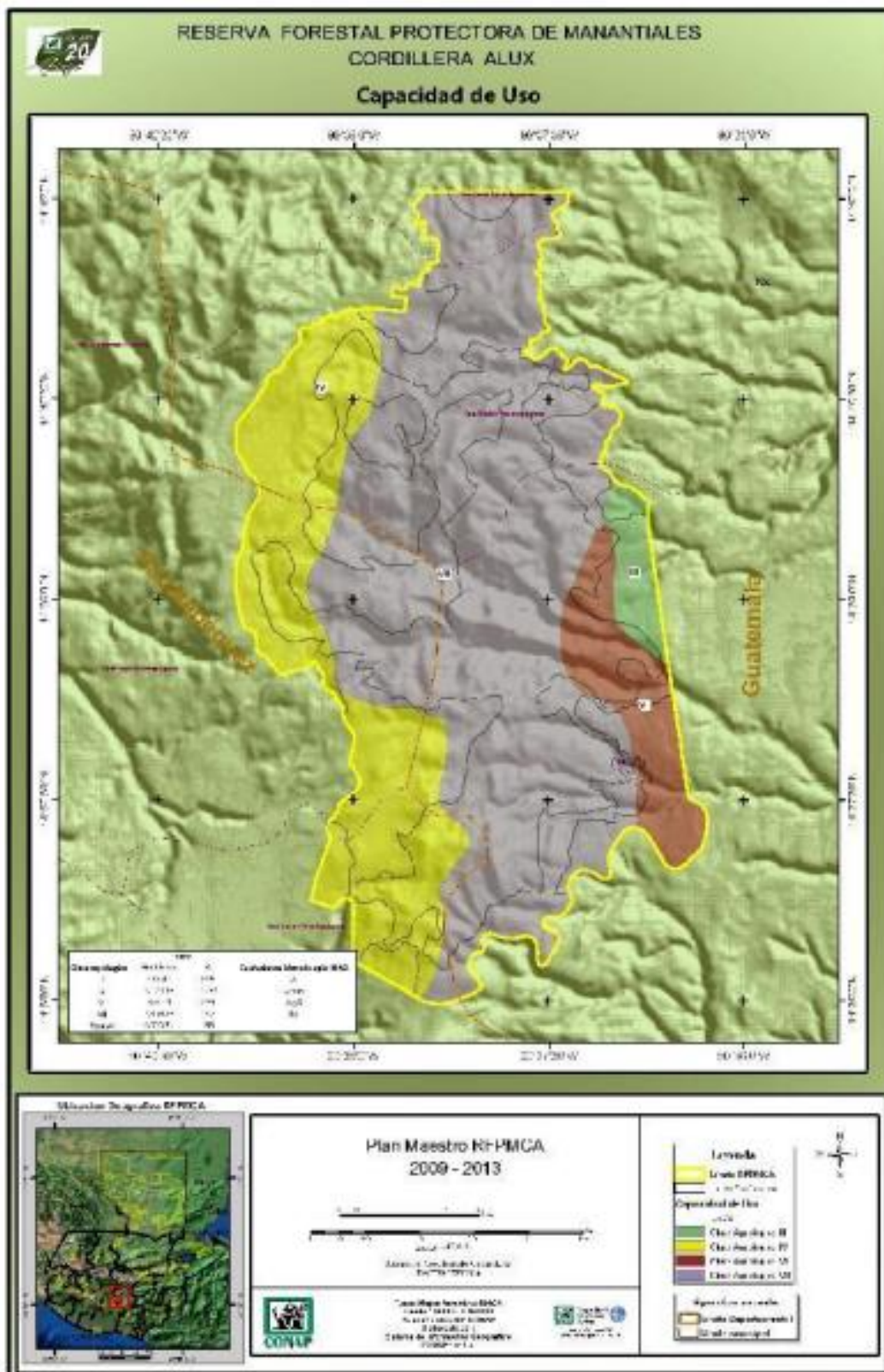


Figura 3. Capacidad de Uso de la Tierra de la Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, 2010)

En cuanto a la población total de los cinco municipios de la Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux, suman un total de 732,380 habitantes, proyectados para el año 2008. Uno de cada cuatro pobladores de la Cordillera Alux, vive en la pobreza. Los municipios de Mixco y San Juan Sacatepéquez, tienen las mayores áreas de la Cordillera Alux. El 9.54% de la superficie de los cinco municipios equivale al área de la Reserva (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, 2010).

Las principales amenazas de la Cordillera Alux, son la urbanización desordenada (asociada al crecimiento demográfico), la contaminación de fuentes de agua, el aumento de la demanda de productos maderables y el desconocimiento de la normativa vigente del área de la Cordillera, el avance de la frontera urbana y agrícola, el uso exagerado de químicos en la agricultura e industria, las talas ilícitas y el escaso manejo de los desechos sólidos y líquidos. Otros problemas son los niveles crecientes de pobreza y pobreza extrema y la escasa valorización de los bienes y servicios ambientales que genera la Cordillera Alux. La problemática institucional, el poco control y gestión de los recursos naturales renovables por las municipalidades y la escasa participación social de los pobladores de las comunidades que se encuentran dentro y fuera de la Cordillera Alux (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, 2010).

2.1.3. Municipio de Santiago Sacatepéquez

El departamento de Santiago Sacatepéquez posee una extensión de 25 km², se encuentra ubicado entre los ríos Chinimayá y Chiplátanos. Constituido por seis centros poblados el casco urbano, la aldea San José Pacul, Santa María Cauqué y Pachalí; también el caserío el Manzanillo y el Chixolís (Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de Santiago Sacatepéquez y Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, Dirección de Planificación Territorial, 2010).

El idioma que se habla es el Kachiquel y el español. Los cultivos son: durazno (*Prunus persica*), membrillo (*Cydonia oblonga*), ciruela (*Prunus domestica*), mora

(*Rubus ulmifolius*), frambuesa (*Rubus idaeus*), rosas (*Rosa*), cartuchos (*Zantedeschia aethiopica*), gladiolas (*Gladiolus*), pepino (*Cucumis sativus*), remolacha (*Beta vulgaris*), culantro (*Coriandrum sativum*), chile (*Capsicum annuum*), zuchinii (*Cucurbita pepo*), lenteja (*Lens culinaris*), maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), arveja china (*Pisum sativum*), lechuga (*Lactuca sativa*). En el municipio existen actividades de comercio, agrícolas, artesanales, así como talleres y servicios (Museo de Santiago Sacatepéquez, 2016).

Los datos de población según el Instituto Nacional de Estadística (INE) para el año 2010 la población era de 28,167 habitantes; la tasa de crecimiento poblacional es de 3.1%, crecimiento medio. La densidad poblacional es de 1,469 habitantes por km², siendo un municipio altamente poblado (Instituto Nacional de Estadística, 2013-2016). El grupo étnico que representa al municipio es Kakchiquel con un 85% de la población, mientras que el 15% restante lo constituye el grupo ladino. Los nacimientos registrados para el año 2014 en este municipio fueron de 6,965, mientras que las defunciones para el mismo año fueron de 1,546, el índice de analfabetismo para el año 2008 fue de 13.8 y para el año 2012 fue de 11.4.

En cuanto a la desnutrición crónica el departamento está situado con un estado nutricional de 51%, caracterizado como vulnerabilidad alta ya que presenta un retardo de talla del 49% (INE, 2002).

Su organización municipal es la siguiente:

La Municipalidad es la que administra los recursos financieros del municipio, catalogada como de tercera categoría, esta categoría según el artículo 256 de la Constitución y el Código Municipal implica los municipios cuya población exceda los diez mil (10,000) habitantes (Barrios, 2005). Los comités están constituidos por el comité pro-mejoramiento, el de seguridad ciudadana y el de festejo de la feria titular. También están las cofradías que son las encargadas de las tradiciones populares y ancestrales, éstas están directamente relacionadas con la iglesia católica. Las asociaciones impulsan y mantienen las tradiciones del municipio, dentro de estas se encuentran la asociación cultural del barrilete y la de fraternidad Santiaguense,

la junta está básicamente conformada por la junta municipal deportiva, se encuentran también las cooperativas que ayudan a exportar al extranjero los cultivos, la cooperativa con nombre agrícola Unión 4 pinos, y la parte artesanal específicamente para las mujeres del municipio que realizan telas típicas, güipiles, tzules y fajas bordadas ya sea para comercio o para uso diario (Museo de Santiago Sacatepéquez, 2016).

Santiago Sacatepéquez posee un Índice de Desarrollo Humano de 0.704, con un desarrollo medio alto (Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de Santiago Sacatepéquez y Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, Dirección de Planificación Territorial, 2010). La oferta de trabajo es alta principalmente porque existe mucho empleo para maquilas, la migración se da hacia los campos de producción intensiva de hortalizas (SEGEPLAN, 2009).

El municipio está conformado por siete COCODES que representa a las aldeas y colonias. Además existen seis asociaciones, dentro de estas las más importantes son: Asociación femenina de Sacatepéquez, Asociación para el Desarrollo social y cultural y Asociación de Agricultores (SEGEPLAN, 2009).

Los servicios básicos son los siguientes: las condiciones de vivienda son construidas principalmente por material de block, madera lepa y adobe, con un porcentaje de 54.12%, 18.64% y 10.17% respectivamente. El servicio de agua es del 93% de las viviendas son abastecidas con agua clorada proveniente de los nacimientos de agua y pozos mecánicos del municipio, el 7% restante son chorros comunales. El servicio sanitario para el municipio es de 98.49% con servicio de recolección y conducción de las aguas servidas de tipo mixto, evitando la contaminación ambiental, y el 100% posee letrina o inodoro. El servicio de alumbrado tiene una cobertura de 94%, y existen 28 viviendas con energía solar. Los desechos sólidos en el municipio no cuentan con un servicio de recolección eficiente de los mismos, existen varios basureros clandestinos sin embargo no se cuenta con un registro (cuadro 2) (SEGEPLAN, 2009).

Cuadro 2. Servicios y equipamiento básico de Santiago Sacatepéquez

Servicio	Agua domiciliar, drenajes, alumbrado público, rutas de transporte urbano, rastro, cementerio municipal, bomberos, servicios de recolección de basura, servicios de tratamiento de basura, internet
Equipamiento	Museo, biblioteca, salón de usos múltiples, centros comerciales, centros de atención infantil, centros deportivos y recreativos, tanques de captación, tanques de distribución, parques o áreas verdes, mercado municipal, cementerio municipal

(SEGEPLAN, 2009)

Santiago Sacatepéquez es conocido por sus barriletes en el día de todos los santos y el día de los difuntos, cuando se elevan gigantescos y vistosos barriletes decorados con figuras geométricas imitando bellos güipiles y personajes del país, poseen un colorido estético representando la identidad nacional. Estos barriletes son confeccionados tres meses antes del 1 y 2 de Noviembre tanto por adultos, jóvenes y niños. La tradición se basa en tres aspectos históricos y culturales que son: La necesidad de comunicarse con Dios, espantar malos espíritus, ya que estos salen la noche antes del 1 de Noviembre y una plegaria para que brinde protección a las personas (Museo de Santiago Sacatepéquez, 2016).

2.1.4. Aldea San José Pacul

El nombre geográfico es Pacul. Es una aldea del municipio de Santiago Sacatepéquez, que se encuentra en la parte este. Sus coordenadas geográficas son 14°39'13.51"N y 90°39'04.51°. La aldea se encuentra sobre 2,040 msnm con

clima frío la temperatura máxima es de 25.8°C y la mínima es de 3°C, los días de lluvia son aproximadamente 96 días/año (Museo de Santiago Sacatepéquez, 2016).

En San José Pacul hay 2011 habitantes, 355 familias conformadas, dentro de los habitantes se encuentran 890 mujeres fértiles, 370 niños y 100 de tercera edad. De las 355 familias, 35 son de escasos recursos, de las cuales 5 representan extrema pobreza (Chelei, 2016). La aldea cuenta con un campo de fútbol, la iglesia católica, el salón comunal, el centro de convergencia y una escuela para nivel primario y secundario (figura 4).

El tratamiento de los residuos y desechos sólidos dentro de la aldea consiste en quemarla, pagar por el servicio de basura que lo realiza un picop cada día cobrando Q1, también se tira a los barrancos, un grupo mínimo de personas separa sus RDS en inorgánico y orgánico, y posee aboneras. Para quemar la basura, generalmente los pobladores utilizan fosas sépticas aproximadamente de 1m. Además un problema es que estos al ser arrojados llegan a los nacimientos de agua y cauces dentro de la aldea generando contaminación hídrica (Chelei, 2016).

En el centro de salud de San José Pacul los desechos hospitalarios se manejan a través de la empresa Ecotermo, todos estos desechos son depositados en una bolsa roja y cada cierto tiempo se llevan al centro de Santiago Sacatepéquez para que esta empresa las recoja. Los desechos comunes que se generan en el centro de salud como el papel y cartón son quemadas en una fosa séptica (Chelei, 2016).



Figura 4. Croquis Aldea San José Pacul

2.1.5. Residuos y Desechos sólidos

Los RDS son todos aquellos cuerpos firmes no útiles después de una actividad o proceso humano. Las actividades humanas generan dos tipos, estas son las actividades de producción y consumo, dentro de las de mayor generación son las actividades de producción industriales y para las actividades de consumo las de mayor generación son las de los centros poblados (Morales, 2004).

2.1.6. Clasificación de los Residuos y Desechos Sólidos

Los RDS pueden clasificarse según sea el estado en el que se encuentren o por el tipo de manejo que se les debe dar. La clasificación según las características

similares o por los riesgos para el ambiente y los humanos se puede realizar con un mejor manejo y disposición final de los RDS (Benavente, 2012).

La clasificación por su origen de la actividad generadora es una clasificación sectorial sin límite específico ya que las actividades diarias cambian cada día, esta clasificación abarca cuatro grupos:

1. Residuos y Desechos sólidos municipales: Incluye los domiciliarios y los de las actividades municipales, por ejemplo los mercados. La generación de los RDS municipales depende de factores culturales, patrones de consumo, actividad económica y del nivel de vida de la comunidad.
 - Residuos y Desechos orgánicos: tienden a descomponerse en condiciones normales.
 - Residuos y Desechos inorgánicos: no se descomponen en condiciones normales y la mayoría tienen un potencial de reciclaje (Benavente, 2012).
2. Residuos y Desechos sólidos industriales: generados por las actividades industriales, pueden ser metales, plásticos y otras materias primas que se utilizan en los procesos industriales (Benavente, 2012).
3. Residuos y Desechos sólidos mineros: la clasificación de estos es distinta a los industriales debido a su peligrosidad, se incluyen todos los minerales removidos para llegar los minerales deseados y utilizados en construcción (Benavente, 2012).
4. Residuos y Desechos sólidos hospitalarios: domiciliarios o comerciales de tipo médico que representan un mayor riesgo ambiental y social debido a que son bioinfecciosos (Benavente, 2012).

2.1.7. Situación de los Residuos y Desechos sólidos en Guatemala

En Guatemala la generación de residuos y desechos sólidos y líquidos de origen industrial y doméstico alcanza altas proporciones, y los niveles de manejo son

prácticamente insignificantes, lo cual ha generado la contaminación ambiental de suelos y agua en todo el territorio del país. En el país diariamente se generan RDS por un total de 6,000 a 7,000 toneladas, de las cuales, el 54% se producen en las zonas urbanas y el restante 46% en las zonas rurales. La generación de RDS que alcanzan un promedio anual de 116.5 millones de toneladas, y que son lanzados al suelo y al agua en su mayoría (solamente el 1.3% corresponde a la generación de los hogares) (URL-IARNA, 2012).

Mientras que en el área rural únicamente se disponen anualmente 36,738.69 toneladas, lo que equivale al 5.2% de lo generado, el volumen respectivo en las zonas urbanas, colectado en los botaderos municipales, se multiplica casi por 14, siendo de 500,874.49 toneladas, lo que representa casi el 60% de lo generado en las urbes (URL-IARNA & IIA, 2006).

La generación domiciliar en centros urbanos sitúa a los departamentos de Guatemala (47.36%), Quetzaltenango (6.43%) y Escuintla (4.80%) como los más importantes. En el ámbito rural, la generación es relativamente mayor en los departamentos de Huehuetenango, Alta Verapaz, San Marcos y Guatemala, entre ellos generan más del 36% del total producido en el área rural. El volumen total que no es recolectado es aproximadamente de 11,010,638 toneladas/año, dispuestos en botaderos ilegales, quemada o enterrada. Esta cantidad representa el 65% de los RDS generados en el país (URL-IARNA & IIA, 2006).

No toda la población del Área Metropolitana de Guatemala cuenta con un servicio de recolección en la actualidad. Los sitios de disposición final de los RDS no reúnen las condiciones mínimas para evitar la contaminación y daños a la salud humana, además el modelo de manejo actual cuenta con un período de vida corto y no es sostenible su operación, además de no contar con un modelo a largo plazo. No todos los Municipios del país cuentan con vertederos locales; estos no reúnen las condiciones mínimas para minimizar los impactos ambientales (URL-IARNA, 2004).

Del total de RDS, 63.3% es materia orgánica, el 14% es papel y cartón, el 8.1% es plástico, el 3.6% es textil, 3.2% es vidrio, el 3.0% es tierra y cenizas y el 5% restante se compone de madera, hojas, goma, metales, piedra, cerámica y pieles (URL-IARNA & IIA, 2006).

La generación de los RDS está enfocada en fuerzas impulsoras, estas con el modelo de producción y consumo y la dinámica poblacional. El modelo de producción y consumo de Guatemala está basado por reglas que rigen la economía del país y la oferta y demanda, básicamente de la siguiente manera: el crecimiento de la población aumenta el número de consumidores de bienes y por tanto el volumen de desechos; la lógica del modelo de producción industrial está basado en la generación de bienes materiales al más bajo costo sin importar los impactos ambientales, mientras que la lógica del modelo de consumo es la misma que la de los países desarrollados, a mayores ingresos hay un aumento de productos industriales, dando como resultado una mayor generación de residuos y desechos sólidos. Ambos modelos ponen al ambiente como el reservorio de los RDS, actuando como un bien de propiedad común, afectando la integridad de los ecosistemas y la calidad de vida de los habitantes (Morales, 2004).

Para el año 2009, a nivel nacional el 30.4% de los RDS fueron incinerados, el 26.3% fueron tirados sin ningún control sanitario mientras que el 30% cumple con algún servicio de recolección; la producción per cápita fue de 124.6 kg/persona/año a nivel nacional. La mayor generación de los RDS se dio en el departamento de Guatemala con 146 kg/persona/año, mientras que la menor generación fue en el departamento de Petén con 54.8 kg/persona/año (anexo 15) (Castañeda, Gálvez, & Tuy, 2012).

Cuadro 3. Indicadores de la generación de residuos y desechos sólidos en Guatemala

Generación de residuos y desechos por las actividades económicas	112.9 millones de toneladas de RD producidos en 2010 (oferta bruta)
	17 millones de toneladas usadas en 2010 (reutilización)
	40% de la producción de RD por las actividades económicas se atribuye a la actividad de producción, procesamiento y conservación de carne en 2010
	64.7% de los residuos y desechos son de origen vegetal y animal en 2010

(Castañeda, Gálvez, & Tuy, 2012)

2.1.8. Gestión de los residuos y desechos sólidos en Guatemala

La gestión de los RDS en Guatemala no se ha tomado como prioridad a nivel nacional, el presupuesto destinado a la gestión de los mismos representa un mínimo porcentaje (Castañeda, Gálvez, & Tuy, 2012). Existe la falta de un sistema nacional con una adecuada gestión de recolección y disposición final, además las municipalidades aducen la falta de recursos financieros buscando donaciones para establecer dicho sistema de gestión (cuadro 4) (Morales, 2004).

Cuadro 4. Indicadores de la gestión de residuos y desechos sólidos en Guatemala

Gestión de RDS domiciliarios y las actividades económicas	30% de los residuos y desechos domiciliarios cuentan con servicios de disposición municipal o privado en 2009
	0.30% del rubro específico de gestión de residuos y desechos asignado al total del gasto ambiental en 2010

(Castañeda, Gálvez, & Tuy, 2012)

El mal manejo de los RDS tiene relación con las enfermedades gastrointestinales, oculares, infecciones respiratorias agudas, enfermedades de la piel y parásitas (Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la salud, 1996); para el medio ambiente las consecuencias son la contaminación de aguas subterráneas y superficiales, malos olores, contaminación por humo cuando los residuos y desechos sólidos son quemados (Morales, 2004).

2.1.9. Manejo de Residuos y Desechos sólidos

El manejo de los RDS se define como una disciplina asociada en el control de los procesos de producción, almacenamiento, recolección, transferencia y transporte, procesado y disposición final en una forma tal que este de acuerdo con los mejores principios de salud pública, ambientales, economía, ingeniería, conservación, estética y que también es sensible a las actitudes del público. Tiene como finalidad dar solución a los problemas de RDS que afectan a la comunidad, implementando el sistema de manejo para proporcionar la solución más eficiente y económica (Tchobanoglous, Theissen, & Eliassen, 1982).

El sistema de manejo conlleva cuatro aspectos fundamentales, estos son la producción de residuos y desechos, almacenamiento *in situ*, recolección y disposición final. El manejo toma en cuenta la clasificación de estos, por ejemplo, para los RDS domiciliarios que son heterogéneos y que se producen generalmente en áreas habitadas y con espacio limitado para el almacenamiento (Figura 5) (Tchobanoglous, Theissen, & Eliassen, 1982).

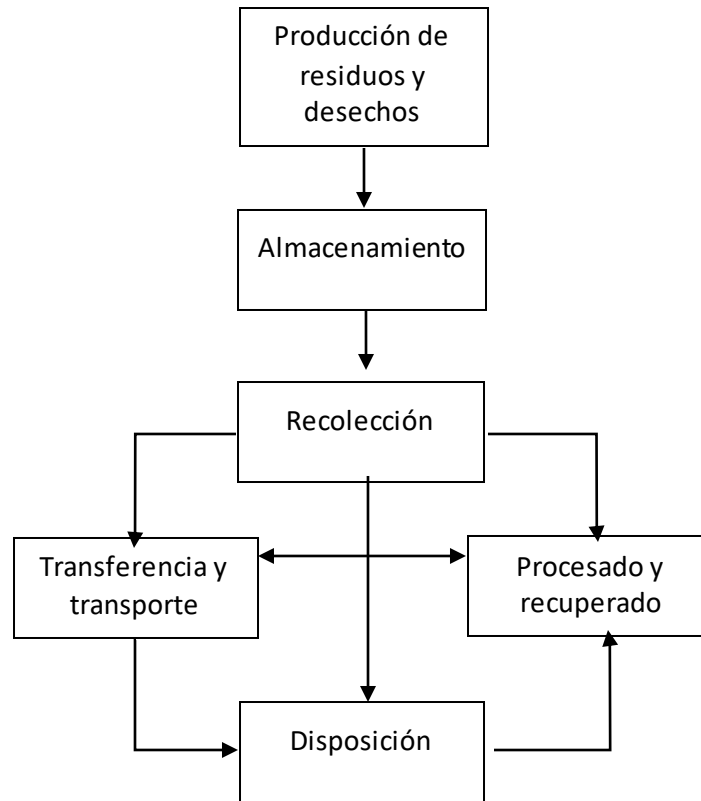


Figura 5. Sistema de manejo de los residuos y desechos sólidos (Tchobanoglous, Theissen, & Eliassen, 1982)

Producción de residuos y desechos: comprende las actividades de las cuales se identifican los materiales ya no útiles y que son desechados o recogidos para su disposición final. Esta es una etapa dentro del sistema de manejo de los RDS de identificación y que varía de cada individuo, además ya que no es muy controlable no se considera como un elemento funcional (Tchobanoglous, Theissen, & Eliassen, 1982).

Almacenamiento *in situ*: los RDS domiciliarios no se pueden tolerar a largo tiempo debido a su degradabilidad, deben ser trasladados en un tiempo razonable menos de 8 días. El almacenamiento *in situ* posee consideraciones estéticas, de salud pública y económicas involucradas, por lo tanto es un aspecto de gran importancia en el manejo de estos (Tchobanoglous, Theissen, & Eliassen, 1982).

Recolección: incluye la recogida y traslado hasta el lugar dónde son depositados los RDS. Generalmente en las ciudades pequeñas no es tan complicado el traslado ya que el sitio de disposición final se encuentra cercano, pero en ciudades grandes la distancia es mucho más grande por lo que se complica más. La recolección es de alto costo, esta alcanza cerca del 80% del costo anual del manejo de los residuos y desechos sólidos domésticos; además es proporcionada bajo varios sistemas administrativos, desde los servicios municipales hasta servicios de franquicia prestados bajo diversas formas de contratos (Tchobanoglous, Theissen, & Eliassen, 1982).

Transferencia y transporte: comprende dos etapas, la primera es la transferencia de los residuos y desechos desde un vehículo de recolección pequeño a uno más grande y el segundo es el transporte subsiguiente de los residuos y desechos, generalmente, sobre grandes distancias, al sitio de disposición (Tchobanoglous, Theissen, & Eliassen, 1982).

Procesado y recuperación: se refiere al equipo, instalaciones y técnicas para mejorar tanto la eficiencia y recuperación de materiales, conversión de productos o energía de los RDS. En la recuperación se debe considerar el análisis económico, es decir estimar la función económica costo-beneficio de separación y el valor de materiales recuperados (Tchobanoglous, Theissen, & Eliassen, 1982).

Disposición final: este es el último elemento funcional del sistema de manejo, estos son los últimos residuos y desechos sólidos recolectados y transportados idealmente a un relleno sanitario. Se debe tomar en cuenta que para estos sitios de disposición se exigen estudios de impacto ambiental que cumplan con normas de salud pública, estética y el uso de la tierra al momento de realizarse el cierre del relleno sanitario (Tchobanoglous, Theissen, & Eliassen, 1982).

2.1.10. Caracterización de los Residuos y Desechos Sólidos

Una herramienta técnica muy útil para conocer la cantidad, composición y características de los RDS generados en un lugar específico es la caracterización (Benavente, 2012). Este método tiene como finalidad definir, planificar y/o implementar mejoras y acciones de los sistemas de manejo principalmente en el almacenamiento, recolección, transporte y disposición final (Flores, 2009).

Durante la caracterización se logra la visita informativa y coordinación con la población, identificación de viviendas seleccionadas, identificación y pesaje de las bolsas con RDS, análisis de la composición de los mismos (Flores, 2009).

2.1.11. Marco legal

Normativa nacional para las Áreas Protegidas

El Estado de Guatemala, a través de la Constitución Política de la República, en el artículo 64 establece “que se declara de interés nacional la conservación, protección y mejoramiento del patrimonio natural de la nación...” En el artículo 97, establece que “el Estado, las Municipalidades y los habitantes del territorio nacional están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico, y que se dictarán todas las normas necesarias, para garantizar que la utilización y aprovechamiento de la fauna, de la flora, de la tierra y del agua, se realicen racionalmente, evitando su depredación” (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, 2010).

La Ley de Áreas Protegidas, fue creada en el año 1989, Decreto 4-89, en donde se crea el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) y establece que será el órgano máximo de dirección y coordinación del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (SIGAP). El artículo 18 de la Ley de Áreas Protegidas, Decreto 4-89 y sus reformas 18-89, 110-96 y 117-97 y los artículos 13, 22 y 23 del Reglamento de dicha Ley, Decreto 759-90, indican que el manejo de cada una de las Áreas protegidas del SIGAP, estará definido por su respectivo Plan Maestro, y se deberán realizar planes operativos anuales, los cuales serán elaborados por el ente ejecutor

del área, o la persona individual o jurídica que lo administra. El artículo 119 inciso C, indica que “son obligaciones fundamentales del Estado, entre otros: Adoptar las medidas que sean necesarias para la conservación, desarrollo y aprovechamiento de los recursos naturales en forma eficiente...” (Congreso de la República de Guatemala, 1997)

Normativa para la Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux

Los siguientes Decretos y Reglamentos regulan el uso y manejo de los residuos y desechos sólidos del área protegida:

- Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, Decreto 68-86 y sus reformas 75-91, 1-93 y 90-2000.
- Ley de Áreas Protegidas, Decreto 4-89 y su Reglamento Acuerdo 759-90. Así como las reformas a dicha ley, siendo el 18-89, 110-96 y 117-97.
- Ley que declara la Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux, Decreto 41-97.
- Listado Taxativo de Proyectos, Obras, Industrias o Actividades. Acuerdo Ministerial No. 199-2016.
- Reglamento de las Descargas y Reuso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, Decreto 236-2006.
- Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental, Acuerdo 431-2007.
- Convenio de Homologación MARN-CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, 2010).

La Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux fue declarada como área protegida el 29 de mayo de 1997, a través del Decreto Número 41-97, del Congreso de la República de Guatemala, entrando en vigencia el 1 de julio de 1997. En dicho reglamento se estableció que los proyectos de infraestructura que comprenden el área de la Reserva Forestal, no podrán gestionar su licencia ante las Municipalidades, sin tener la autorización del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y la aprobación expresa de la Dirección Regional Metropolitana. Además

establece ciertos permisos o restricciones para cada zonificación del área protegida: Zona de Protección de Caudales y Flujos de Agua, Zona de Uso Extensivo y Zona de Desarrollo Urbano (Congreso de la República de Guatemala, 1997).

El área protegida de la Reserva Protectora de Manantiales Cordillera Alux se encuentra dentro de la categoría Tipo III, Reserva Protectora de Manantiales, según las categorías de manejo de las áreas protegidas definidas en el Artículo 8 del Decreto 4-89, y del artículo 8 de su reglamento. Las áreas bajo esta categoría se caracterizan por ser áreas relativamente grandes con una cubierta de bosques. Pueden contener zonas apropiadas para la producción sostenible de productos forestales, agua, forraje, flora y fauna silvestre, sin afectar negativa y permanentemente los diversos ecosistemas dentro del área. Son áreas que pueden haber sufrido de alteración por intervención del hombre, pero aún conservan una buena porción del paisaje natural. Estarán generalmente sometidas a un control, en función de las presiones que se ejerzan sobre ellas. Estas áreas contendrán, terrenos públicos de preferencia, pero podrán contener terrenos de propiedad privada (Congreso de la República de Guatemala, 1997).

Normas para permisos y restricciones dentro de la Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux

- No está permitido depositar ningún tipo de residuos y desechos sólidos y líquidos, que contaminen los recursos naturales o el paisaje.
- Todos aquellos basureros clandestinos y depósitos de desechos de construcción dentro de la Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux, deberán ser clausurados. Está prohibido el surgimiento de nuevos basureros y depósitos de cualquier tipo de desechos.
- Se permite llevar a cabo actividades propias del manejo del área, tales como actividades de control y vigilancia, investigación, educación ambiental, recuperación de áreas naturales, regulación del uso de los recursos naturales, extensionismo, capacitaciones y otras actividades que contribuyan, con el logro de los objetivos propuestos en el Decreto 41-97.

Estas actividades deben desarrollarse en forma coordinada con la Dirección Regional Metropolitana (DRM) y con el apoyo de las instituciones gubernamentales y no gubernamentales.

- Todos los propietarios y poseedores de tierra dentro de la Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux, deberán adecuar su permanencia y actividades, a los objetivos del área protegida, a las del respectivo Plan Maestro, a las normas establecidas para cada una de las zonas de manejo, otras disposiciones y reglamentaciones específicas vigentes (Congreso de la República de Guatemala, 1997).

Normativa nacional para los Residuos y Desechos Sólidos

El Código Penal, Decreto 17-73, artículo 494, sanciona por arrojar basura, animales muertos, sustancias fétidas, insalubres, peligrosas o escombros en las calles, sitios públicos, fuentes o abrevaderos (Congreso de la República de Guatemala, 1996). En el Código de Salud, Decreto 90-97, artículo 103 se prohíbe arrojar o acumular residuos y desechos sólidos de cualquier tipo en lugares no autorizados, alrededor de zonas habitadas y en lugares que puedan producir daños a la salud de la población, al ornato o al paisaje, utilizar medios inadecuados para su transporte y almacenamiento o proceder a su utilización, tratamiento y disposición final, sin la autorización municipal correspondiente, la que deberá tener en cuenta el cumplimiento de las medidas sanitarias establecidas para evitar la contaminación del ambiente, específicamente de los derivados de la contaminación de los afluentes provenientes de los botaderos de bausa legales o clandestinos (Congreso de la República de Guatemala, 1997). En el Código Municipal, Decreto 12-2002, se asigna la principal responsabilidad por la buena gestión de RDS a las municipalidades (Congreso de la República de Guatemala, 2002).

La ley de Protección y Mejoramiento del medio ambiente, Decreto 68-86, exige las evaluaciones de Impacto Ambiental para las actividades productivas y vela por la calidad ambiental a nivel nacional (Congreso de la República de Guatemala, 1986), en el año 1997 el Consejo Nacional para el manejo de los desechos sólidos crea la

comisión interinstitucional de carácter asesor del ministerio en materia de gestión de desechos sólidos, conformada por el MARN, MSP, INFOM, ANAM, CACIF, ERIS, USAC, INGUAT, AMSA y SEGEPLAN (Congreso de la República de Guatemala, 1997).

En el año 2015 fue aprobada la Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos, Acuerdo Gubernativo 281-2015, la cual tiene como objetivo implementar y fortalecer la gestión integral de los residuos y desechos sólidos con los actores y sectores involucrados a través de la participación social para propiciar un desarrollo sostenible en Guatemala estableciendo programas y líneas específicas: programa de fortalecimiento institucional, programa de inversiones, programa de fortalecimiento técnico y administrativo y un programa de educación, comunicación y participación social, la coordinación y el seguimiento será el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) a través de la dependencia encargada de la gestión integral de residuos y desechos sólidos en coordinación con el Consejo Nacional de Desarrollo y la Secretaria Ejecutiva de la Presidencia (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2015).

Además se encuentra la Ley para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos sólidos en etapa de iniciativa de ley para su aprobación, esta tiene como base la Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos, su objetivo es establecer las normativas y regulaciones necesarias para la gestión, uso, aprovechamiento, manejo integral y sostenible de los residuos y desechos garantizando la protección, conservación del medio ambiente y la salud de todos los habitantes, así como el manejo y la regulación de la constante contaminación que presentan los recursos hídricos, con la finalidad de contribuir al desarrollo nacional y propiciar su mejoramiento en cantidad, calidad y disponibilidad. En esta se prohíbe la disposición ilegal de residuos y desechos comunes, peligrosos o especiales estableciendo una pena (trabajo comunitario acorde a la falta determinada por el juez y multa de 1 a 130 salarios mínimos mensuales para actividades no agrícolas) para quien abandone, deposite, queme, incinere, entierre, almacene chatarra en

lotes baldíos, o elimine en forma ilegal residuos o desechos, la pena será aumentada en una tercera parte si la prohibición se realiza en áreas protegidas, zonas de protección del recurso hídrico o cuerpos de agua destinados a consumo humano o animal (Congreso de la República de Guatemala, 2016).

2.2. Descripción de la actividad de la institución anfitriona

2.2.1. Descripción del área específica de acción en la institución

Las prácticas profesionales se realizaron en el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) es una entidad pública, autónoma y descentralizada, su trabajo con otros actores es asegurar la conservación y el uso sostenible de las áreas protegidas y la diversidad biológica de Guatemala, logrando que el patrimonio natural y cultural se conserve al mismo tiempo que se da el desarrollo social y económico del país, valorando la conexión entre los sistemas naturales y la calidad de vida humana y en donde las áreas que sostienen todas las formas de vida persistan para las futuras generaciones (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, 2010).

Su misión es asegurar la conservación y uso sostenible de la biodiversidad y las áreas protegida de Guatemala, así como los bienes y servicios naturales que están proveen a las presentes y futuras generaciones, a través del diseño, coordinación y velar por la aplicación de políticas, normas, incentivos y estrategias, en colaboración con otros actores (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, 2010).

Dentro de las direcciones regionales se encuentra la Dirección Regional Metropolitana, que se encarga de la conservación y uso adecuado de los recursos naturales de toda el área protegida de la Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, 2010).

La Dirección Regional Metropolitana pertenece al Consejo Nacional de áreas protegidas, está se encarga de toda la parte administrativa del área protegida Cordillera de Alux, la protección, conservación y uso sostenible de los recursos

naturales además incluye los instrumentos ambientales, el cumplimiento del plan maestro. Se trabaja junto con los alcaldes de las cinco comunidades que conforman el área, estas son el Municipio de San Lucas Sacatepéquez y Santiago Sacatepéquez, del departamento de Sacatepéquez y los Municipios de Mixco, San Pedro Sacatepéquez y San Juan Sacatepéquez del departamento de Guatemala, así como representantes de las gobernaciones departamentales de Guatemala y Sacatepéquez.

La municipalidad de Santiago Sacatepéquez forma parte de los actores del área protegida Reserva Forestal Protectora de Manantiales, apoyando la ejecución y los lineamientos del plan maestro, dentro de estas actividades forman parte de proveer los servicios públicos locales, el ordenamiento territorial de la jurisdicción del municipio, su fortalecimiento económico y la emisión de sus ordenanzas y reglamentos (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, 2010). En la aldea San José Pacul del municipio de Santiago Sacatepéquez se llevó a cabo la elaboración del proyecto de plan de manejo integral de los residuos y desechos sólidos, siempre con el acompañamiento técnico de la DRM, y el apoyo de la Municipalidad, COCODES y otros líderes comunitarios de San José Pacul.

2.2.2. Organización

La estructura funcional de CONAP (anexo 36) está conformada por una secretaría y subsecretaría ejecutiva, además dentro de la sede central por una dirección técnica y una dirección administrativa las cuales conforman diversos departamentos, así como unidades técnicas. Dentro de la dirección técnica se encuentra el departamento de unidades de conservación, el de educación y fomento, el de manejo forestal, de ordenamiento territorial, el departamento de planificación, de pueblos indígenas, y el de vida silvestre, así como la oficina técnica de biodiversidad. En la dirección administrativa el departamento de recursos humanos, el de sistemas de información, el departamento financiero, la sección de servicios generales y la unidad de acceso a la información pública. Además tiene a

su cargo la coordinadora regional, las direcciones regionales y unidades técnicas (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, 2010).

La organización de la Dirección Regional Metropolitana (figura 6) se encuentra conformada por la directora, la asistente administrativa, la secretaria, dos asesores técnicos en manejo, monitoreo y conservación de los recursos naturales y desarrollo del SIGAP, un asesor técnico de evaluación de instrumentos ambientales, un asesor técnico en educación ambiental, un asesor jurídico y seis guardarecursos.

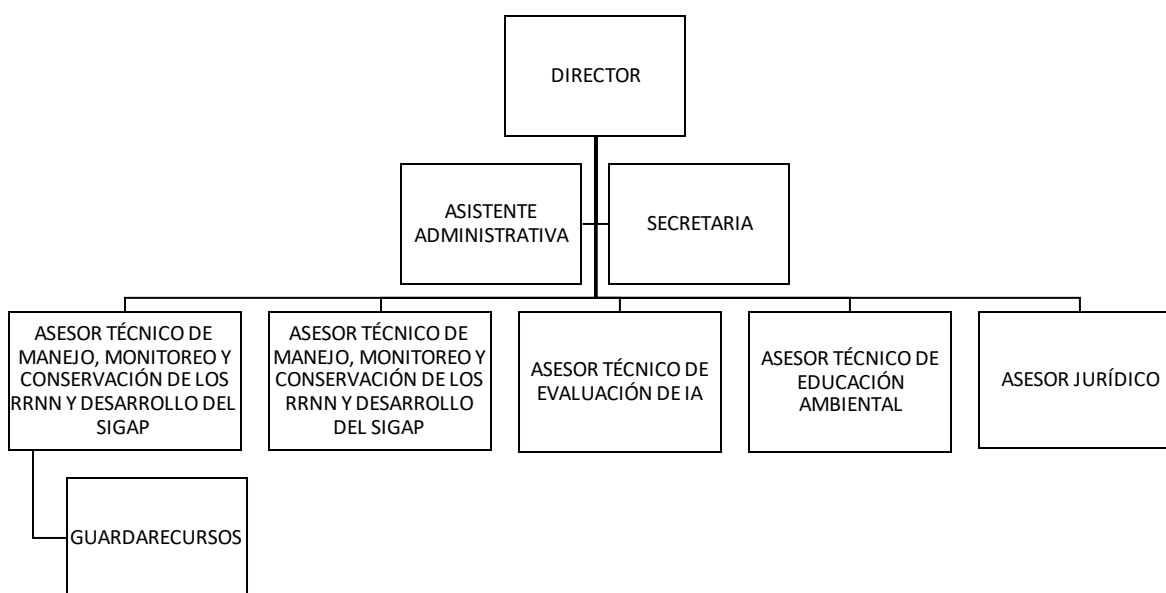


Figura 6. Organigrama Dirección Regional Metropolitana (Consejo Nacional de Áreas Protegidas-Unidad Técnica Cordillera Alux)

En cuanto a la Municipalidad de Santiago Sacatepéquez forma parte de la administración de la Cordillera Alux (figura 7) conformada por un Consejo Asesor representado por el alcalde de la Municipalidad, el Consejo técnico está integrado por un técnico de la Unidad técnica Municipal o de la Oficina de Planificación Municipal.

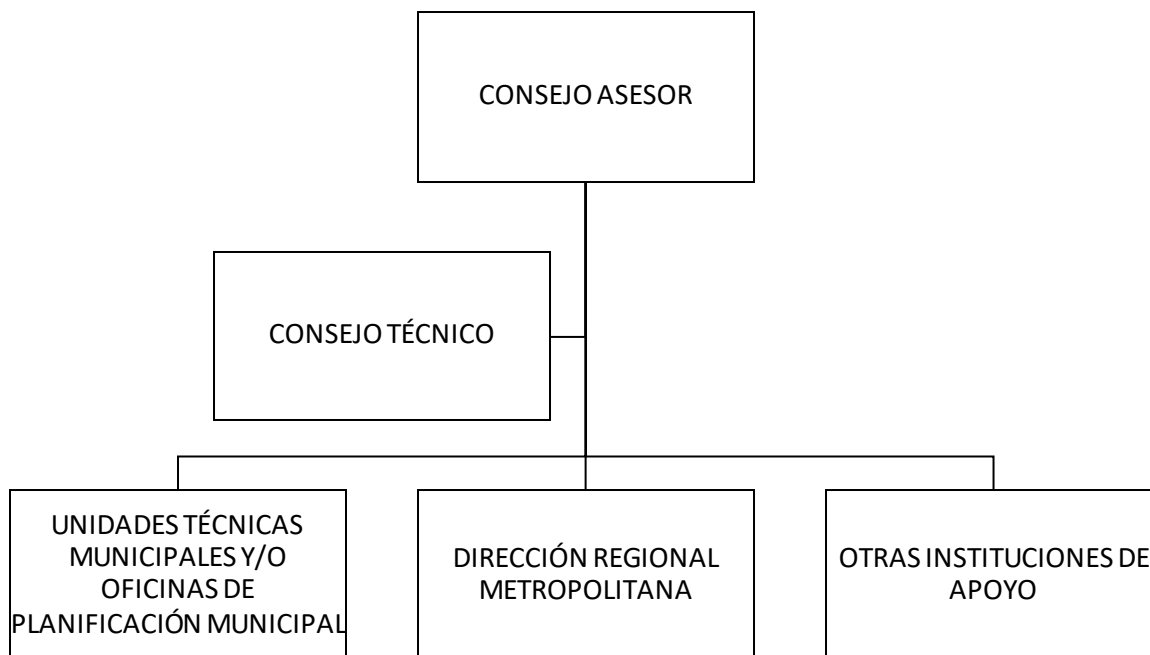


Figura 7. Organigrama del Consejo Asesor Municipal (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, 2010)

2.2.3. Localización

La Dirección Regional Metropolitana (DRM) se encuentra ubicada en la Cordillera Alux 52 Avenida 0-62 Colonia Molino de las Flores 1, Zona 2 de Mixco. En cuanto al área protegida de la Cordillera Alux abarca parte del Municipio de San Lucas Sacatepéquez y Santiago Sacatepéquez, del departamento de Sacatepéquez y los Municipios de Mixco, San Pedro Sacatepéquez y San Juan Sacatepéquez del departamento de Guatemala.

La Municipalidad de Santiago Sacatepéquez se encuentra ubicada en la 5a. Avenida 1-03 Zona 4 Santiago Sacatepéquez, y dentro de este Municipio a 5 kilómetros se encuentra ubicada la aldea San José Pacul.

3. CONTEXTO DE LA PRÁCTICA

3.1. Necesidad institucional y eje de sistematización

La Dirección Regional Metropolitana (DRM) posee personal técnico y administrativo con buenas capacidades, sin embargo, por las diversas amenazas al área protegida

(el avance de la frontera urbana, agrícola, la sobreexplotación del recurso hídrico, el aprovechamiento ilícito de flora y fauna, etc) se complica el tema de la conservación en el lugar, y varias de las funciones del personal quedan relegadas a un segundo plano, atendiendo situaciones enfocadas a su labor, lo que hace compleja la elaboración y ejecución de proyectos o programas contemplados en el plan maestro.

Por lo tanto, en la sistematización de prácticas profesionales en el Consejo Nacional de Áreas Protegidas, a través de la DRM, se generó una propuesta de plan de manejo integral de los residuos y desechos sólidos en la aldea San José Pacul que forma parte del área protegida y que actualmente posee recursos naturales de gran importancia, dentro de los que destacan el bosque, nacimientos de agua, así como flora y fauna; además, existe la necesidad institucional para elaborar proyectos que son enfocados en temas prioritarios como el caso de los RDS.

El tema de los RDS es un tema prioritario dentro del plan maestro de la Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux, sin embargo no se han logrado ejecutar proyectos para mejorar la situación de los mismos. Actualmente, el problema de la contaminación por los RDS es una de las principales amenazas para el área protegida, existen muchos nacimientos de agua y ríos que están siendo contaminados por una mala gestión de los mismos. Un ejemplo de esto es la aldea San José Pacul, del municipio de Santiago Sacatepéquez, que forma parte de la Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux, en esta aldea existe contaminación del agua, del suelo, del aire, así como malos olores, proliferación de plagas y enfermedades, debido al mal manejo de los RDS, además el agua que es contaminada de esta manera se utiliza para riego agrícola principalmente de hortalizas. En San José Pacul se han llevado a cabo muy pocos proyectos relacionados al mejoramiento del medio ambiente, por lo tanto es necesario que la Dirección Regional Metropolitana implemente proyectos para la protección y conservación de los recursos naturales, principalmente en áreas urbanas dónde aún existen varios servicios ambientales.

Además, se llevó a cabo, como actividad extra, la revisión y seguimiento de los instrumentos ambientales. Esto es importante para dar cumplimiento a las actividades dentro de la DRM específicamente apoyando al personal técnico en la evaluación de los instrumentos ambientales dentro de todos los municipios del área protegida. Existe una gran necesidad en esta área, considerando que una de las mayores amenazas de la Reserva Forestal Protectora de Manantiales es la expansión urbana y de infraestructura.

Actualmente, existen diversos instrumentos ambientales, los cuales son necesarios que cumplan con la normativa ambiental estableciendo medidas de mitigación. Además es indispensable lograr la conservación y el manejo adecuado de los recursos naturales para cumplir con acciones multidisciplinarias entre diversos actores, en este caso con la DRM y tanto la municipalidad de Santiago Sacatepéquez, como líderes comunitarios de la aldea San José Pacul.

La sistematización de prácticas profesionales se realizó en la Dirección Regional Metropolitana, específicamente se trabajó en la aldea San José Pacul, municipio de Santiago Sacatepéquez. La aldea se encuentra ubicada dentro del área protegida, se generó la línea base sobre los residuos y desechos sólidos, es decir se estableció la cantidad, caracterización, formas de disposición de la basura, e identificación de los sitios de contaminación por el mal manejo, además del diagnóstico y análisis de dicha información para establecer por último una propuesta integral de manejo integrado de los residuos y desechos sólidos en la aldea San José Pacul, la propuesta que se realizó funcionará como una propuesta piloto para establecer un plan de manejo integrado de los residuos y desechos sólidos en las otras aldeas y/o municipios que conforman el área protegida.

4. OBJETIVOS

4.1. General

Generar una propuesta de plan de manejo integral de los residuos y desechos sólidos en la aldea San José Pacul municipio de Santiago Sacatepéquez, Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux

4.2. Específico

- Realizar el diagnóstico inicial del manejo de los residuos y desechos sólidos en la aldea San José Pacul.
- Llevar a cabo la caracterización de los residuos y desechos sólidos domiciliarios en la aldea San José Pacul.
- Identificar los sitios de mayor contaminación y disposición final de los residuos y desechos sólidos dentro de la aldea San José Pacul.
- Proponer un plan de manejo integral de los residuos y desechos sólidos domiciliarios en la aldea San José Pacul.

5. PLAN DE TRABAJO

5.1. Programa desarrollado

5.1.1. Gabinete

Se recopiló la información para conocer la función de la Dirección Regional Metropolitana en la Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux. Se limitó el área para llevar a cabo el proyecto de manejo de RDS, siendo esta una aldea de Santiago Sacatepéquez, San José Pacul, que forma parte del área protegida; la información se obtuvo por parte de la Dirección Regional Metropolitana, la Municipalidad y museo de Santiago Sacatepéquez. También se llevó a cabo toda la planificación para las actividades de campo a realizar.

5.1.2. Procedimiento

Diagnóstico

Se realizó una visita de campo a San José Pacul para conocer el área y observar la situación respecto a los residuos y desechos sólidos y los programas y/o actividades

que la Dirección Regional Metropolitana ha llevado a cabo. Se realizó una presentación oral al gabinete de la municipalidad de Santiago Sacatepéquez, con el acompañamiento de la Dirección Regional Metropolitana, con el fin de tener su aprobación y respaldo al momento de ejecutar el presente proyecto, y por último se realizó el acercamiento con la comunidad de San José Pacul en una reunión del COCODES.

La metodología utilizada en el diagnóstico fue entrevistas y encuestas que se detallan a continuación:

Entrevistas

Se realizaron para conocer la percepción de algunos líderes comunitarios en la aldea sobre información general y específicamente del manejo de los residuos y desechos sólidos.

Las entrevistas fueron realizadas a tres actores importantes dentro de la aldea, la primera fue a dos guardarecursos de CONAP, de la Dirección Regional Metropolitana, quienes tienen a su cargo el monitoreo de los recursos naturales de Santiago Sacatepéquez. Esta entrevista se realizó durante una visita técnica a la aldea y el propósito fue conocer la situación actual de la aldea respecto a su protección y conservación así como la necesidad de realizar un proyecto relacionado a los RDS.

La segunda entrevista fue con la señora Gregoria Cheley, líder comunitaria de la aldea y trabajadora del centro de convergencia (centro de salud), con ella se obtuvo información importante de la aldea, datos y estadísticas de la situación demográfica, económica, de salud y cultural. Además se conocieron proyectos ya realizados, la necesidad y la situación actual de los residuos y desechos sólidos domésticos y hospitalarios dentro de San José Pacul.

La tercera entrevista fue con el señor Moises Guamuch quien es el encargado del servicio de recolección de los RDS dentro de la aldea, se realizó con el objetivo de

conocer la forma de recolección, transporte y la disposición final. También se pudo conocer el involucramiento de la municipalidad de Santiago Sacatepéquez en el manejo de los RDS en la aldea San José Pacul.

Encuestas

El propósito de las encuestas fue conocer la percepción social respecto a los residuos y desechos sólidos y contaminación en la aldea San José Pacul, y datos importantes como la cantidad de miembros de familia, la generación, separación, almacenamiento, disposición final, el servicio de recolección de los RDS, así como la voluntad de las familias por formar parte de un proyecto de manejo de los RDS. Para determinar el tamaño de la muestra se utilizó la siguiente fórmula según Torres, Paz & Salazar (2002).

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

n = tamaño de la muestra

N = total de viviendas

k = nivel de confianza

E = error permisible

p = proporción de individuos que poseen en la población la característica de estudio

q = proporción de individuos que no poseen la característica de estudio

$$n = \frac{1.96^2 * 0.5 * 0.5 * 355}{((10^2 * (355 - 1)) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5)}$$
$$n = \approx 76$$

La aldea San José Pacul está dividida en 4 sectores (sector uno, sector dos, sector tres y sector cuatro). Éstos están divididos según la ubicación y el estrato socioeconómico, el sector uno es el que se encuentra en la entrada de la aldea hasta las instalaciones sociales, el sector dos se encuentra en la calle principal,

siendo el que abarca más área, el sector tres se encuentra al final del camino de la aldea hacia el camino que conduce a la vieja carretera de Mixco, y por último el sector cuatro es el más alejado al centro de la aldea y el de menor densidad poblacional (figura 8).

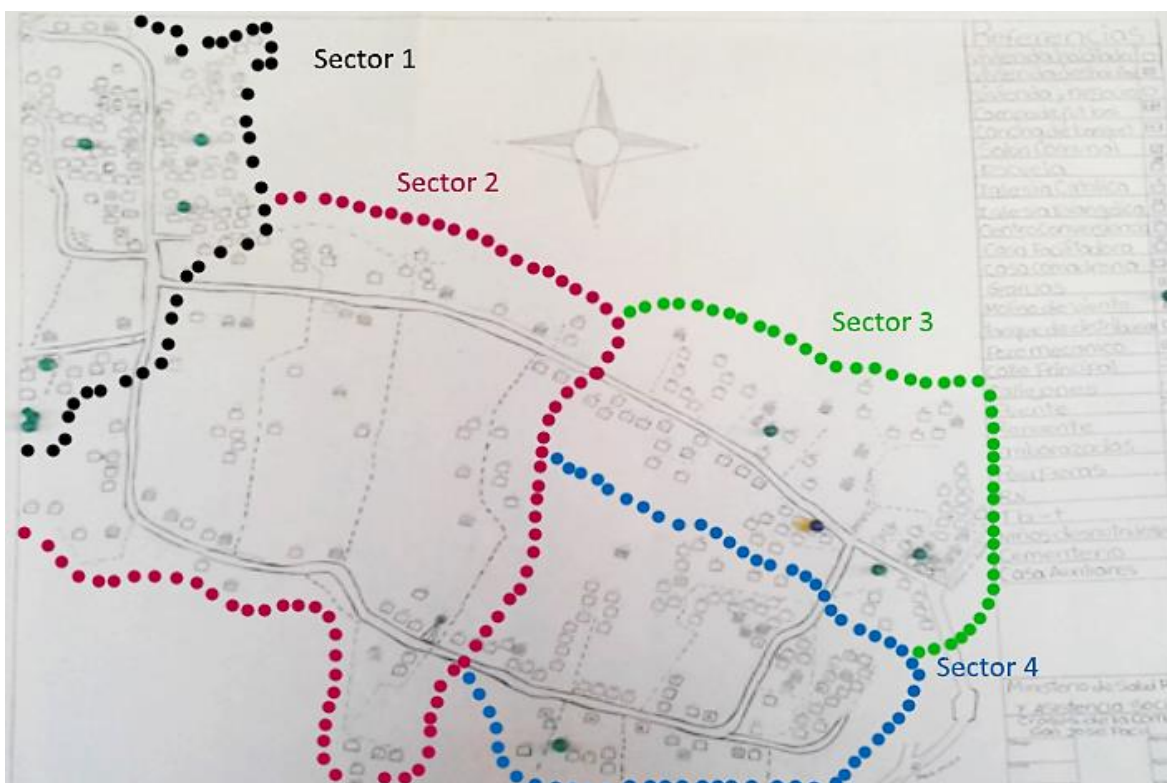


Figura 8. Croquis por sector aldea San José Pacul

Posteriormente se dividió el número de encuestas según las viviendas en cada sector, de la siguiente manera:

Sector 1: 20 encuestas, sector 2: 15 encuestas, sector 3: 19 encuestas y el sector 4: 23 encuestas.

Caracterización

Para la caracterización se recolectaron los RDS domiciliarios durante 8 días consecutivos siguiendo el protocolo de CEPIS para América Latina. Para este proceso fue explicado y entregado un trifoliar (anexo 57 y 58) a cada vivienda seleccionada con el fin de lograr un mayor interés y la correcta clasificación de los

residuos y desechos. El primer día fue como prueba sin tomar en cuenta los datos. El tamaño de la muestra de caracterización fue de 8 viviendas tomando 2 viviendas por sector (1, 2, 3 y 4).

$$n = \frac{Z_{1-\alpha/2}^2 N \sigma^2}{(N-1) E^2 + Z_{1-\alpha/2}^2 \sigma^2}$$

n = muestra de las viviendas

N = total de viviendas

$Z^2_{1-\alpha/2}$ = nivel de confianza

σ = desviación estándar

E = error permisible

A las viviendas se les entregaron 3 bolsas por día, de los siguientes colores: blanca para los residuos orgánicos, negra para inorgánicos reciclables y una amarilla para los desechos clasificados como fracción otros.

La caracterización se realizó de la siguiente manera:

- Se utilizó nailon para depositar y separar los RDS. El nailon se utilizó para evitar que los lixiviados contaminarán.
- Las únicas bolsas que se abrieron para subclasificar fueron las de color negro que correspondía a lo inorgánico reciclable. Se clasificaron los residuos de estas bolsas en cuatro categorías: PET, vidrio, aluminio y papel y cartón. Estas categorías se determinaron después de realizar los criterios de valoración, haciendo un análisis de la demanda de mercado del material reciclado con la finalidad de cuantificar las categorías de las cuales la comunidad puede obtener un beneficio económico.
- Se pesaron los residuos reciclable, orgánicos, y desechos clasificados como otros utilizando balanzas romanas expresadas en kilogramos (kg).

- Para obtener el volumen se utilizó un tonel de metal llenando los espacios de aire para obtener datos más exactos. Posteriormente se midió la altura hasta dónde llegaban los RDS.
- Por último se determinó la densidad.

Las bolsas se pesaron cada día según la categoría de clasificación, esto se realizó también por cada una de las ocho familias. Antes de tomar el peso se verificaba en cada bolsa que los RDS estuvieran correctamente separados. El peso por día fue sumado para obtener el total del peso. El peso se determinó con kilogramos (kg) y se determinó por porcentaje con el fin de saber que RDS se estaban generando en mayoría.

Determinación de la generación per cápita (GPC) y la generación total diaria (GT) de residuos y desechos sólidos

Generación per cápita: con los datos del peso se determinó la generación per cápita dividiendo los kilogramos totales recolectados, por el número de habitantes de la muestra, por el número de días de la caracterización.

$$\text{Generación per cápita diaria} = \text{kg/hab/día}$$

Generación total diaria: se multiplico la generación per cápita por la población total de la aldea, para ello fue necesario determinar la población actual (año 2017) de San José Pacul utilizando datos de años anteriores:

Año 2000 - 1990 habitantes

Año 2010 - 1971 habitantes

De esta manera se determinó la tasa de crecimiento poblacional

$$r = 100 \times \left(\sqrt[n]{\frac{\text{Población final}}{\text{Población inicial}}} \right) - 1$$

Para determinar la población total se utilizó la fórmula de proyección de poblaciones para el año actual 2017 y los años 2022 y 2027 (generación en 5 y 10 años después del año actual).

$$Pt = Po \times (1 + r/100)^n$$

Por último la generación total se determinó de la siguiente manera:

$$\text{Generación total} = \text{Generación Per Cápita} \times \text{Población total}$$

Composición porcentual y determinación del peso de residuos y desechos sólidos

Se determinó el porcentaje de composición generada por cada categoría y subcategoría caracterizada, dividiendo la masa de categoría entre el total de masa de desechos en kilogramos por el 100 por ciento.

$$\% \text{ Composición} = \frac{\text{Masa de categoría (kg)}}{\text{Total masa de RDS (kg)}} \times 100$$

Con la composición de porcentaje en peso se determinó el peso de los residuos y desechos sólidos totales generados en la aldea según cada categoría (conociendo la generación total)

$$\text{Peso generado por cada categoría} = \frac{\% \text{ composición} \times \text{GT año}}{100}$$

$$\text{Porcentaje} = \frac{\text{Peso de cada categoría}}{\text{GT}} * 100$$

$$\text{Porcentaje promedio} = \frac{\% \text{ categoría} + \% \text{ categoría} + \% \text{ categoría}}{\text{No.de días de caracterización}}$$

Determinación de la densidad de los residuos y desechos sólidos

Para determinar la densidad de los RDS se utilizó un tonel de metal, primero se obtuvo el volumen del tonel de la siguiente manera:

Con una cinta métrica se obtuvo el diámetro y la altura del tonel, así como el peso vacío. Se calculó el peso de los RDS y después conociendo el peso y el volumen del tonel utilizado se determinó la densidad. El volumen de cada categoría fue determinado midiendo la altura a la que llegaron los RDS dentro del tonel desde el suelo.

$$Volumen = \frac{(D^2) \times (\pi) \times (Altura)}{4}$$

$$Densidad = \frac{Masa}{Volumen}$$

$$Densidad\ total = \frac{masa\ total\ de\ la\ muestra}{Volumen\ total}$$

Capacidad máxima del proceso de compostaje

Se determinó la capacidad máxima para el compostaje de los residuos orgánicos determinando primero el volumen máximo del tamaño de cada abonera y después se procedió a determinar el ingreso diario máximo con la densidad y los días en que se realizará el lombricompostaje.

$$Volumen\ máximo = base * altura * largo$$

$$Ingreso\ diario\ máximo = \frac{Volumen\ máximo * Densidad}{Días\ de\ retención}$$

Identificación

Como parte del diagnóstico se identificaron los sitios más contaminados por la mala gestión de los residuos y desechos sólidos dentro de la aldea, esto se realizó con el

acompañamiento de guardarecursos de la Dirección Regional Metropolitana y posteriormente se entrevistó a líderes comunitarios de la aldea con respecto a este tema. Para corroborar esta situación se tomaron fotografías de las visitas de campo (figura 38 a 47).

5.1.3. Análisis

En esta fase se analizó toda la información previa obtenida durante el diagnóstico, y caracterización, con las encuestas se realizaron gráficas para observar las condiciones actuales de la aldea. También se utilizaron dos herramientas, la primera fue el análisis de FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades, Amenazas) y la segunda el árbol de problemas y soluciones de la situación actual de los RDS en la aldea San José Pacul.

Con este análisis se tuvo una base para generar la propuesta de plan de manejo integrado de los residuos y desechos sólidos.

5.1.4. Propuesta

Durante esta fase se elaboró la propuesta de plan de manejo integrado de los residuos y desechos sólidos dentro de la aldea San José Pacul. Durante la misma se utilizó el análisis FODA, árbol de problemas y soluciones, gráficas que sirvieron para establecer las recomendaciones viables y sostenibles para el manejo de los RDS. Esta propuesta fue presentada y entregada a la Dirección Regional Metropolitana, a la Municipalidad de Santiago Sacatepéquez y al COCODES de la Aldea San José Pacul.

5.1.5. Visitas técnicas a campo

Se realizaron varias visitas a campo específicamente en la aldea San José Pacul ubicada dentro del área protegida dentro del Municipio de Santiago Sacatepéquez con el fin de observar, analizar e identificar las características, los recursos naturales y principalmente la situación de los residuos y desechos sólidos de la aldea, complementando con la información obtenida en la fase de gabinete. Durante estas

visitas técnicas se identificaron los sitios de contaminación, se determinó la generación, y se realizó la caracterización de los residuos y desechos sólidos. El acercamiento con la comunidad San José Pacul fue acompañado principalmente por líderes comunitarios y guardarecursos de CONAP. Todo acercamiento con la comunidad y el proyecto fue validado con metodología participativa realizando presentación y discusión con el alcalde y su gabinete, con el COCODES y con la comunidad para informarles sobre la realización del proyecto de sistematización de prácticas profesionales.

5.1.6. Otras actividades

Además de la elaboración de la propuesta del plan de manejo integrado de los residuos y desechos sólidos, se brindó apoyo en la asesoría de Evaluación de los Instrumentos ambientales, específicamente en la revisión y monitoreo de estos a nivel de gabinete y campo; también en la asesoría de educación ambiental se participó en diplomados ambientales dirigidos a actores que forman parte del área protegida Reserva Forestal Protectora de Manantiales y en actividades de la radio en Santiago Sacatepéquez. Se participó también en el evento anual “Démosle un abrazo al Lago de Amatitlán” como representante de CONAP, se realizaron visitas de campo con los técnicos forestales a viviendas y a sitios importantes de recarga hídrica, además de acompañamientos a monitoreos a proyectos que no cumplían con estudios de impacto ambiental. Se apoyó a los técnicos en vida silvestre a través del cuidado y alimentación de los animales que llegaban a la DRM. Se realizaron jornadas de reforestación y limpieza en los Municipios de San Pedro y Santiago Sacatepéquez.

5.1.7. Indicadores de resultados

Con los indicadores de resultados se obtuvieron herramientas para el diagnóstico, análisis, caracterización y para la realización de la propuesta de manejo integrado de los residuos y desechos sólidos en la aldea San José Pacul, estos fueron los siguientes:

- Diagnóstico: Tamaño de muestra de viviendas a encuestar, resultado de base de datos de encuestas, gráficas, cuadro de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas –FODA- y árbol de problemas, entrevistas con líderes comunitarios sobre la contaminación por RDS en la aldea.
- Caracterización: Tamaño de muestra de viviendas a caracterizar, determinación de la generación per cápita y la generación total diaria, densidad y la composición física de los RDS domiciliarios.
- Fotografías de los sitios donde existe mayor contaminación generada por el mal manejo y mala disposición final de los RDS.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Diagnóstico en aldea San José Pacul

6.1.1. Visitas de campo

Se realizaron las primeras visitas a campo para el acercamiento con la municipalidad de Santiago Sacatepéquez, el COCODES integrado por 18 personas, líderes comunitarios y pobladores de la aldea San José Pacul, teniendo acompañamiento de la institución anfitriona, Dirección Regional Metropolitana, de CONAP; se obtuvo el interés en la realización del presente proyecto por parte de estos actores, se indicó por parte de estos que existen muy pocos proyectos que se han llevado a cabo en la aldea.

Durante las entrevistas se pudo conocer que en la aldea habitan 2011 habitantes, 355 familias, dentro de las familias existen 35 familias que son de escasos recursos y 5 son de extrema pobreza.

Dentro de las principales actividades económicas de la aldea se puede encontrar la producción de hortalizas como (brócoli, rábano, zanahoria, remolachas, haba, acelga, perejil, puerro), frutas como (durazno, ciruela, pera, fresa, membrillo, manzana, higo), flores (iris, cartuchos, gladiolas, frisia), y artesanías (tejidos típicos, chocolate, y tostadas).

También se pudo conocer que las familias se abastecen del recurso hídrico a través de pozos y nacimientos de agua, por lo cual los entrevistados indicaron la importancia de proteger y conservar el bosque para contar con el recurso hídrico a largo plazo.

Durante las visitas de campo se pudo observar que la aldea no cuenta con recipientes de basura en las principales instalaciones, los residuos y desechos sólidos que más se observaron en las calles y en los nacimientos de agua es plástico como botellas plásticas y de bolsas de chuchería. Además se observó que en varias viviendas se queman los RDS, algo a tomar en cuenta ya que el reglamento de la Reserva Forestal Protectora de Manantiales lo prohíbe dentro del área protegida.

6.1.2. Entrevistas

Entrevista realizada a guardabosques de la Dirección Regional Metropolitana (CONAP)

Durante la entrevista con los dos guardabosques de CONAP que tienen a su cargo la protección del bosque y otros recursos naturales en el área de Santiago Sacatepéquez, aldea San José Pacul se indicó que el principal problema ambiental que posee esta aldea es el mal manejo de los residuos y desechos sólidos generando una contaminación del medio ambiente seguido de la deforestación, ambas prohibidas dentro del reglamento de la Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux. También indicaron que en la aldea han existido muy pocos proyectos universitarios, ninguno relacionado a los RDS y que la necesidad de implementarlos es muy grande. Existe una mala disposición de los mismos principalmente en los nacimientos de agua contaminando el recurso hídrico, el cual es utilizado para riego agrícola principalmente de hortalizas. La municipalidad de Santiago Sacatepéquez no ha implementado un tren de aseo que recolecte los residuos y desechos sólidos y los lleve a un relleno sanitario autorizado, por lo tanto existe un servicio privado que es nuevo pero no es el mejor ya que no recolecta en toda la aldea, e incluso algunas personas han indicado que tiran los residuos y

desechos afuera de la aldea en un sitio no autorizado, este servicio no cumple con la capacidad de recolección y traslado de la basura y en la aldea hay muchas familias que aún desconocen que exista esta situación.

Entrevista a líder comunitaria y trabajadora del centro de convergencia (centro de salud) de la aldea San José Pacul, Gregoria Cheley

Durante la entrevista con Gregoria Cheley indico que en la aldea existe un mal manejo de los residuos y desechos sólidos, esto es un problema socio ambiental ya que muchas personas tiran la basura en las calles de la aldea y los nacimientos de agua como el conocido “agua bendita” que sigue su cauce hacia San Pedro Sacatepéquez y del río Pansalíc que conduce hacia Mixco. Otra cosa que las personas hacen con los RDS generados es quemarlo en la calle o en la cancha de futbol, sin importarles la contaminación que generan y los problemas de salud a los demás habitantes. Indicó que anteriormente la Institución Fundaeco había implementado en un grupo de mujeres aboneras para los residuos orgánicos, sin embargo después de un tiempo se dejaron de usar por razones de desinterés y por el tamaño de espacio necesario, por lo que no funcionó.

Al preguntarle sobre el sistema de recolección indicó que no tenía conocimiento de que llegara a la aldea.

Por ser trabajadora del centro de convergencia, indicó la manera de manejo de los residuos y desechos hospitalarios, estos son llevados a la empresa Ecotermo cada quince días, son almacenados con bioseguridad, es decir en bolsas rojas debidamente identificadas y son recolectadas por la empresa en Santiago Sacatepéquez. Se indicó que anteriormente estos RDS hospitalarios se quemaban en una fosa séptica para evitar que se arrojarán en la calle.

Entrevista a Moises Guamuch, encargado del servicio de recolección de los residuos y desechos sólidos en la aldea San José Pacul

Con la entrevista al señor Moises Guamuch se conoció que actualmente son dos personas encargadas de la recolección y transporte de los RDS en la aldea, ellos pasan a recogerlos dos días a la semana los cuales son martes y viernes en horario diurno alrededor de las 10 am, por el servicio de recolección se cobra Q45 mensuales por familia. La disposición final de los RDS es en el basurero de Villa Nueva en el basurero de La Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del Lago de Amatitlán (AMSA) y se cobra Q125 por camionada, es decir cada día que ellos llegan a dejar los RDS. Según indicó el señor Guamuch ellos cuentan con permiso de la municipalidad de Santiago Sacatepéquez para brindar el servicio de recolección en la aldea, pero no son trabajadores de la municipalidad, además la manera de recolección, traslado y disposición final depende del servicio de recolección ya que la municipalidad no está involucrada en estos aspectos. Indicó que muchas familias en la aldea San José Pacul queman sus residuos y desechos y lo que recogen ellos ya son las cenizas, sin embargo si logra reciclar ciertos materiales como plástico, aluminio y vidrio, pero debe almacenarlos hasta juntar varios costales para venderlo, ya que generalmente por camionada logra recolectar de 1 a 2 costales de materiales reciclables, en cuanto al uso de gasolina indicó que durante la recolección en la aldea y el traslado hacia el basurero de AMSA es de Q75 por viaje. Las características del vehículo para la recolección y traslado es el siguiente: Es un camión del año 1992 de marca Hino de 3.5 Toneladas, utiliza combustible regular.

6.1.3. Encuestas

Se realizaron 76 encuestas a las viviendas de la aldea San José Pacul, se logró obtener un acercamiento con la comunidad, además de tener una base cualitativa de los residuos y desechos sólidos y un análisis de la manera en cómo se manejan estos, principalmente al tomar en cuenta la importancia por formar parte de un área protegida.

Con esto, se pudo determinar que la mayoría de familias consideran que existe un mal manejo de los RDS en la aldea, porque la basura es tirada en las calles y en los nacimientos de agua, estos son principalmente dos, el primero conocido como “agua bendita” que se dirige hacia San Pedro Sacatepéquez y el segundo es el nacimiento del río Pansalíc. En cuanto al actual servicio de recolección, se observó que no todas las familias tenían conocimiento que existiera dicho servicio, esto porque es un servicio nuevo y pasa solamente por las principales calles de la aldea, en el sector 1 y 2; existe otro servicio de recolección que llega al camino conocido como las tres cruces aproximadamente a 1.50 kilómetros de la aldea, muchas familias indicaron que estos servicios de recolección no son los adecuados. La mayoría de familias indicaron que estarían dispuestas a colaborar en un plan de manejo integrado de los residuos y desechos sólidos siempre que la aldea sea la beneficiada, ya que quieren dejarles un ambiente sano y de buena calidad a sus hijos.

Los cuatro sectores que fueron encuestados son los que conforman toda la aldea San José Pacul, estos están distribuidos según estratos socioeconómicos, y son conocidos como sector uno, sector dos, sector tres y sector cuatro.

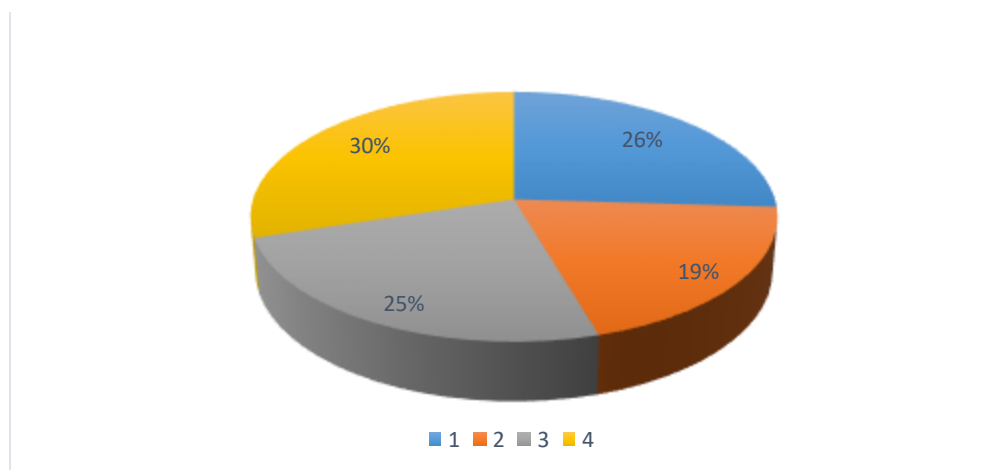


Figura 9. Sectores encuestados en la Aldea San José Pacul

La mayoría de encuestados viven en el sector cuatro estos representan 30%, el sector uno fue de 26% de los encuestados, 25% habita en el sector tres y por último el sector dos fue en el que se entrevistó al 19% de las viviendas. Este porcentaje varió ya que en algunos sectores existe mayor cantidad de viviendas, y en otros el sector es menos denso (figura 9).

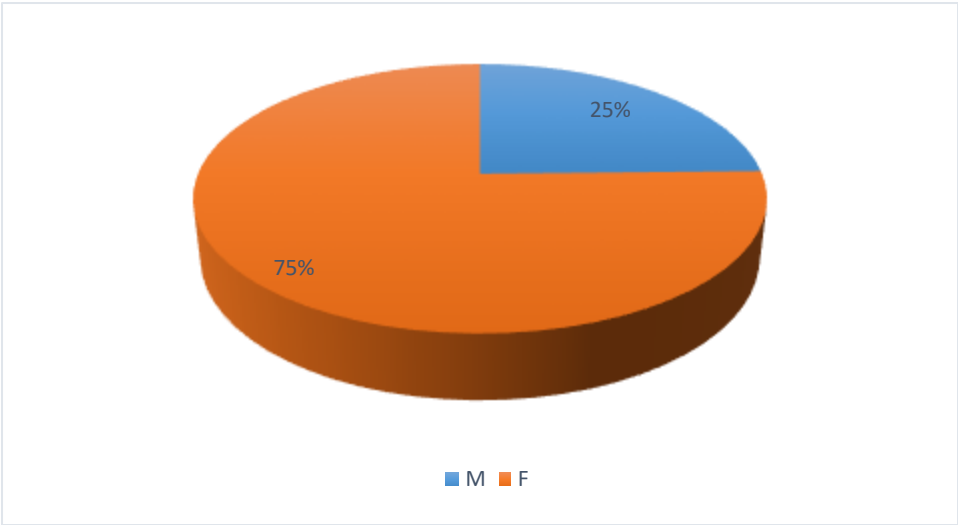


Figura 10. Género de los encuestados en San José Pacul

En cuanto al género de los encuestados, se puede observar que el 75% fue género femenino y el 25% restante lo represento el género masculino (figura 10). Esto se dio principalmente por el horario en el que se realizaron las encuestas el cual fue en la mañana razón por la cual la mayoría de hombres se encontraban en jornada de trabajo.

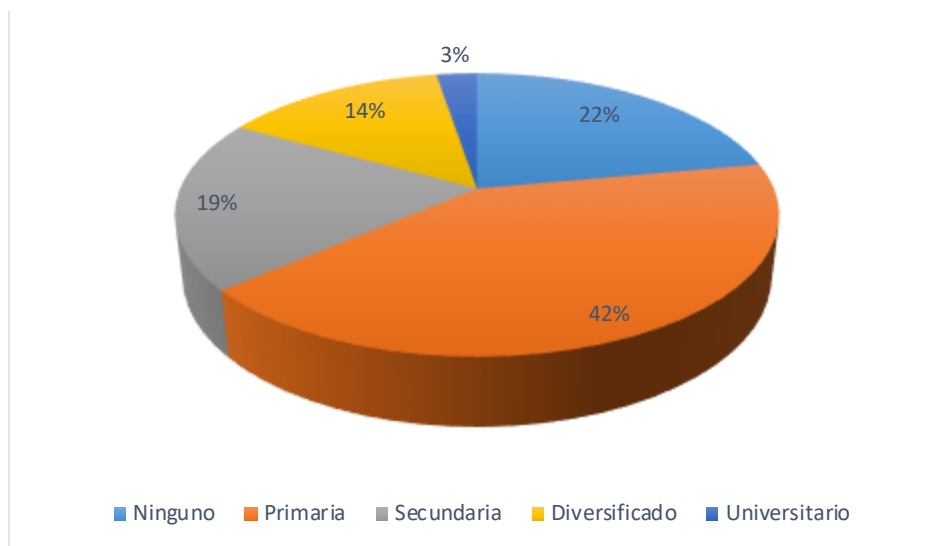


Figura 11. Nivel de educación en la Aldea San José Pacul, según los encuestados

A través de las encuestas realizadas se determinó que la mayoría de pobladores llegaron al nivel de educación primaria con un 42%, el 22% no tuvo ningún nivel de educación, el 19% llegó a la secundaria, el 14% fue al diversificado y el 3% restante tuvo estudios universitarios (figura 11).

La aldea San José Pacul cuenta con una escuela de nivel primario y una de nivel secundaria, debido a esto si se quiere tener nivel diversificado o bien nivel universitario las personas deben migrar ya sea a Santiago Sacatepéquez o a un centro Universitario más lejano. Durante las entrevistas e interacciones con las personas algunas indicaron que actualmente la escuela posee buenas instalaciones sin embargo la educación brindada por los maestros no es la mejor por la que optan por no inscribir a sus hijos en la escuela o bien inscribirlos en un centro educativo cercano principalmente en Santiago Sacatepéquez.

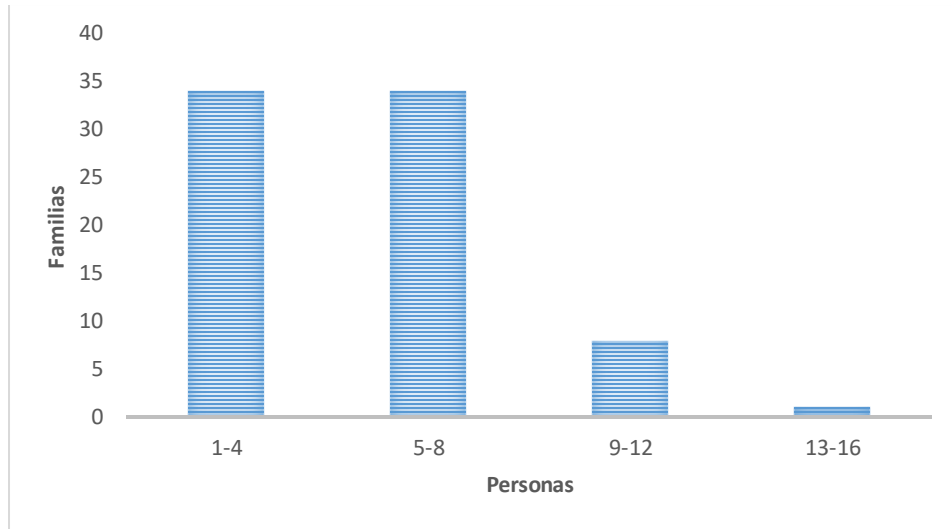


Figura 12. Miembros de familia en viviendas encuestadas en San José Pacul

Al encuestar en cada vivienda se indicó el número de miembros de familia que conforman cada hogar, de las 77 casas encuestadas, 34 indicaron que está conformada por 1-4 habitantes y la misma cantidad indicó que está conformada por 5-8 habitantes, en menor cantidad 8 viviendas indicaron que son de 9-12 y 1 vivienda indicó que de 13-14 habitantes conforman su familia (figura 12).

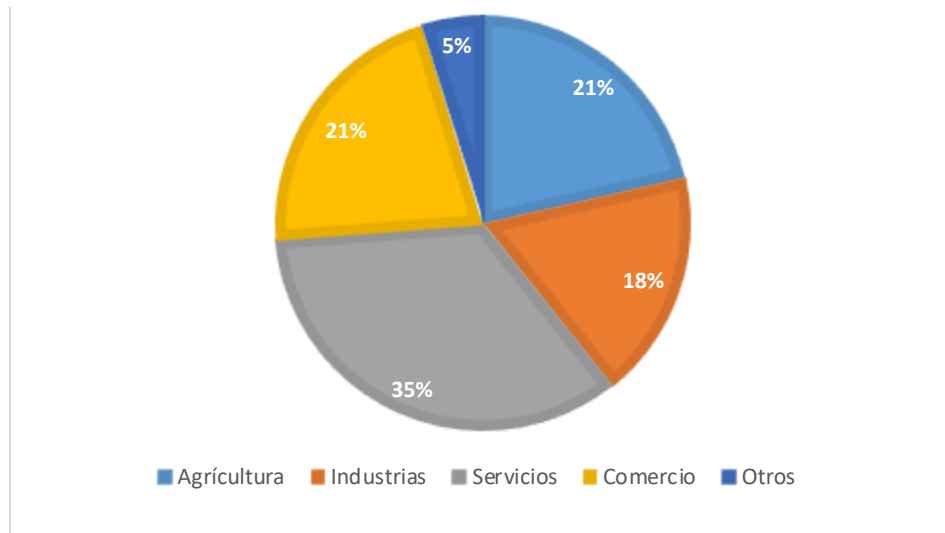


Figura 13. Actividades económicas del jefe de hogar en la Aldea San José Pacul

La principal actividad económica en la aldea San José Pacul lo representan los servicios con 35%, dentro de estos la albañilería, el tejer, choferes, mecánicos, y del centro de salud, la agricultura y el comercio están representados con el 21%, la industria lo representa el 18% y otras actividades económicas con 5% principalmente maestros y profesionales (figura 13).

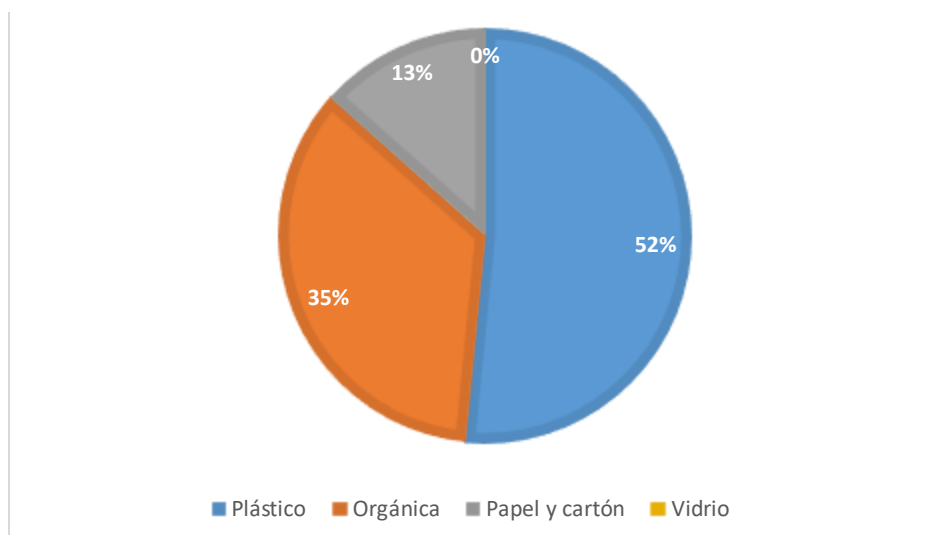


Figura 14. Generación de residuos y desechos sólidos en San José Pacul

Lo que más generan de RDS por familia en la aldea es principalmente plástico con 52%, en segundo lugar con 35% orgánico, 13% es papel y cartón y por último vidrio con 0% (figura 14). Dentro del plástico lo que más se pudo observar es que se genera basura de bolsas plásticas, chucherías y botellas.

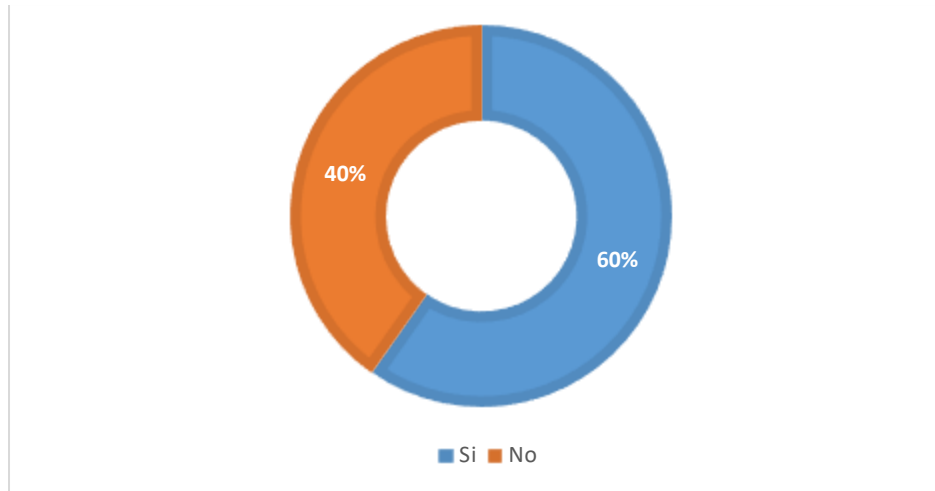


Figura 15. Separación de los residuos y desechos sólidos en San José Pacul

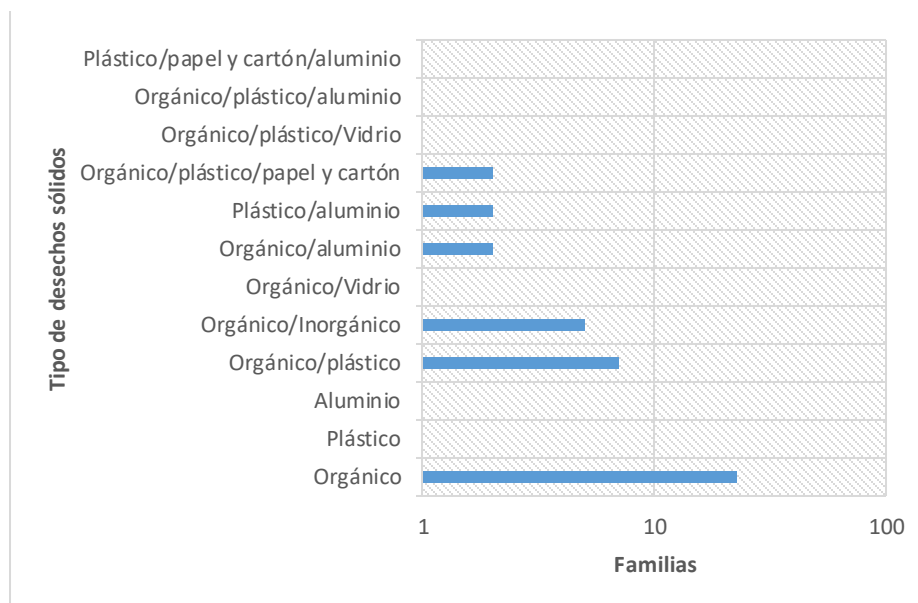


Figura 16. Formas de separación de los residuos y desechos sólidos en San José Pacul

Por medio de las encuestas se pudo determinar que la separación de los RDS en la aldea San José Pacul la realizan el 60% de las familias, mientras que el 40% no realiza ninguna separación (figura 15). La separación es generalmente de los RDS ya que lo utilizan como abono. Solamente en una vivienda se indicó que separan el papel, cartón, plástico o aluminio para venderlo (figura 16).

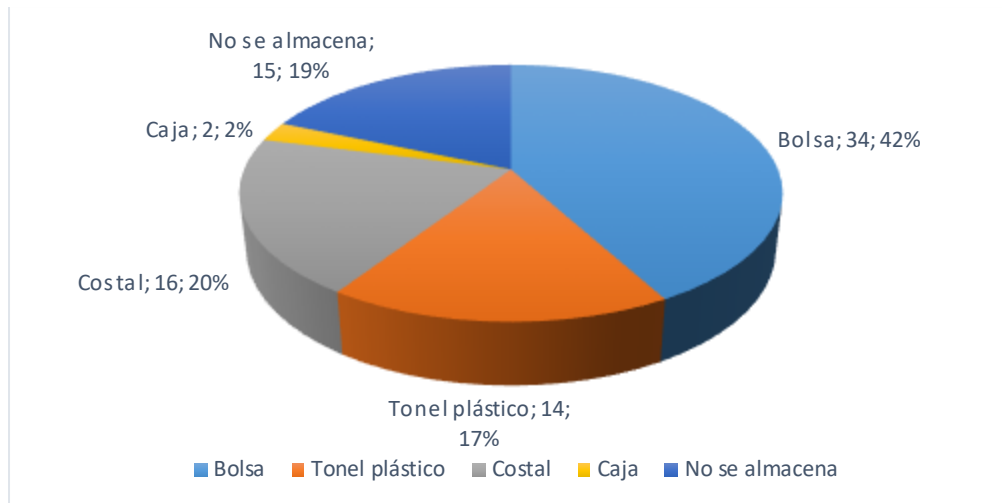


Figura 17. Almacenamiento de los residuos y desechos sólidos en San José Pacul

El almacenamiento de los RDS mientras se realiza la disposición final es 42% en bolsa, el 20% de las familias almacenan su basura en costal, 19% no lo almacena ya que es depositado o enterrado de una vez en los terrenos, 17% de las viviendas los almacena en tonel plástico, y solamente el 2% utiliza cajas (figura 17).

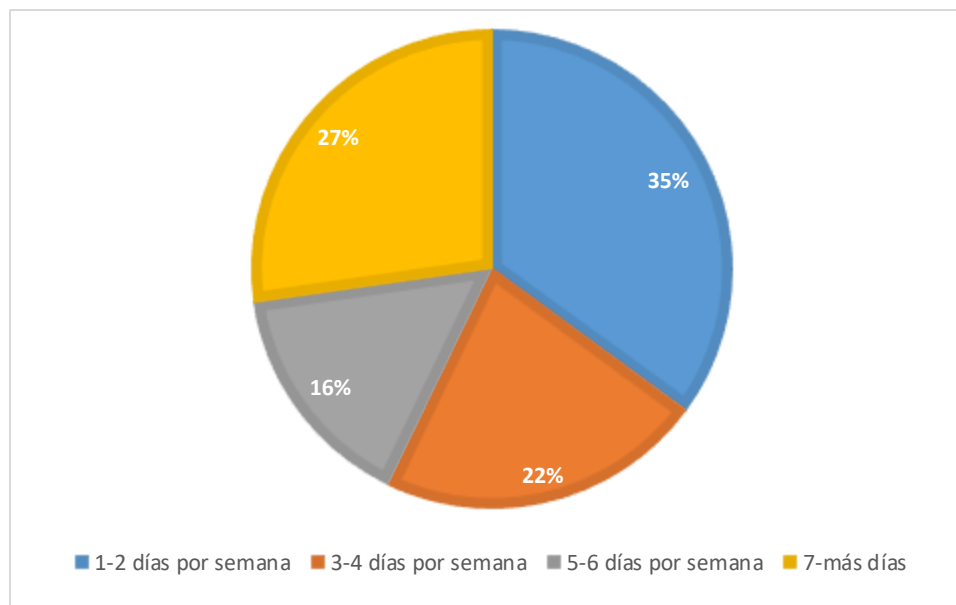


Figura 18. Tiempo de almacenamiento de los residuos y desechos sólidos en San José Pacul

Durante las encuestas se pudo determinar que el 35% de las viviendas llena su recipiente de almacenamiento de 1-2 días por semana, el 27% lo hace de 7-más días a la semana, el 22% llena su recipiente de 3-4 días a la semana y el 16% lo hace de 5-6 días por semana (figura 18).

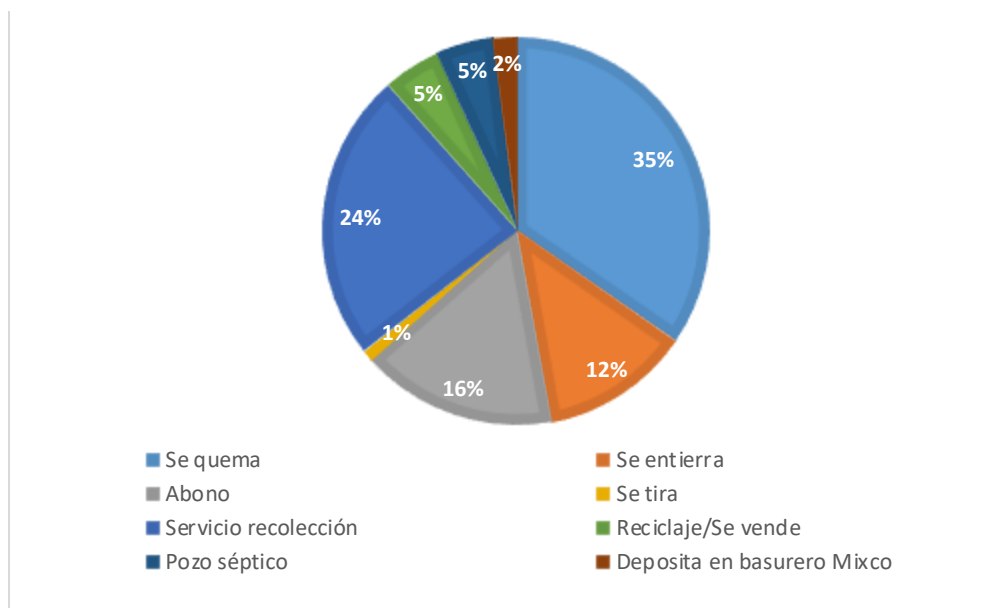


Figura 19. Disposición final de los residuos y desechos sólidos en San José Pacul

El 35% de las familias queman sus RDS, el 24% paga por el servicio de recolección, el 16% lo utiliza como abono esto en cuanto a los residuos orgánicos, 12% los entierran en terrenos propios, 5% reciclan ya sea llevándolos a un centro de reciclaje o vendiéndolos a personas que reciclan, 5% los depositan en pozo séptico y el 2% restante los traslada y deposita en el basurero de Mixco (figura 19).

Servicio de recolección

En la aldea San José Pacul existen dos servicios de recolección por los cuales el 24% de las familias de la aldea pagan. El primer servicio de recolección es el que llega a la aldea una vez por semana utilizando un vehículo tipo camión, este según se conoció lleva un mes prestando dicho servicio; mientras que el segundo servicio de recolección pasa al camino conocido como las tres cruces aproximadamente a

2.5 kilómetros del centro de la aldea y pasa diariamente, este servicio también recoge los RDS de San Pedro Sacatepéquez.

Muchos encuestados al momento de preguntarles sobre el servicio de recolección comentaban que en la aldea no existía tal servicio, y que no estaban enterados que existiera.

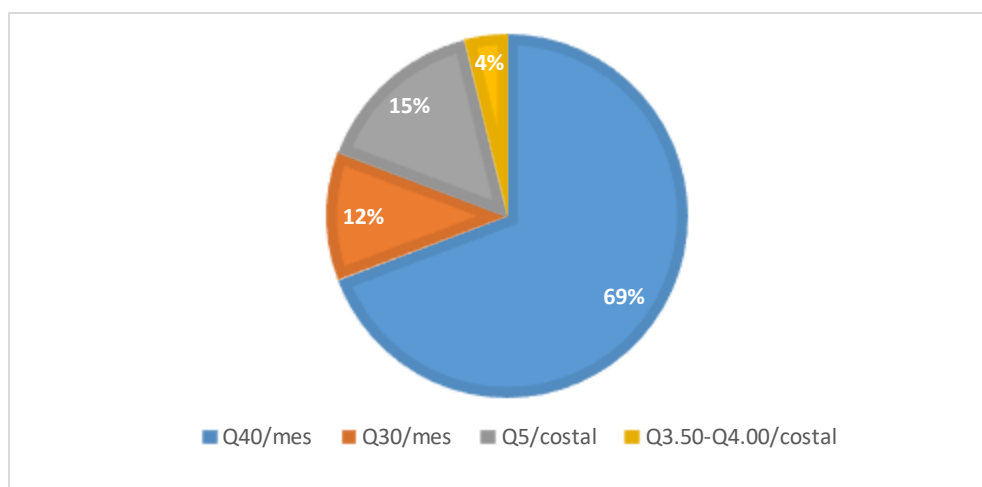


Figura 20. Pago del servicio de recolección en aldea San José Pacul

Por el pago del servicio de recolección el 69% de las familias indicaron que pagan Q40 por mes, el 12% indicó que paga Q30 por mes; en cuanto al otro servicio de recolección el 15% indicó que paga Q5 por costal, y el 4% indicó que paga de Q3.50-Q4 por costal. Se pudo observar que la diferencia por el pago del servicio de recolección que llega a la aldea varía en las viviendas encuestadas dependiendo del sector y su ubicación. En cuanto al servicio de recolección que llega a las tres cruces las familias indicaron un promedio de Q4 por costal (figura 20).

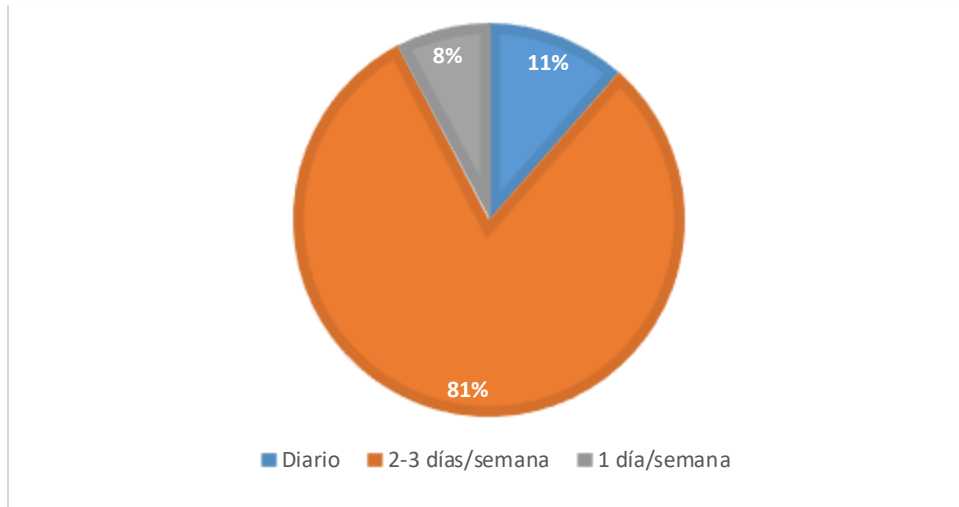


Figura 21. Frecuencia del servicio de recolección en San José Pacul

El servicio de recolección pasa de 2-3 días por semana según indicó el 81% de los encuestados, el 11% indicó que el servicio pasa diariamente y el 8% indicó que llega a sus viviendas una vez por semana. El servicio de recolección que llega a San José Pacul es el que pasa de 2-3 días por semana o 1 día por semana dependiendo del sector; el servicio de recolección que llega a las tres cruces pasa todos los días (figura 21).

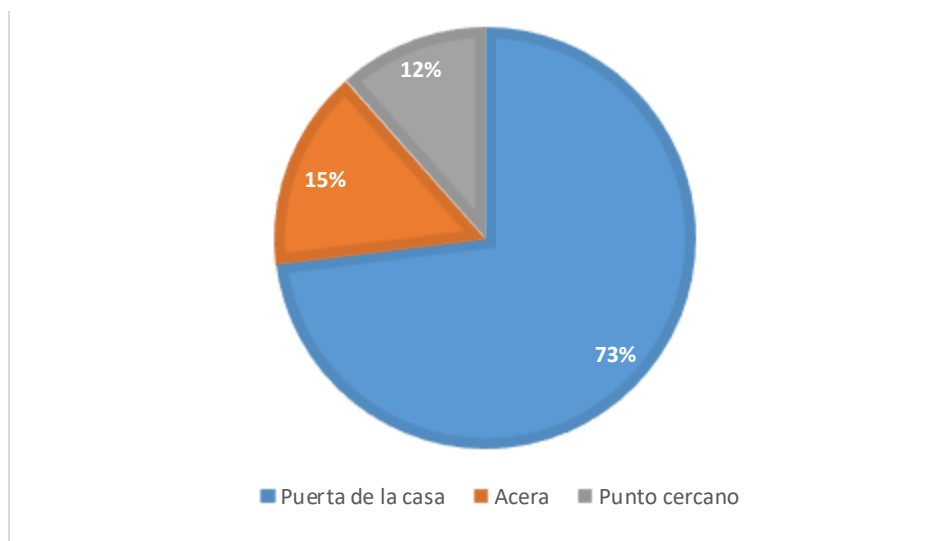


Figura 22. Lugar de recolección en San José Pacul

Según los encuestados, el 73% indicó que el servicio de recolección pasa por la puerta de su casa, el 15% indicó que pasa por la acera, y el 12% restante indicó que pasa en un punto cercano. El servicio de recolección recoge los RDS en la puerta de las casas que están cercanas a la calle principal, las casas situadas en lugares más lejanos deben llevarlos a la acera, por lo cual los encuestados indicaron que este servicio no cumplía con su total satisfacción, el 12% que debe llevarlos a un punto cercano son las familias que pagan por el servicio de recolección que llega a las tres cruces (figura 22).

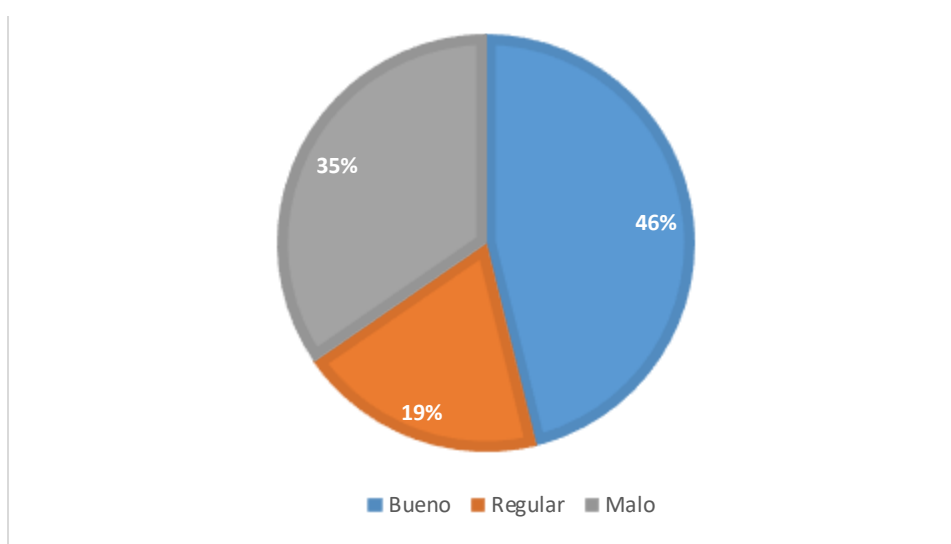


Figura 23. Calidad del servicio de recolección en aldea San José Pacul

El 46% de las familias que pagan por el servicio de recolección consideran que este es bueno, el 35% lo consideran como malo y el 19% consideran que es regular. Muchos de los encuestados comentaron que no saben con certeza si el servicio de recolección que llega a la aldea transporta los residuos y desechos sólidos hacia el basurero autorizado, ya que han observado que los dejan tirados en el camino (figura 23).

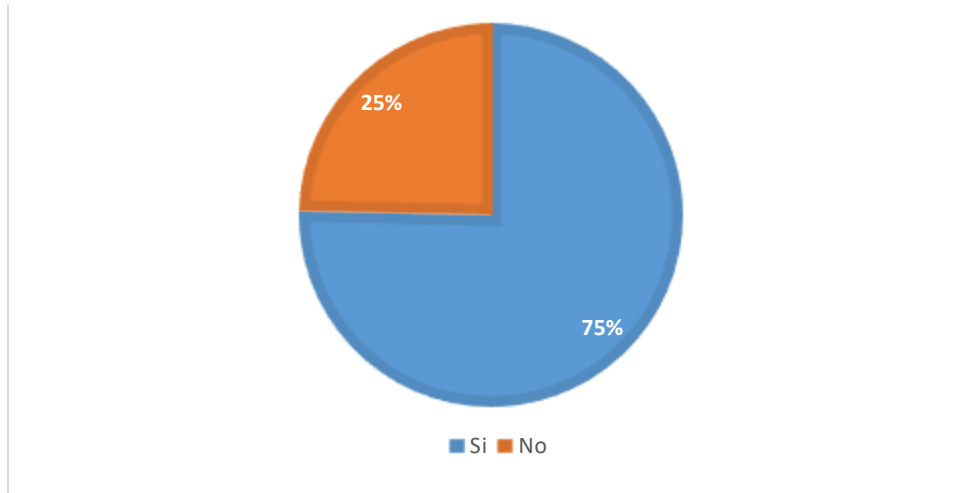


Figura 24. Contaminación de los residuos y desechos sólidos en San José Pacul

Según las familias encuestadas el 75% considera que si existe contaminación de los RDS en la aldea San José Pacul, mientras que el 25% restante no considera que existe un problema de contaminación por el mal manejo de estos. Los encuestados indicaron que uno de los principales problemas es que las personas tiran la basura en las calles y en los nacimientos de agua que existen en la aldea, provocando enfermedades y contaminación ambiental (figura 24).

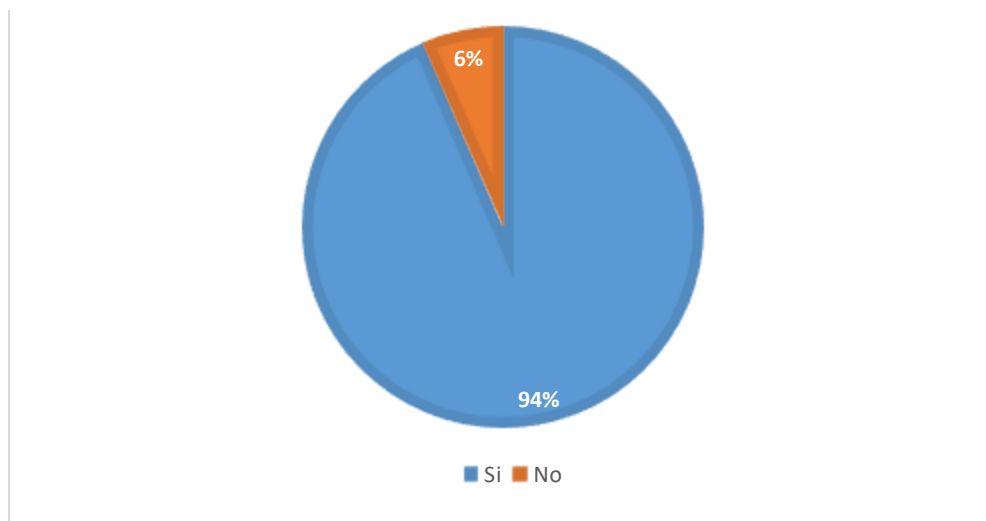


Figura 25. Disposición de colaboración en programa de residuos y desechos sólidos en San José Pacul

El 94% de las familias indicaron que estaría dispuesto a colaborar si se implementará un plan de manejo integrado de los residuos y desechos sólidos en la aldea San José Pacul, mientras que el 6% indicó que no colaboraría. Al 94% se le consultó de qué manera colaborarían y la mayoría indicó que realizando jornadas de limpieza, separando sus RDS para reusar y reciclaje, implementando aboneras en sus viviendas; además se pudo determinar que las familias que consideran no existe contaminación viven en los sectores que se encuentran más lejanos de las calles principales, y de los nacimientos de agua (figura 25).

6.1.4. Herramientas

Fortalezas, Oportunidades, Debilidades, Amenazas (FODA)

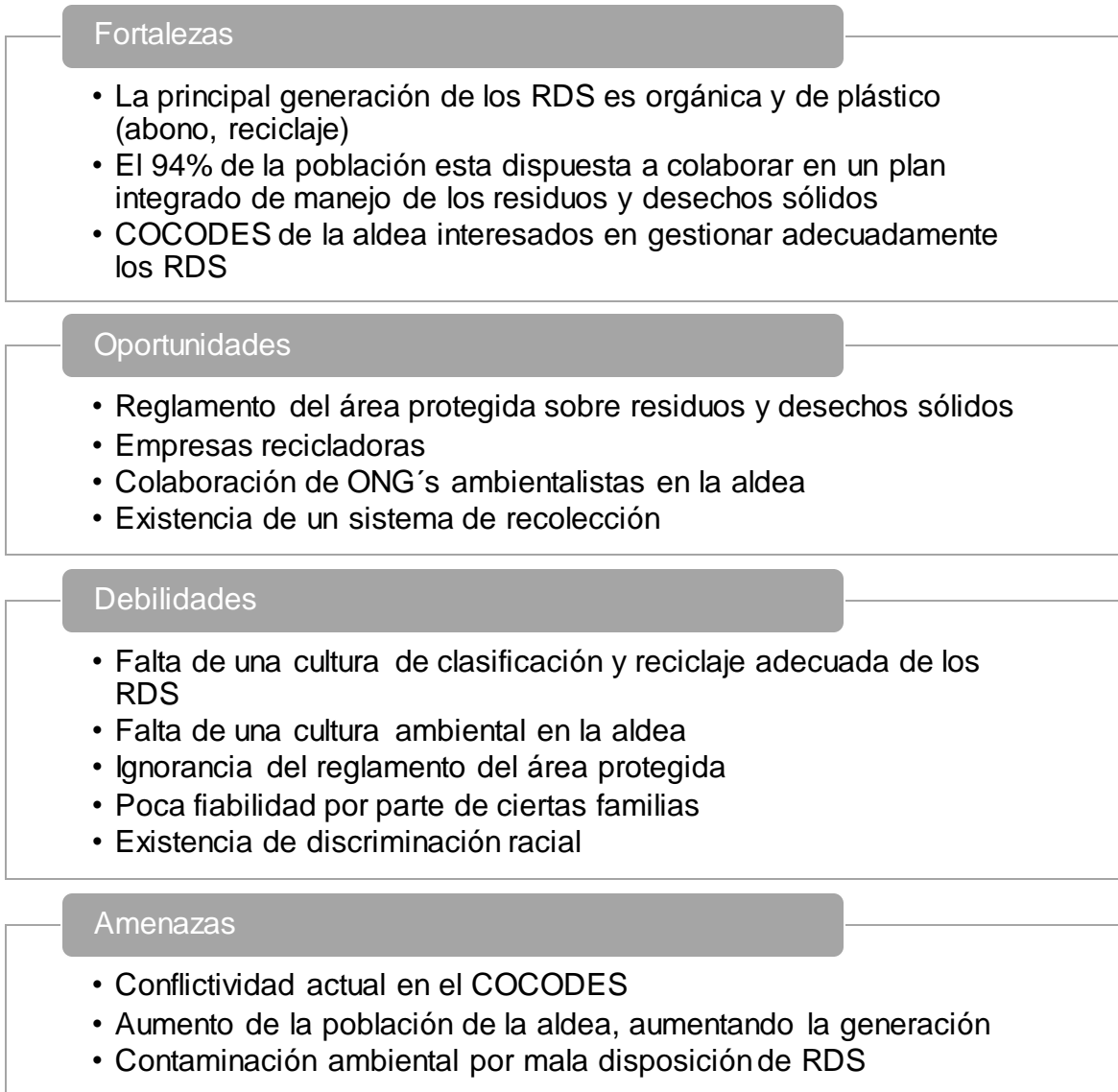


Figura 26. Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas de los residuos y desechos sólidos en la aldea San José Pacul

El análisis FODA (figura 26) del manejo de los residuos y desechos sólidos presenta las fortalezas y debilidades internas, así como oportunidades y amenazas externas en la aldea San José Pacul sobre los residuos y desechos sólidos.

Árbol de problemas

La figura 27 muestra el árbol de problemas según el diagnóstico que se obtuvo de la aldea San José Pacul, el problema principal del presente proyecto es la mala gestión de los residuos y desechos sólidos, dicho problema es generado por la falta de cumplimiento del reglamento del área protegida, se pudo determinar que existe poco interés municipal e institucional para gestionar adecuadamente los residuos y desechos sólidos, lo que da una falta de cumplimiento de la legislación ambiental del país que en este caso es responsabilidad de la Municipalidad de Santiago Sacatepéquez y de la Dirección Regional Metropolitana el manejo adecuado de los desechos y residuos del área protegida ubicada en Santiago Sacatepéquez; el otro problema es la falta de educación y concientización ambiental en la aldea ya que muchas personas arrojan sus RDS en la calle, barrancos y nacimientos de agua y solamente el 24% de las familias pagan por el servicio de recolección, además muy pocas personas conocen que la aldea forma parte de la Reserva Forestal Protectora de Manantiales y sus respectivas normas; la otra causa del problema principal se debe a las malas formas de disposición final de los RDS, ya que pocas personas optan por contratar el servicio de recolección, prefiriendo quemar, tirar y enterrarlos, el servicio de recolección es deficiente, poco conocido y sin saber exactamente a dónde se llevan finalmente los residuos y desechos.

La mala gestión de estos en la aldea San José Pacul tiene como efecto una disminución de la calidad de vida de toda la población ya que se propagan plagas y malos olores, según se indicó por algunas familias, cada vez es más normal encontrar moscas, ratas, ratones debido a los residuos y desechos en barrancos y terrenos, y esto genera enfermedades, además de la contaminación ambiental debido a que son arrojados en el suelo, en el agua, y se generan malos olores en el ambiente; otro efecto es la pérdida de recursos económicos ya que no se aprovechan los materiales inorgánicos para reciclaje o reuso ni los residuos orgánicos para aprovecharse como abono, además la disposición inadecuada de los RDS en los terrenos y nacimientos de agua ha generado que las tierras pierdan valor económico, es decir se devalúen.



Figura 27. Árbol de problemas

Árbol de Soluciones

El árbol de soluciones (figura 28) muestra la necesidad de una gestión adecuada y sostenible de los residuos y desechos sólidos en la aldea San José Pacul para ello es importante el cumplimiento del reglamento del área protegida Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux que establece sobre los RDS la prohibición de tirar y depositar residuos y desechos sólidos y líquidos, que contaminen los recursos naturales o el paisaje, además de clausurar y no permitir el surgimiento de basureros clandestinos a través del involucramiento y cumplimiento de la legislación ambiental por parte de la Municipalidad de Santiago Sacatepéquez y la Dirección Regional Metropolitana; también es importante la educación y concientización ambiental para lo cual la implementación de talleres de capacitación y divulgación sobre el manejo adecuado de los RDS a toda la población y actores locales; por último se debe implementar un sistema adecuado del servicio de recolección que cumpla con la responsabilidad de una adecuada recolección y transporte de los residuos y desechos, generando dicho servicio a todas las familias de la aldea y de esta forma se pueda dar un manejo adecuado a los RDS orgánicos e inorgánicos que se generan en la aldea San José Pacul.

Con la gestión adecuada y sostenible de los residuos y desechos sólidos se cumple con el manejo ambiental adecuado de los recursos dentro del área protegida, se mejora la calidad de vida de la población local; se genera un aprovechamiento económico a través del reciclaje y compostaje, así como con la plusvalía de las tierras debido a la mejora de la calidad del paisaje y la disponibilidad de nacimientos de con buena calidad de agua; de esta manera la aldea San José Pacul puede servir como un buen ejemplo para otras aldeas y municipios dentro del área protegida para implementar una gestión adecuada y sostenible de los residuos y desechos sólidos.



Figura 28. Árbol de soluciones

6.2. Caracterización de los Residuos y Desechos Sólidos

Para la caracterización de los RDS domésticos se muestra las categorías de clasificación en el cuadro 5.

Cuadro 5. Categorías de clasificación de residuos y desechos sólidos

Categoría	Materiales
Orgánico	Todo lo putrescible incluyendo servilletas (ejemplos: restos de comida, frutas/verduras, cascarones, huesos, residuos de jardín, hojarasca entre otros)
Inorgánico reciclable	Plástico Polietileno Tereftalato (PET) Papel y Cartón Vidrio Aluminio (latas)
Otros	Todo aquello que no corresponda a orgánico, ni a inorgánico reciclable (ejemplos: duroport, tetrabrick, bolsas de frituras, chatarra, entre otros)

Las categorías de clasificación para la caracterización se determinaron con el objetivo de establecer un manejo viable para cada categoría, según el análisis de los criterios de valorización. La categoría de inorgánico reciclable fue determinada a través de un análisis de los productos que pueden ser reciclados en San José Pacul. En la categoría otros se incluyeron materiales no reciclables y materiales que aunque son reciclables, los criterios de valorización indican que para el presente manejo integrado de los residuos y desechos sólidos no es viable su reciclaje.

6.2.1. Recolección durante caracterización

Cuadro 6. Recolección de residuos y desechos sólidos en caracterización

Viviendas	Observaciones
Vivienda 1	Dio los 8 días
Vivienda 2	Día 5 y 8 no dio orgánico
Vivienda 3	Día 6 y 8 no dio bolsas. Día 4 solo dio inorgánico
Vivienda 4	Dio los 8 días
Vivienda 5	Dio los 8 días
Vivienda 6	Dio los 8 días
Vivienda 7	Día 6 y 7 no dio orgánico
Vivienda 8	Dio los 8 días

En el cuadro 6 se muestra que la vivienda uno, cuatro, cinco, seis y ocho dieron sus bolsas durante los 8 días, la vivienda dos no dio los residuos orgánicos durante el día 5 y día 8, la vivienda tres no dio bolsas el día 6 y día 8, el día 4 solamente dio residuos inorgánicos, y la vivienda 7 no dio el día 6 y 7 residuos orgánicos.

En el cuadro 7 se observa el número de habitantes por vivienda caracterizada, el número de habitantes en la vivienda uno fue de 4, en la vivienda dos de 4 habitantes, en la vivienda tres de 6 habitantes, la vivienda cuatro de 4 habitantes, la vivienda cinco de 6 habitantes, la vivienda seis de 4, en la vivienda siete de 5 habitantes, y en la vivienda ocho de 4 habitantes, obteniendo un promedio de 5 habitantes por vivienda.

Cuadro 7. Número de habitantes por vivienda durante caracterización

Viviendas	Número de habitantes
Vivienda 1	4 habitantes
Vivienda 2	4 habitantes
Vivienda 3	6 habitantes
Vivienda 4	4 habitantes

Vivienda 5	6 habitantes
Vivienda 6	4 habitantes
Vivienda 7	5 habitantes
Vivienda 8	4 habitantes

6.2.2. Generación por peso y composición de caracterización

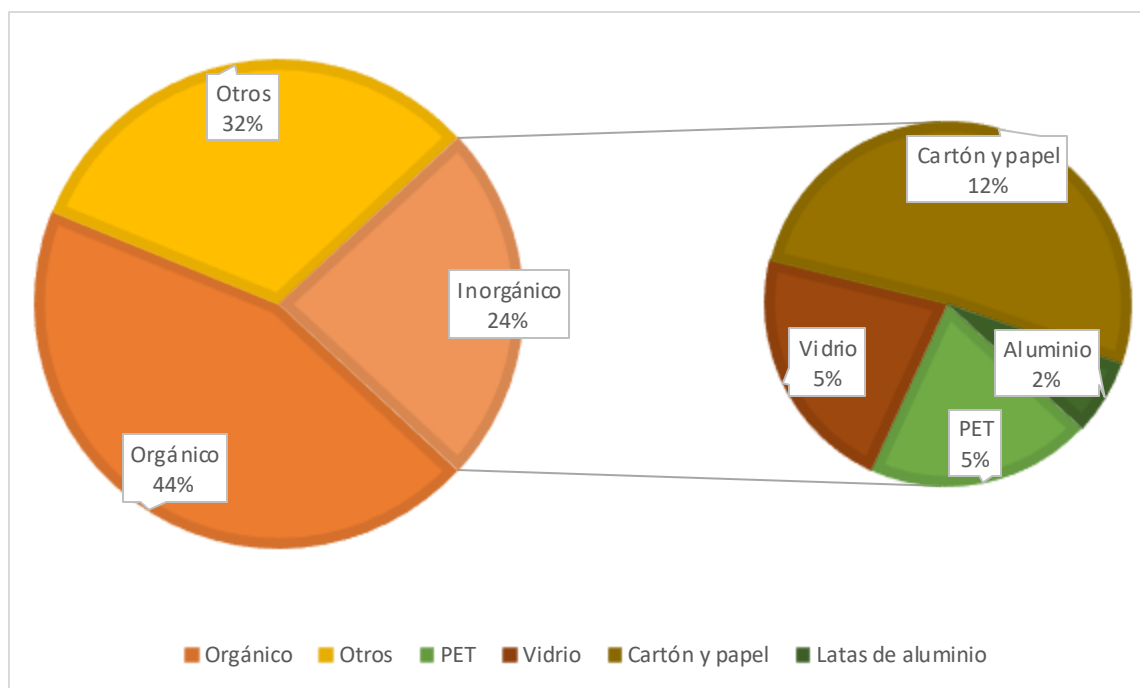


Figura 29. Caracterización residuos y desechos sólidos San José Pacul

Según la figura 29 y cuadro 16, la caracterización de RDS en la Aldea San José Pacul tuvo como resultado la generación de 32.31 kg (44%) de residuos orgánicos, 17.39 kg (24%) de residuos inorgánicos reciclables (PET 3.47 kg, Vidrio 3.82 kg, cartón y papel 8.95 kg, aluminio 1.15 kg) y la fracción otros que generó 23.32 kg (32%) durante ocho días seguidos de caracterización, sin tomar en cuenta el día uno. Se debe considerar que durante los días de caracterización hubieron viviendas que no entregaron bolsas ciertos días, como se observa en el Cuadro 6.

6.2.3. Generación per cápita (GPC) y Generación total diaria (GT) de residuos y desechos sólidos para el año actual

Tasa de crecimiento

Año 2000 - 1990 habitantes

Año 2010 - 1971 habitantes

$$r = 100 \times \left(\sqrt[10]{\frac{1971}{1990}} \right) - 1$$
$$r = 0.3675\%$$

La tasa de crecimiento poblacional durante un periodo de 10 años (2000-2010) de la aldea San José Pacul fue de 0.37%.

Generación Año 2017

$$P_t = 1971 \times (1 + 0.3675/100)^7$$

$$P_t = 2022 \text{ habitantes}$$

$$GPC = 73.01 \text{ kg}/37 \text{ hab}/7 \text{ días}$$

$$GPC = 0.2820 \text{ kg}/\text{hab}/\text{día}$$

$$GT = 0.2820 \text{ kg} \times 2022 \text{ habitantes}$$

$$GT = 570.20 \text{ kg}/\text{día}$$

La población en el año 2017 es de 2022 habitantes. La aldea posee una generación per cápita de 0.28 kg/día (0.62 lb/persona/día) y una generación total de 570.20 kg/día (1,257.08 lb/día). Comparando la GPC de la aldea con la nacional (0.5 kg/hab/día) se puede observar que es baja y característica de poblaciones rurales.

Generación en 5 años (año 2022)

$$P_t = 1971 \times (1 + 0.3675/100)^{12}$$

$$P_t = 2060 \text{ habitantes}$$

$$GPC = (0.2820 \text{ kg/hab/día}) + (0.2820 \text{ kg} \times 0.05)$$

$$GPC = 0.2961 \text{ kg/día}$$

$$\text{Generación total} = 0.2961 \text{ kg} \times 2060 \text{ habitantes}$$

$$\text{Generación total} = 609.97 \text{ kg/día}$$

La proyección de población y de generación de RDS para dentro de 5 años, es decir para el año 2022 es de 2060 habitantes en la aldea. Para el mismo año se tendrá una generación per cápita de 0.30 kg/día (0.64 lb/persona/día) y una generación total de 609.97 kg/día (1,334.73 lb/día).

Generación en 10 años (año 2027)

$$P_t = 1971 \times (1 + 0.3675/100)^{17}$$

$$P_t = 2098 \text{ habitantes}$$

$$GPC = (0.2820 \text{ kg/hab/día}) + (0.2820 \text{ kg} \times 0.10)$$

$$GPC = 0.3102 \text{ kg/día}$$

$$\text{Generación total} = 0.3102 \text{ kg} \times 2098 \text{ habitantes}$$

$$\text{Generación total} = 650.80 \text{ kg/día}$$

La proyección para el año 2027 dentro de 10 años es de 2098 habitantes, con una generación per cápita de 0.31 kg/día (0.68 lb/día) y una generación total de 650.80 kg/día (1,434.77 lb/día).

Cuadro 8. GPC y GT por año

Año	Población	Generación per cápita (GPC)	Generación Total (GT)
2017	2022 habitantes	0.28 kg/día	570.20 kg/día
2022	2060 habitantes	0.30 kg/día	609.97 kg/día
2027	2098 habitantes	0.31 kg/día	650.80 kg/día

6.2.4. Peso y Composición porcentual de los residuos y desechos sólidos

Orgánico

$$\% \text{ Composición} = \frac{32.31 \text{ kg}}{73.02 \text{ kg}} \times 100$$

$$\% \text{ Composición} = 44.25 \%$$

$$\text{Peso generado} = \frac{44.25 \% \times 570.22 \text{ kg}}{100}$$

$$\text{Peso generado} = 252.32 \text{ kg/día}$$

Los residuos orgánicos representan el 44.25% de la generación total de RDS de la aldea. Por lo tanto, se indica que la mayor generación diaria en la aldea, 252.32 kg (556.27 lbs) corresponden a la fracción orgánica.

Inorgánico reciclable

$$\% \text{ Composición} = \frac{17.39 \text{ kg}}{73.02 \text{ kg}} \times 100$$

$$\% \text{ Composición} = 23.82 \%$$

$$\text{Peso generado} = \frac{23.82 \% \times 570.22 \text{ kg}}{100}$$

$$\text{Peso generado} = 135.83 \text{ kg/día}$$

Los residuos sólidos inorgánicos reciclables (PET, Vidrio, Cartón y papel, Aluminio) en total representan el 23.82%, que corresponden a 135.83 kg de la generación diaria de la aldea (299.45 lbs).

PET

$$\% \text{ Composición} = \frac{3.47 \text{ kg}}{73.02 \text{ kg}} \times 100$$

$$\% \text{ Composición} = 4.75\%$$

$$\text{Peso generado} = \frac{4.75 \% \times 570.22 \text{ kg}}{100}$$

$$\text{Peso generado} = 27.09 \text{ kg/día}$$

La generación de PET en la aldea es de 27.09 kg por día (59.72 lb/día).

Vidrio

$$\% \text{ Composición} = \frac{3.82 \text{ kg}}{73.02 \text{ kg}} \times 100$$

$$\% \text{ Composición} = 5.23 \%$$

$$\text{Peso generado} = \frac{5.23 \% \times 570.22 \text{ kg}}{100}$$

$$\text{Peso generado} = 29.74 \text{ kg/día}$$

La generación de vidrio en la aldea es de 29.74 kg/día (65.57 lb/día).

Cartón y Papel

$$\% \text{ Composición} = \frac{8.95 \text{ kg}}{73.02 \text{ kg}} \times 100$$

$$\% \text{ Composición} = 12.26 \%$$

$$\text{Peso generado} = \frac{12.26 \% \times 570.22 \text{ kg}}{100}$$

$$\text{Peso generado} = 69.90 \text{ kg/día}$$

La generación de cartón y papel en la aldea es de 69.90 kg/día (154.10 lb/día).

Aluminio

$$\% \text{ Composición} = \frac{1.15 \text{ kg}}{73.02 \text{ kg}} \times 100$$

$$\% \text{ Composición} = 1.57 \%$$

$$\text{Peso generado} = \frac{1.57 \% \times 570.22 \text{ kg}}{100}$$

$$\text{Peso generado} = 8.95 \text{ kg/día}$$

La generación de aluminio (latas) en la aldea es de 8.95 kg/día (19.86 lb/día).

Fracción otros

$$\% \text{ Composición} = \frac{23.32 \text{ kg}}{73.01 \text{ kg}} \times 100$$

$$\% \text{ Composición} = 31.94 \%$$

$$\text{Peso generado} = \frac{31.94 \% \times 570.22 \text{ kg}}{100}$$

$$\text{Peso generado} = 182.13 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

La fracción otros, es decir desechos sólidos inorgánicos que no se pueden reciclar o bien no poseen un mercado de reciclaje, representan 182.13 kg/día (401.53 lbr/día) del total de generación.

Cuadro 9. Peso por categoría del peso total generado en la aldea San José Pacul

Categorías	Subcategorías	Total (Kg)	Composición (%)
Orgánico	Orgánico	252.32	44.25
Inorgánico reciclable	PET	27.09	4.75
	Vidrio	29.74	5.23
	Cartón y papel	69.90	12.26
	Latas de aluminio	8.95	1.57
Fracción otros	Otros	182.13	31.94
Total		570.13	100

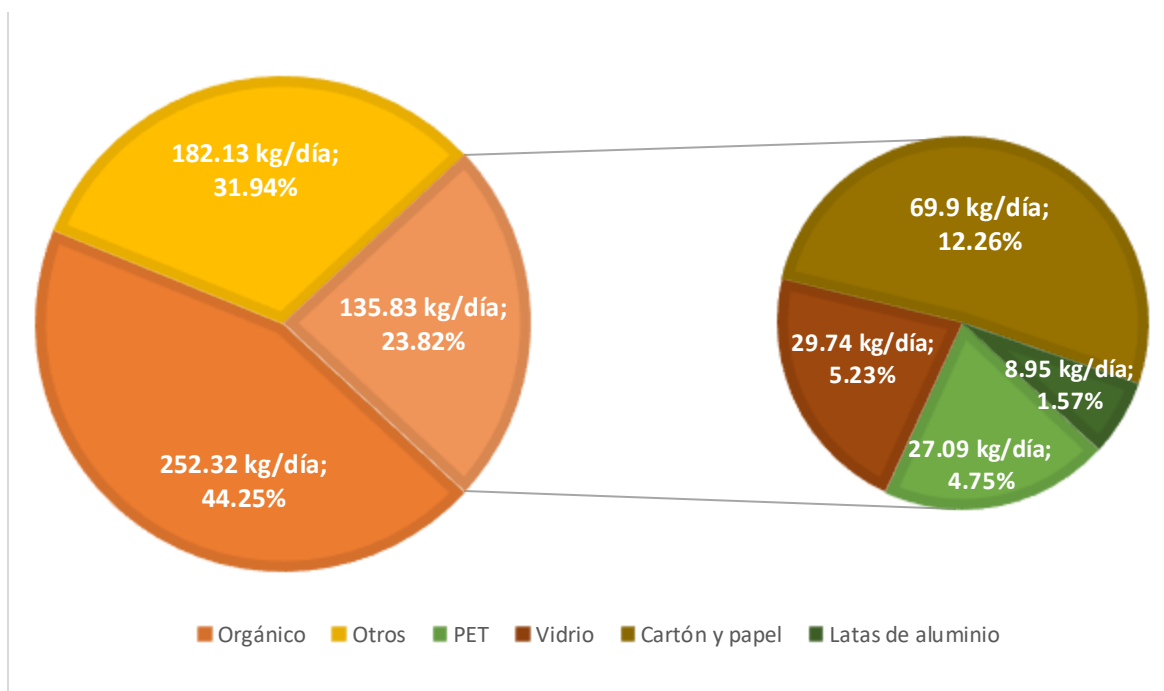


Figura 30. Generación en peso de los residuos y desechos domiciliarios por categoría y subcategoría en la aldea

El peso (kg/día) y composición (%) por categoría de los residuos y desechos domiciliarios es principalmente de origen orgánico, como restos de frutas y verduras, con una generación de 252.32 kg/día y una composición de 44%, le sigue la generación de los desechos inorgánicos fracción “otros” (no tienen proceso y/o no poseen un mercado de reciclaje) con 182.13 kg/día y composición de 32%, por último se generan los residuos inorgánicos reciclables con un peso de 135.83 kg/día, que representa el 24%. La generación total de los RDS domiciliarios en la aldea San José Pacul es de 570.13 kg/día (100%) (Figura 30).

6.2.5. Densidad de los Residuos y Desechos sólidos

$$Volumen = \frac{(D^2) \times (\pi) \times (Altura)}{4}$$

$$Densidad = \frac{Masa}{Volumen}$$

$$Densidad\ total = \frac{masa\ total\ de\ la\ muestra}{Volumen\ total}$$

$$Densidad\ total = 431.04\ kg/m^3$$

Cuadro 10. Densidad de los residuos y desechos sólidos

Categorías	Subcategorías	Diámetro (m)	Altura (m)	Volumen (m ³)	Densidad (kg/m ³)
Orgánico	Orgánico	0.30	0.38	0.0269	277.73
Inorgánico reciclable	PET	0.59	0.25	0.0683	20.04
	Vidrio			0.0683	20.04
	Cartón y papel			0.0683	20.04
	Latas de aluminio			0.0683	20.04
Fracción otros	Otros	0.59	0.45	0.1230	73.15
Densidad total (kg/m ³)					431.04

Cuadro 11. Valorización de los residuos orgánicos y reciclables

Categoría	Kg/día	Kg/año	Tonelada/año	Porcentaje (%)
Orgánico	252.32	92,096.80	92.10	44.25
Inorgánico reciclable	135.68	49,523.20	49.52	23.82
Otros	182.13	66,466.50	66.47	31.94
Total	570.13	208,097.45	208.10	100

Como se observa en el cuadro 11, las toneladas por año de los residuos orgánicos son de 92.10, los residuos inorgánicos reciclables son de 49.52 toneladas y de la fracción otros es de 66.47 toneladas, con un total de 208.10 toneladas de RDS domiciliarios al año. Al sumar la categoría orgánica y la reciclable se tienen 141.62 toneladas anuales de residuos que tendrán un manejo adecuado (compostaje y reciclaje) y por lo tanto se evitará que lleguen al basurero de Villa Nueva, serán 66.47 toneladas al año de desechos que son las que serán transportadas al basurero de AMSA.

6.3. Plan de Manejo Integrado de los Residuos y Desechos sólidos

Con el plan de manejo integrado se pretende generar una propuesta viable para el manejo y disposición final de los residuos y desechos en la aldea San José Pacul. Cabe mencionar que para que se lleve a cabo eficientemente es necesario que todos los actores se involucren y sean partícipes en dicho plan, desde el CONAP (Dirección Regional Metropolitana), la Municipalidad de Santiago Sacatepéquez, el alcalde municipal, alcalde auxiliar, los líderes comunitarios, los directores de la escuela primaria y secundaria, el servicio de recolección de residuos y desechos sólidos, la persona encargada para el manejo de residuos orgánicos e inorgánicos, los encargados por parte de la empresa recicladora y los pobladores de la Aldea San José Pacul.

Para el manejo de los RDS se propone empezar con la implementación de concientización y educación ambiental, se estableció un sistema eficiente de recolección, la instalación de nuevos basureros en el parque de la aldea, el manejo sostenible de los residuos orgánicos a través del proceso de lombricompostaje, la venta de reciclaje de los residuos inorgánicos reciclables, también se determinó y analizaron los costos para la implementación del plan de manejo integrado de los residuos y desechos sólidos.

6.3.1. Concientización y Educación ambiental

Como primer paso es importante que se brinde concientización y educación ambiental a los habitantes de la aldea San José Pacul, la necesidad es para la eficiente implementación del presente proyecto de manejo integrado de residuos y desechos sólidos y por formar parte del área protegida Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux la cual tiene como prioridad la concientización y educación ambiental, para ello se propone llevar a cabo talleres, capacitaciones y diplomados para la población local basados en la separación, clasificación y reciclaje de los RDS. Esto debe estar a cargo de CONAP, de la Dirección Regional Metropolitana, a través del asesor técnico de Educación Ambiental.

Se propone que sean dirigidos a la escuela de primaria y secundaria de la aldea, y se realicen convocatorias para los talleres, capacitaciones y diplomados con la ayuda y facilitación a través de los líderes comunitarios de la aldea: el COCODES y el centro de convergencia, para la población en general, con los cuales sería más viable el interés por parte de los pobladores a asistir y formar parte de los talleres y diplomados. El objetivo principal es que los habitantes locales tengan conocimiento que se realizará el manejo integrado de los RDS en la aldea San José Pacul, además la manera en cómo se llevará es decir que manejo se le dará a los residuos orgánicos, inorgánicos reciclables y que pasará con los clasificados como fracción otros, indicarles de que forma deben clasificar sus RDS domiciliarios, en que color de bolsa, que días y a qué hora se realizará el servicio de recolección.

Específicamente se propone que se realicen 6 talleres dinámicos para que las personas sepan cómo clasificar correctamente los RDS domiciliarios, realicen manualidades con materiales reciclables, conozcan las lombrices coqueta roja y como es que procesan y transforman los residuos orgánicos; la duración de estos talleres será de dos semanas cada uno dirigido a los grupos de mujeres y a la escuela de primaria y secundaria.

Las capacitaciones serán para el personal que estará directamente relacionado con el manejo integrado de los RDS, dentro de estos se encuentra el alcalde auxiliar, la DRM, el servicio de recolección, la persona encargada del manejo de los residuos orgánicos y de almacenar los inorgánicos, personal de la empresa recicladora y el personal de jardinería. Estas deben establecer las responsabilidades de cada uno de los involucrados, que conozcan sobre el lombricompostaje, el reciclaje, como se realizará el manejo integrado de los RDS, y que cada uno aporte ideas y mejoras al plan de manejo, estas capacitaciones serán de duración aproximadamente 8 semanas intercaladas.

Se debe implementar un diplomado con la población en general, que abarque la situación de la aldea en cuanto a los residuos y desechos sólidos, el tema de las

tres R's (reducir, reusar, reciclar), separación, clasificación, reciclaje, compostaje, y dar a conocer el plan de manejo integrado, se debe indicar que se dará un diploma de participación por asistir a las charlas como forma de incentivación. Se propone que sea un diplomado sencillo e interactivo en una duración de 8 semanas, dos días por semana, además debe ser viable para todas las personas que trabajan o no pueden en ciertos horarios.

6.3.2. Sistema de recolección

Para la recolección y transporte de los residuos y desechos sólidos se propone que esté a cargo del personal que actualmente realiza este trabajo, que consta de dos personas con permiso de la municipalidad de Santiago Sacatepéquez. Sin embargo, para que el manejo de los RDS en la aldea se logre con mayor eficiencia se propone que estas dos personas sean contratadas por la municipalidad con plaza fija y así capacitarlos para un mayor control de la recolección y transporte.

La ruta de recolección propuesta para los RDS (orgánicos, inorgánicos reciclables e inorgánicos fracción "otros") fue establecida para una mayor facilidad de recolección tanto para el vehículo como para las viviendas, de este modo se estableció que el vehículo inicie la ruta por la entrada de la aldea en el sector 1, después pase por el sector 2 del lado sur hasta llegar al sector 4, que es el sector dónde las viviendas se encuentran más distribuidas, y existe menor densidad poblacional. Después, la recolección pasaría por el sector 3, dónde se encuentran la mayoría de viviendas y existe una mayor densidad poblacional; por último, se recolectaría en el sector 2 del lado norte de la aldea, para conducirse y dejar los residuos orgánicos y sólidos que tendrán un manejo en el centro de acopio (figura 31). El vehículo tipo camión de recolección se conducirá a su destino final, que es el relleno sanitario de Villa Nueva manejado por AMSA, dónde actualmente depositan todos los RDS de la aldea San José Pacul (figura 32). Por el servicio del relleno sanitario se pagan Q125 por camionada.

El vehículo propuesto para la recolección debe ser adquirido por la Municipalidad de Santiago Sacatepéquez, debe ser un vehículo tipo camión caja abierta, ideal para áreas donde el volumen de residuos y desechos no es muy grande, es de bajo costo, pero es importante que se evite el esparcimiento de la basura por lo cual se debe instalar un toldo fácilmente plegable, limitando la altura de los RDS, además no se debe sobrecargar el vehículo y se debe tener precaución al conducirlo. La capacidad de este tipo de vehículo generalmente es de 8 a 16 m³, en un máximo de capacidad de 350 kg/m³ (Secretaría de Desarrollo Social; Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda; Dirección General de Infraestructura y Equipamiento, 1997), comparando con el volumen de la basura que es de 372.27 kg/m³, es conveniente que el vehículo después de realizar la recolección en el sector 1, deposite los residuos (orgánico e inorgánicos reciclables) en el centro de acopio, y después prosiga con la recolección en el sector 2, 4 y 3, y por último llegue de nuevo al centro de acopio.

La distancia recorrida por el vehículo dentro de la aldea San José Pacul durante la recolección de los RDS es de 4.05 kilómetros, el vehículo utiliza combustible regular, el cual se encuentra a un precio de Q21.22/galón, por cada viaje realizado en la recolección, transporte y disposición final se gastan Q75. La distancia entre la Aldea San José Pacul y Villa Nueva es de aproximadamente 25.2 km, y el tiempo de recorrido normalmente es de 55 minutos.

Debido a que existen viviendas que se encuentran en caminos no accesibles para vehículos, principalmente en el sector 2 y 3, los habitantes de estas viviendas deberán llevar sus RDS al camino principal donde se encuentre el vehículo, actualmente las familias que pagan por el servicio de recolección y donde no llega el vehículo deben llevar sus RDS a este camino, por lo tanto esto no sería un inconveniente para estas familias. Un aspecto importante que se analizó es que esta ruta de recolección sea accesible para los cuatro sectores que conforman la aldea, ya que como se pudo determinar a través de las encuestas, hay personas que desconocen del actual servicio de recolección en la aldea, por lo tanto la existencia

de dicho servicio y la ruta deben ser informados en los talleres, capacitaciones y diplomado que se propusieron anteriormente.

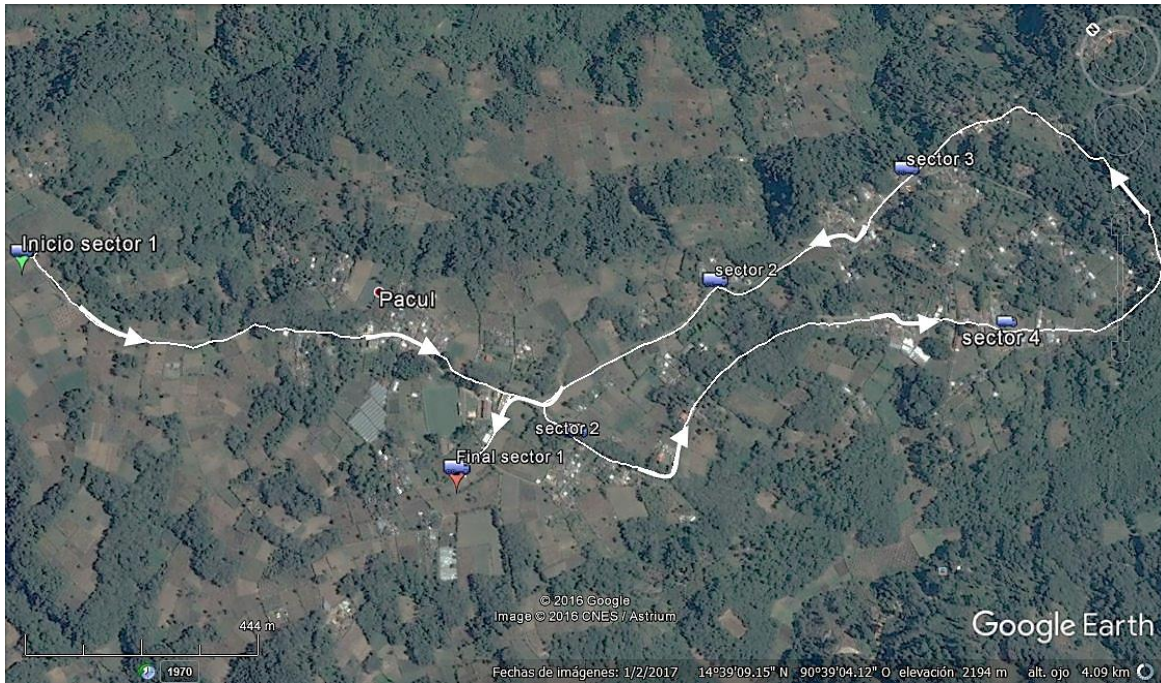
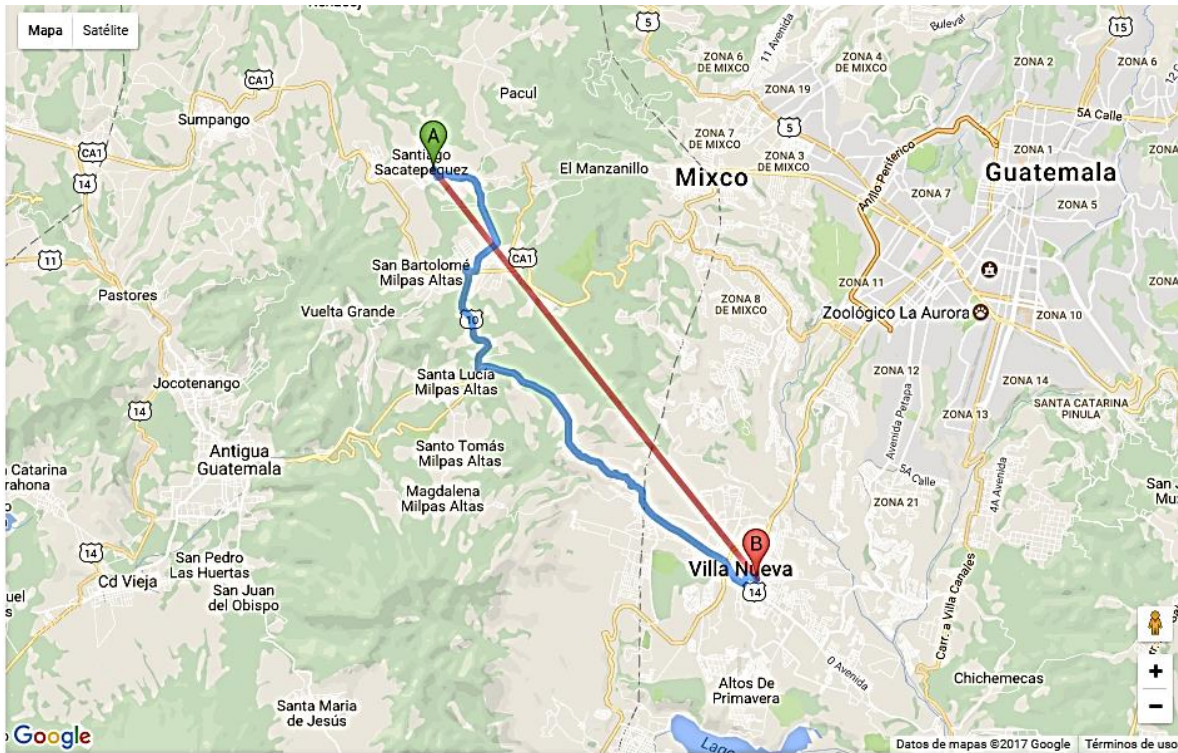


Figura 31. Ruta de recolección residuos y desechos sólidos domiciliarios (Google Earth, 2016)



Santiago Sacatepéquez Coordenadas GPS: 14.63528,-90.67639 - Villa Nueva Coordenadas GPS: 14.52694,-90.5875

Figura 32. Transporte de desechos sólidos a relleno sanitario de Villa Nueva (AMSA) (Google Earth, 2016)

6.3.3. Almacenamiento de los Residuos Sólidos

Para el almacenamiento de los residuos sólidos inorgánicos reciclables y el compostaje de los residuos orgánicos se propone la construcción de un centro de acopio sencillo con las siguientes características: block, techo de lámina, y el piso de concreto debido a los lixiviados que se generaran en el lombricompostaje, con una medida aproximada de 9 metros largo * 8.50 metros ancho, tomando en cuenta el espacio necesario para el precompostaje (4 metros x 3 metros), las 13 aboneras (9 metros x 4.75 m) y para el almacenamiento de los residuos reciclables (3 metros x 2 metros) y el espacio necesario para posicionar los insumos y materiales, ubicándolos estratégicamente para reducir espacio y costos (anexo 53).

Debe contar con ventilación para que la luz natural, se propone la instalación de 4 ventanas de metal con vidrio de esta forma el uso de luz eléctrica será mínimo,

también se evitaran malos olores debido a la descomposición de lo orgánico. El costo de la construcción sería de Q37,090.00 y la mano de obra Q11,127.00. Estará ubicada en el sector uno, en el sur de la aldea dónde la densidad de viviendas es menor y existe una mayor actividad agrícola, siendo su ubicación ideal para evitar molestias a las viviendas.

Los RS reciclables deben ser almacenados en el centro de acopio después de ser recolectados en las viviendas hasta que llegue la empresa de reciclaje. Para el caso de los RS orgánicos, se deben llevar al centro de acopio para realizar el precompostaje; los RS reciclables deben estar separados y clasificados por cada categoría. La construcción debe estar identificada adecuadamente tanto en la parte interior, especificando el área para lo inorgánico reciclable, en la parte dónde se realice el precompostaje y compostaje con orgánico, en la parte exterior debe identificarse para que la comunidad conozca que la construcción forma parte del manejo de los residuos y desechos sólidos.

La recolección de lo reciclables se realizó en base a la caracterización, la generación de estos es de 135.68 kg/día, 949.76 kg/semana (2093,86 lbs/semana) (9.50 quintales/semana) y una densidad de 80.16 kg/m³, por parte de la recicladora propuesta "Dios Proveerá", según se indico puede ser por cualquier cantidad, dependiendo de esto, se determina el tamaño del vehículo, por aspectos de logística se recomienda que la recolección por parte de la recicladora sea una vez por semana, siendo está los días viernes.

6.3.4. Recipientes de Residuos y Desechos Sólidos

Para almacenar los RDS que se generan fuera de las viviendas, es decir calles y centros de recreación, se propone la instalación de nuevos recipientes ya que los instalados actualmente se encuentran en mal estado como se puede observar en el anexo 47. En el parque de la aldea existen tres basureros de metal en estado oxidado y con la parte de abajo abierta por lo que la basura es arrastrada por el viento y agua, así como por animales e insectos, la razón del estado de los

recipientes es que cada tres días o cada semana queman la basura dentro de ellos, además de la falta de mantenimiento y cuidado de los mismos.

Para determinar el tamaño y volumen de los recipientes se tomó como base la generación y densidad de cada categoría caracterizada, también el lugar más transitado y frecuentado por los habitantes. Se propone la instalación de tres recipientes en el parque de la aldea ubicados estratégicamente, ya que los habitantes transitan frecuentemente y puedan visualizarlos fácilmente, además el diseño de los mismos se escogió con el fin de atraer la atención de las personas. El color de cada recipiente se determinó de la misma manera que fue realizada la caracterización, dándole facilidad a los habitantes para saber cómo clasificar los residuos y desechos.

Se proponen tres opciones para los recipientes a instalar en el parque de la aldea San José Pacul, la primera opción se muestra en la figura 33, el diseño se escogió debido a las características físicas y aspectos de seguridad, al ser de metal se protege de la lluvia y el viento y fuera del alcance de animales. Las medidas son óptimas para la densidad que se genera de RDS para cada categoría. Cada recipiente de basura tiene las siguientes medidas: 0.77 m diámetro, 0.57 m altura y un volumen de 0.150 m³. El costo de esta opción de recipientes propuestos es de Q6,000.00, para la instalación de este diseño es necesario posicionarlo sobre una superficie plana, por lo tanto se debe realizar una plancha de concreto, ya que en el lugar actualmente no existe un espacio de concreto para su instalación, como se observa en la figura 33, las medidas serían de 2.30 m largo, 0.70 m ancho y un grosor de 0.15 m, siendo en total un costo de Q2,100.

Como segunda opción se proponen los recipientes de la figura 34 estos recipientes son de material plástico de alta resistencia y poseen ruedas de hule y con seguro para su inmovilidad, la medida de cada recipiente es de 0.60 m diámetro, 0.74 m alto con un volumen de 0.130 m³. El costo de cada uno es de Q625, un total de tres recipientes por Q1,875. Al igual que para la opción uno se propone la

implementación de la plancha de cemento para posicionarlos con mayor seguridad y visibilidad para las personas, esto con un costo de Q2,100.

La tercera opción propuesta se observa en la figura 35 se escogió para tener una opción más económica ya que esto reduciría el costo de implementación del plan de manejo integral de RDS. El material de los recipientes es de plástico de color negro y con el texto e imagen del color destinado para la separación, cada uno tiene un costo de Q150 siendo un total de Q450 por recipientes. El volumen de cada recipiente es de 0.130 m³, las medidas son 0.67 m ancho y 0.98 m alto. Para la instalación de estos recipientes se propone que sea también sobre una superficie plana de cemento como la indicada anteriormente con un valor de Q2,100, esto se propone para asegurar que los tres recipientes tengan mayor seguridad y sean visibles para las personas.

Para cualquiera de las opciones descritas anteriormente se deben posicionar tapaderas con el objetivo de restringir los tipos de basura en cada recipiente, se recomienda para el recipiente orgánico una tapadera redonda permitiendo únicamente el depósito de restos de comida, jardín, hojarasca (anexo 54). Para los residuos reciclables se recomienda una tapadera tipo balancín para que los materiales PET, vidrio, latas de aluminio, papel y cartón puedan ser depositados (anexo 55) y para el recipiente no reciclable donde se depositaran los desechos ordinarios se recomienda una tapadera tipo cuadrada permitiendo únicamente el paso de material como duroport, tetrabick, bolsas de frituras, etc (anexo 56).

Para el recipiente de los RS orgánicos se propone el color verde, la generación es de 253.32 kg/día y la densidad de esta categoría es de 277.73 kg/m³ (0.30 m diámetro, 0.38 m altura, 0.027 m³ volumen), el recipiente será para los residuos destinados para el abono de la lombriz coqueta roja (lombricompostaje).

El recipiente de los RS inorgánicos será de color negro, la generación actualmente es de 135.83 kg/día y una densidad de 80.16 kg/m³ (0.59 m diámetro, 0.25 m altura,

0.069 m³ volumen). En este recipiente serán clasificados todos los residuos que son reciclables. En las charlas se debe informar a las personas la importancia que estos estén limpios para el proceso de reciclaje.

El último recipiente de los desechos clasificados como fracción "otros". Estos son los desechos que serán llevados al basurero de Villa Nueva, con una generación de 182.13 kg/día y densidad de 73.15 kg/m³ (0.59 m de diámetro, 0.45 m altura, 0.123 m³ de volumen).



Figura 33. Primer diseño propuesto para recipientes de RDS



Figura 34. Segundo diseño propuesto para recipientes de RDS



Figura 35. Tercer diseño propuesto para recipientes de RDS

6.3.5. Residuos orgánicos

Para el manejo de los RS orgánicos se propone el método de lombricompostaje, este consiste en la utilización de la lombriz californiana especie coqueta roja (*Eisenia foetida*) para convertir los residuos orgánicos en abono, este abono es

conocido de primera calidad. El manejo de lo orgánico es muy importante ya que es la mayor generación en la aldea, y como se pudo determinar cualitativamente, en su mayoría son restos de frutas y verduras, estos al descomponerse generan lixiviados, altos contaminantes para el ambiente y la emisión de gases de efecto invernadero (metano).

Características de un buen lombricompostaje

- Poroso y desmenuzable
- pH neutro o cercano a la neutralidad
- Buena capacidad de retención hídrica
- Color marrón oscuro característico
- No se reconocen los materiales iniciales (RS orgánicos)
- Temperatura no mayor a 35°C
- Sin malos olores (Díaz, 2002)

Precompostaje de residuos orgánicos

El precompostaje se debe realizar previamente a la etapa de compostaje, es decir antes de incorporar las lombrices, se propone que se realice en un período de dos meses, con el objetivo de nivelar los nutrientes, reducir la humedad, evitar o eliminar malos olores y la aceleración al proceso de degradación y posteriormente se podrá agregar las lombrices. En el precompostaje se debe tener presente el cuidado para evitar que depredadores de las lombrices lleguen a invadir (hormigas, zompopos, gusanos, ratones).

Para prepararlo se coloca una capa de 25 cm de alto aproximadamente de residuos y desechos carbonatados (hojas secas, aserrín, papel picado), después se procede a colocar lo orgánico en una capa de 15 cm y por último una capa fina de tierra, intercalándolas para llegar a 1.5 a 2 m. Esto favorecerá la relación C/N que idealmente debe ser de 26 y 35. Se puede poner abajo y cubrir con plástico negro para evitar la intervención de animales e insectos, y mantener la humedad con los

lixiviados pero se debe tener cuidado con la aireación y temperatura debido a la descomposición que se lleva a cabo.

Los RS orgánicos deben ser troceados en su mayoría, quedando un 10% en pedazos más grandes para evitar la compactación y favorecer la aireación, es decir se evita la anaerobiosis, se debe ir mezclando cada cierto tiempo, evitando así el olor a ácido sulfhídrico, metano o sulfuro de carbonilo.

Sustrato para aboneras

En las aboneras debe colocarse el sustrato del compostaje aproximadamente de 20 a 25 cm, colocar las lombrices y una capa de materia orgánica cubriendo por último con una capa de tierra negra. De igual manera se debe llevar un control de los factores y parámetros como la aireación, temperatura (25°C), humedad para evitar que las lombrices reduzcan su actividad y/o mueran (Xicará, 2016).

Lugar propuesto

Para la instalación del sistema de compostaje se propone que realice en el sector 1 de la aldea San José Pacul ya que es donde se tiene más área libre de infraestructura dónde no transitan muchas personas ni automóviles y los terrenos tienen uso agrícola. Se debe construir el centro de acopio que se mencionó anteriormente para tal fin con capacidad para instalar 13 aboneras y espacio necesario para el precompostaje. La necesidad de que las aboneras se encuentran bajo techo se debe a las características climáticas del lugar ya que es una aldea con bastante viento, clima templado y en muchas ocasiones con caída de granizo o escarcha, de esta forma se tendrá mayor seguridad para mantener las condiciones óptimas.

Aboneras

Estas serán cajas de madera en forma de V para mayor facilidad de manejo, se propone que el tamaño de cada una sea de 1.5 m ancho * 1.5 m largo * 1.5 m altura, instalando en total 13 aboneras para el lombricompostaje con el objetivo que al total

de la generación de residuos orgánicos dentro de la aldea se le pueda dar un manejo adecuado, con un costo total de Q1,105.00. Se deben aplicar 2.5 kilogramos de lombrices por m², con un total de 65 kg para las 13 aboneras, a un costo total de Q6,500.00, siendo un costo total para las aboneras y lombrices de Q7,605.00. Las aboneras tendrán un drenaje adecuado para el manejo de los lixiviados, teniendo un grado de inclinación y recipientes para su recolección.

Obtención del compostaje

El compostaje ya estará listo cuando se observe un color negro azabache y un olor muy similar a bosque con árboles de hojas caducas, esto dura alrededor de unos 3 meses, dependiendo de los factores, cantidad de lombrices (Díaz, 2002). Para el presente proyecto se propone que la obtención del compostaje sea cada 45 días debido a que las características del compostaje lo permiten.

Para extraer las lombrices del compostaje, se procederá a agregar compost con alimento de esta manera las lombrices llegan y se amontonan en un lugar determinado para ser extraídas alrededor de 3 a 5 días (Díaz, 2002). Al retirar el compostaje es importante colocarlo sobre un plástico bajo sombra, para evitar que los rayos del sol perjudiquen la actividad microbiana, para deshidratarlo (50% de humedad). El ácido húmico (lixiviado) que se genera puede ser utilizado hasta tres meses después para el sector agrícola como abono líquido (FAO, 2004).

El lombricompostaje con una humedad aproximada del 50% al ser retirado será almacenado en sacos mientras que el lixiviado será envasado dentro del centro de acopio.

Capacidad máxima del proceso de compostaje

$$\text{Volumen máximo} = \text{base} * \text{altura} * \text{largo}$$

$$\text{Volumen máximo} = 1.5 \text{ m} * 1.5 \text{ m} * 1.5 \text{ m}$$

$$\text{Volumen máximo} = 3.38 \text{ m}^3 / \text{abonera}$$

$$\text{Ingreso diario máximo} = \frac{\text{Volumen máximo} * \text{Densidad}}{\text{Días de retención}}$$

$$\text{Ingreso diario máximo} = \frac{43.94 \text{ m}^3 * 277.73 \text{ kg/m}^3}{45 \text{ días}}$$

$$\text{Ingreso diario máximo} = 271.19 \text{ kg/día}$$

Las aboneras tendrían una capacidad máxima de convertir 271.19 kg/día de residuos orgánicos en lombricompostaje, es decir 98,984.35 kg/año (98.98 toneladas/año), al comparar con los 252.32 kg/día que se generan en la aldea se puede determinar que las aboneras tendrían 6.96% (18.87 kg/día) extra de su capacidad para convertir lombricompostaje.

El humus de lombriz (abono), lixiviado y las lombrices pueden ser comercializados en la aldea San José Pacul y Santiago para los cultivos de la aldea como hortalizas, flores, frutales, una opción viable sería a través de la organización agrícola conocida como Cooperativa Agrícola Integral Unión de Cuatro Pinos R.L. la cual tiene como objetivo servir como instrumento y medio para promover el desarrollo agrícola con responsabilidad social, se encuentra y posee sus instalaciones en el centro de Santiago Sacatepéquez (Cooperativa Agrícola Unión Cuatro Pinos , 2011). A continuación se muestra el precio en Quetzales por cada producto que se puede comercializar al implementar el lombricompostaje de los RS orgánicos y la aplicación del abono a los cultivos (cuadro 12).

Cuadro 12. Comercialización de productos

Producto	Precio de venta
Lombricompostaje	Q30.00/quintal
Ácidos húmicos (lixiviado)	Q4.00/litro
Lombrices	Q100.00/kilogramo

(FAO, 2004)

Con el manejo adecuado de los residuos orgánicos y las 13 aboneras instaladas se producirán 989.15 quintales/año de lombricompostaje que podrán ser destinados

para su comercialización. Según (Zacarias, 2002), al realizar los cálculos para el presente proyecto la producción de lombrices sería aproximadamente de 247 kg/año, para la comercialización. Los lixiviados generados serán aproximadamente 6.30 litros/año.

Cuadro 13. Aplicación del abono para hortalizas y frutales

Cultivo	Cantidad
HORTALIZAS	
Hortalizas de hoja (repollo, lechuga)	1 a 2 onzas
Hortalizas de cabeza (coliflor, brócoli, otros)	2 a 3 onzas
Tomate, chile, papa, maíz	4 a 8 onzas
FRUTALES Y CAFÉ	
	80 onzas (5 libras)
FLORES	
	3 a 4 onzas

(CEIBA, 2010)

Para el uso de abono del lombricompostaje en hortalizas se mezcla con la tierra suelta en el hoyo, las hortalizas de hoja como el repollo o lechuga se utiliza de 1 a 2 onzas, para las hortalizas de cabeza como la coliflor, el brócoli, entre otros se utiliza de 2 a 3 onzas, y para el tomate, chile, papa o maíz se utilizan de 4 a 8 onzas, se sigue abonando con la misma cantidad. Para el caso de frutales o café también se debe mezclar con tierra suelta y después trasladarlo al cultivo, el hoyo debe ser de aproximadamente 40 x 40 y 50 cm de profundidad. El abono debe aplicarse cada 6 meses poniendo 5 libras por mata (CEIBA, 2010) para flores de tamaño mediano, se recomienda la aplicación de 3 a 4 onzas por planta (cuadro 13) (Byoearth, 2010).

El manejo y venta de lixiviados se realizará a través de su obtención en las aboneras, como se indicó anteriormente tendrán un grado de inclinación para que los lixiviados se conduzcan hacia un recipiente para su recolección. La recolección del lixiviado será envasado en recipientes debidamente identificados para su traslado a la Cooperativa Unión Cuatro Pinos.

6.3.6. Reciclaje de Residuos Inorgánicos

Los RS inorgánicos caracterizados (PET, vidrio, papel y cartón, aluminio) son reciclables, estos pueden generar un ingreso económico al ser vendidos a empresas recicladoras para realizar el proceso de reciclaje. Además se reduciría el volumen de RDS para el servicio de recolección de basura, y el volumen para AMSA. Se realizó un análisis sobre las empresas en el que se determinaron 6 empresas cercanas a Santiago Sacatepéquez, se tomó en cuenta la ubicación, disponibilidad de transporte para la recolección, el precio y el tipo de material que compran (anexo 17).

La mejor opción es la empresa recicladora “Dios Proveerá” ubicada en Mixco, cuenta con transporte para la recolección en el centro de Santiago Sacatepéquez o en la aldea San José Pacul, sin restricción de mínimo de peso. El precio de compra fue el más alto adquiriendo los cuatro materiales inorgánicos clasificados en la caracterización, el precio de compra por cada material es el siguiente: plástico PET a Q0.50/libra, vidrio a Q0.15/libra, papel y cartón a Q0.40/libra y aluminio (latas) a Q2.50/libra, la rentabilidad por la venta de materiales reciclables con dicha empresa sería de Q4,529.70 mensual, es decir Q54,356.40 al año (anexo 18).

La segunda opción para la venta de estos materiales es la empresa “Evaristo Reyes”, se encuentra cercana a Santiago Sacatepéquez, en Mixco, en la aldea El Manzanillo, dispone de dos vehículos para la recolección, según la cantidad, compra PET a Q0.65/libra, vidrio a Q0.10/libra, papel y cartón a Q0.15/libra y aluminio a Q3/libra. El total de venta con esta empresa sería de Q3,842.40 mensuales y Q46,108.80 anuales. Esta empresa llega a recolectar sin ningún mínimo de peso (anexo 18).

Entre las otras empresas se encuentra la recicladora Miranda, recicladora Génesis Santo Tomás, recicladora La Joya y recicladora Metalenvases; debido a la ubicación más lejana a la aldea San José Pacul, no todas cuentan con servicio de recolección en el caso de reciclaje miranda, además por estar más alejadas el precio de compra

disminuye, tampoco cuentan con la compra de todos los materiales, como el reciclaje miranda que solamente adquiere PET, recicladora La Joya no compra vidrio, y recicladora Metalenvases no compra PET ni vidrio. Por lo tanto las mejores opciones son recicladora Dios Proveera y recicladora Evaristo Reyes respectivamente.

6.3.7. Costos

Cuadro 14. Ingresos por el reciclaje de residuos sólidos

MATERIALES RECICLABLES	CANTIDAD (kg/año)	INGRESOS	
		MENSUAL	ANUAL
PET	9,887.85	Q895.80	Q10,749.60
Vidrio	10,855.10	Q295.20	Q3,542.40
Papel y cartón	25,513.50	Q1,849.20	Q22,190.40
Aluminio	3,266.75	Q1,489.50	Q17,874.00
TOTAL	49,523.20	Q4,529.70	Q54,356.40

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 15. Ingresos por el compostaje de materia orgánica

DESCRIPCION	CANTIDAD (año)	INGRESOS	
		INGRESO MENSUAL	INGRESO ANUAL
Lombricompostaje	989.15 q	Q2,472.90	Q29,674.80
Lixiviados	6.30 L	Q2.10	Q25.20
Lombrices	247 kg	Q2,058.33	Q24,700.00
TOTAL		Q4,533.33	Q54,400.00

Fuente: Elaboración propia

En los cuadros 14 y 15, se encuentra el detalle de los costos estimados, para la implementación y operación del proyecto integral de manejo de residuos y desechos sólidos en la aldea San José Pacul, y se dividen en ingresos por reciclaje, por compostaje, producción de lombrices y venta de lixiviados. Los ingresos totales proyectados por reciclaje son de Q.54,356.40 y por disposición final de materia orgánica son de Q.54,400.00, haciendo un total de Q.108,756.40.

Cuadro 16. Costos de inversión para la fase de implementación del proyecto

INSUMO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	EGRESO ÚNICO
Lombriz coqueta roja	65 kilogramos	Q100.00	Q6,500.00
Aboneras	13 unidades	Q85.00	Q1,105.00
Mano de obra aboneras	13 unidades	Q25.5	Q331.50
Nailon negro aboneras	26 metros	Q8.00	Q208.00
Regaderas	1 unidad	Q12.00	Q12.00
Carreta	1 unidad	Q230.00	Q230.00
Palas	1 unidades	Q55.00	Q55.00
Rastrillo	1 unidades	Q50.00	Q50.00
Rótulo de identificación centro de acopio interior (30 x 30 cm)	5 unidades	Q45.00	Q225.00
Rótulo de identificación centro de acopio exterior, (1m²)	1 unidad	Q775.00	Q775.00
Recipientes clasificados	3 unidades	Q150.00	Q450.00
Lona para vehículo de recolección, Megaflex 9x12 pies	1 unidad	Q480.00	Q480.00
Plancha de cemento para recipientes	1 unidad	Q1,500.00	Q1,500.00
Mano de obra plancha de cemento	1 unidad	Q600.00	Q600.00
Materiales de construcción para centro de acopio	1 unidad	Q37,090.00	Q37,090.00
Mano de obra centro de acopio	1 unidad	Q11,127.00	Q11,127.00
Compra de vehículo	1 unidad	Q150,000.00	Q150,000.00
TOTAL EGRESOS			Q210,738.50

Fuente: Elaboración propia

Se requiere de una inversión inicial para el proyecto, que incluye infraestructura y equipo básico de operación para la abonera y centro de acopio, lombrices coqueta roja, compra e insumos del vehículo de recolección.

Cuadro 17. Costos fijos para la operación del proyecto

COSTOS FIJOS	CANTIDAD	COSTO	EGRESO FIJO MENSUAL	EGRESO FIJO ANUAL
Mascarillas	1 caja	Q190.00	Q31.67	Q380.00
Guantes de hule	2 par	Q35.00	Q5.83	Q70.00
Guante (manejo de basura)	2 pares	Q48.35	Q8.06	Q96.70
Botas de hule	3 pares	Q65.00	Q16.25	Q195.00
Salario empleados servicio de recolección	2 empleados	Q2,360.11	Q.4,720.22	Q56,642.64
Salario empleado de compostaje	1 empleado	Q2,360.11	Q2,360.11	Q28,321.32
Gasolina regular	1 viaje	Q75.00	Q300.00	Q3,600.00
Mantenimiento vehículo	1 vehículo	Q85.00	Q85.00	Q1,020.00
Mantenimiento recipientes de basura	3 unidades	Q7.50	Q7.50	Q90.00
Mantenimiento de centro de acopio	1 unidad	Q221.00	Q221.00	Q2,651.94
Mantenimiento de aboneras	13 unidades	Q29.17	Q29.17	Q350.00
Bolsas plásticas medianas para basura	1,420 unidades	Q0.87	Q1,235.40	Q14,824.80
Bolsas plásticas grandes para basura	2,840 unidades	Q1.14	Q3,237.60	Q38,851.20
TOTAL EGRESOS FIJOS			Q12,257.80	Q147,093.60

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 17 se muestran los costos fijos. El primer rubro a mencionar son los sueldos de 3 empleados bajo contratación municipal, cada uno con el salario mínimo y con prestaciones laborales (Bono 14, aguinaldo, IGSS); la asignación específica será la siguiente: 1 para área de compostaje y almacenamiento de reciclaje y 2 para

el servicio de recolección y transporte de los RDS. Para la recolección se requiere combustible y mantenimiento del vehículo. A su vez, se incluyó el mantenimiento de los recipientes, centro de acopio y aboneras. Por último se determinó el costo de las bolsas plásticas de basura que serán entregadas a las 355 familias que conforman la aldea. Se propone que las bolsas sean entregadas por parte del proyecto a las viviendas desde el inicio del mismo y durante un periodo de 1 año, para que se logre que los habitantes de la aldea participen y esto no sea un conflicto. Después de este tiempo este costo será cubierto por las familias, disminuyendo así el mismo para la operación del proyecto. El total aproximado de costos fijos será de Q.12,257.80 mensuales y Q.147,093.60 anuales.

Cuadro 18. Resumen de ingresos y egresos para la fase de operación del proyecto del primer año

INGRESOS	Cantidad	Subtotal	Total
Reciclaje	Q54,356.40		
Compostaje	Q54,400.00		
TOTAL INGRESOS		108,756.40	
EGRESOS			
TOTAL EGRESOS		Q147,093.60	
FIJOS			
SALDO (-)			Q38,337.20

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 19. Resumen de ingresos y egresos para la fase de operación del proyecto del segundo año en adelante

INGRESOS	Cantidad	Subtotal	Total
Reciclaje	Q54,356.40		
Compostaje	Q54,400.00		
TOTAL INGRESOS		Q108,756.40	
EGRESOS			
TOTAL EGRESOS		Q93,417.60*	
FIJOS			
SALDO (+)			Q15,338.80

Fuente: Elaboración propia

**Nota: Se eliminó el costo de las bolsas.*

6.3.8. Análisis financiero

Los ingresos por la venta del reciclaje de residuos sólidos inorgánicos serían de Q54,356.40 anuales, a través empresa recicladora “Dios proveerá” quien es la que compra a precios más atractivos los cuatro materiales (PET, Papel y cartón, vidrio y aluminio) (Cuadro 14).

La comercialización de los subproductos de lombricompostaje generarían aproximadamente Q54,400.00, que incluyen el compost, lixiviados y la venta de lombrices. Estos costos se calcularon teniendo un buen rendimiento de las aboneras, para obtener productos de alta calidad (cuadro 15). La empresa local denominada Agrícola Unión Cuatro Pinos, comercializa insumos agrícolas y orgánicos. Se propone que la misma se encargue de la compra y distribución de estos subproductos. El precio por la venta de estos subproductos se obtuvo de la empresa Fulimagro, ubicada en Chimaltenango y de la FAO.

Los egresos detallados se presentan en el cuadro 16 y cuadro 17, estos fueron divididos como costos de inversión y fijos. Los primeros serán ejecutados en aproximadamente un año (Q210,738.50). Cabe mencionar que en materia ambiental no se manejan variables económicas de la Tasa interna de Rentabilidad

(TIR) y Valor actual neto (VAR) y la recuperación de la inversión. El enfoque es de costos evitados por denuncias de contaminación y remediación de daños ambientales. La contaminación por la falta de manejo y disposición final de los RDS genera a largo plazo altos costos por la recuperación de suelos, la restauración del paisaje, la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas.

Los costos fijos, corresponden al período de operación del proyecto (Q147,093.60 anuales).

En el cuadro 18 se observan los ingresos y egresos para la fase de operación del proyecto del primer año; el total de ingresos es de Q108,756.40 (reciclaje y subproductos de lombricompostaje) y los egresos de Q147,093.60 (costos fijos), generando un saldo negativo total de Q38,337.20. Sin embargo, a partir del segundo año cuando la población ya invierta en sus bolsas plásticas se generará un ingreso modesto para la municipalidad de Q15,338.80 anuales.

Actualmente el servicio de recolección en la aldea San José Pacul está a cargo de un servicio de recolección privado, hasta el momento la Municipalidad no cuenta con ningún costo destinado para esto, por lo tanto, los costos de implementación y operación del proyecto de manejo de residuos y desechos sólidos deben ser cubiertos por la Municipalidad de Santiago Sacatepéquez ya que según las leyes establecidas en el país es responsabilidad de cada Municipalidad el manejo, recolección, transporte y tratamiento de los residuos sólidos municipales; además cabe mencionar que el presente proyecto no tiene un enfoque económico o comercial, su propósito es la inversión ambiental y social y el mejoramiento de la calidad del ecosistema de la Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux.

7. CONCLUSIONES

1. Durante el diagnóstico en la aldea San José Pacul se determinó que existe contaminación ambiental por la mala disposición final de los RDS, los sitios de mayor contaminación es en el río conocido como agua bendita y el nacimiento del río Pansalíc, en las calles principales y en los diversos nacimientos de agua, en el parque de la aldea varias personas utilizan la queman como disposición final.
2. En la aldea San José Pacul no existe una cultura ambiental de clasificación y reciclaje, la mayoría de personas desconocen las normas que deben cumplir por estar ubicados en el área protegida Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux generando mayor dificultad con la conservación y protección del área protegida.
3. La generación total de residuos y desechos sólidos domiciliarios en la aldea San José Pacul es de 570.13 kg/día, los RS orgánicos 252.32 kg (44%), los DS fracción “otros” 182.13 kg (32%) y RS inorgánicos reciclables 135.83 kg (24%).
4. El 75% de los habitantes de San José Pacul reconocen que existe contaminación ambiental en la aldea debido a la mala disposición final, principalmente por que tiran la basura en la calle, en los nacimientos de agua y esto provoca plagas y enfermedades; el 94% de la población está dispuesta a colaborar en solucionar dicho problema y participar en el manejo integrado de RDS.
5. La disposición final de los RDS en la aldea San José Pacul es principalmente la quema por el 35% de la población y el 17% la entierra, ambas actividades están prohibidas dentro del área protegida según la normativa de la Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux.
6. La mala disposición final en la aldea San José Pacul está provocando propagación de plagas y enfermedades, contaminación ambiental y una pérdida económica por la falta de un manejo adecuado de los residuos y desechos sólidos.

7. El plan de manejo de RDS domiciliarios para la aldea San José Pacul propone brindar educación ambiental, implementar un sistema de recolección, instalación de nuevos basureros en el parque de la aldea, instalar aboneras para realizar lombricompostaje, realizar venta de los residuos inorgánicos reciclables y los subproductos del compostaje.
8. La generación de RDS en la aldea San José Pacul no es de un gran volumen (431.04 kg/m³), debido a que pertenece al área rural y patrones de consumo, teniendo mayor facilidad para un manejo integrado, como el almacenaje, transporte y disposición final, así como menor costo de implementación para dicho manejo; sin embargo se debe tomar en cuenta el crecimiento poblacional y de consumo como se indicaron en las proyecciones de generación.
9. Actualmente se está generando un total de 208.10 toneladas de residuos y desechos sólidos al año, de estos lo orgánico e inorgánico reciclable son 141.62 toneladas, con la implementación del plan de manejo integrado de residuos y desechos sólidos se evitará lleguen al relleno sanitario o tengan una mala disposición final, debido al compostaje y reciclaje. Se transportará al relleno sanitario un total de 66.47 toneladas al año de desechos, fracción "otros".

8. RECOMENDACIONES

- Uno de los procesos más importantes previo a implementar el presente proyecto de manejo integrado de residuos y desechos sólidos es la concientización y educación ambiental por parte de la Dirección Regional Metropolitana (DRM) para lo cual es necesario que se asignen técnicos como apoyo a la educación ambiental para mayor eficiencia del proyecto.
- Se recomienda realizar una caracterización tomando en cuenta otras categorías como puede ser otra clasificación de residuos y desechos plásticos, de talleres mecánicos, electrónicos, además incluir la escuela de primaria y secundaria ya que estos pueden tener un proceso de reciclaje y/o reuso.
- Es importante divulgar a los pobladores de la aldea San José Pacul previamente a la implementación del proyecto para evitar conflictos sociales.
- A largo plazo implementar el presente proyecto a otras aldeas que conforman el área protegida Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux, para reducir y evitar la contaminación ambiental por la mala disposición de los residuos y desechos sólidos.
- La Municipalidad de Santiago Sacatepéquez y la DRM pueden buscar fondos de la cooperación internacional para la inversión inicial o a través de SEGEPLAN o el Instituto de fomento Municipal (INFOM) para la adquisición del vehículo de recolección.
- Se propone que los ingresos que se obtengan del plan integral de manejo de los residuos y desechos sólidos sean utilizados para campañas de sensibilización en la aldea San José Pacul enfocadas a la reducción, reutilización y reciclaje.

9. BIBLIOGRAFIA

- Barrios, J. (2005). *Nuevo edificio municipal para el municipio de Los Amates, Departamento de Izabal*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Benavente, L. (2012). *Propuesta técnica para manejo de los desechos sólidos generados en el sector del mercado del municipio de san Juan Comalapa, Chimaltenango*. Guatemala: Universidad Rafael Landívar. Obtenido de <http://biblio3.url.edu.gt/Tesis/2012/06/15/Benavente-Lourdes.pdf>
- Byoearth. (2010). *Byoearth*. Recuperado el 01 de Marzo de 2017, de <http://www.byoearth.com/lombricompost>
- Castañeda, J., Gálvez, J., & Tuy, H. (2012). Síntesis de la situación socioecológica del país. En R. N. IARNA-URL (Instituto de Agricultura, *Perfil ambiental de Guatemala 2010-2012: vulnerabilidad local y creciente construcción de riesgo* (págs. 161-179). Guatemala: IARNA-URL.
- CEIBA. (2010). La agricultura orgánica, El Lombricompost. Guatemala. Recuperado el 20 de 03 de 2017, de <http://ceibaguatemala.org/estudiosypublicaciones/Soberaniaalimentaria/Trifoliare s/Lombricompost%20color.pdf>
- Chelei, G. (26 de Octubre de 2016). Aldea San José Pacul. (K. Palma, Entrevistador)
- Congreso de la República de Guatemala. (1986). Ley de Protección y Mejoramiento del medio ambiente: Decreto 68-86. República de Guatemala.
- Congreso de la República de Guatemala. (1996). Código Civil: Decreto 106. República de Guatemala.

Congreso de la República de Guatemala. (1997). Acuerdo gubernativo 700-97. República de Guatemala.

Congreso de la República de Guatemala. (1997). Código Salud: Decreto 90-97. República de Guatemala.

Congreso de la República de Guatemala. (1997). Decreto 41-97. República de Guatemala.

Congreso de la República de Guatemala. (2002). Código Municipal: Decreto 12-2009. República de Guatemala.

Congreso de la República de Guatemala. (2005). Política Nacional para el manejo integral de los residuos y desechos sólidos 11-2005. República de Guatemala.

Congreso de la República de Guatemala. (2016). Ley para la gestión y manejo integral de los residuos y desechos. República de Guatemala.

Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de Santiago Sacatepéquez y Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, Dirección de Planificación Territorial. (2010). *Plan de Desarrollo de Santiago Sacatepéquez, Sacatepéquez*. Guatemala: SEGEPLAN/DPT.

Consejo Nacional de Áreas Protegidas. (2010). *Consejo Nacional de Áreas Protegidas*. Obtenido de <http://www.conap.gob.gt/>

Consejo Nacional de Áreas Protegidas. (2010). *Plan maestro Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux*. Guatemala.

Consejo Nacional de Áreas Protegidas. (2016). *Consejo Nacional de Áreas Protegidas*. Obtenido de <http://www.conap.gob.gt:81/alux/>

Consejo Nacional de Áreas Protegidas-Unidad Técnica Cordillera Alux. (s.f.). Organigrama Unidad Técnica Cordillera Alux.

Cooperativa Agrícola Unión Cuatro Pinos . (2011). *Cooperativa Cuatro Pinos*. Obtenido de <http://www.cuatropinos.com.gt/>

De La Cruz, J. R. (1982). *Clasificación de Zonas de vida a nivel de Reconocimiento*.

Díaz, E. (2002). *Lombricultura Una alternativa de Producción*. Nicaragua: Agencia de Desarrollo Económico y Comercio Exterior.

Enríquez, S. (2014). *Efecto de las Amenidades Ambientales de la Cordillera Alux sobre el precio de las viviendas, con enfoque de Precios Hedónicos*. Guatemala: Universidad San Carlos de Guatemala.

FAO. (Octubre de 2004). *Elaboración de lombricompost*. Guatemala, Guatemala.

Flores, J. (2009). *Estudio de caracterización de los residuos sólidos*. El Salvador. Obtenido de http://biblioteca.utec.edu.sv/siab/virtual/elibros_internet/55777.pdf

Google Earth. (2016).

Hernández, K. (2014). *Modelo de Vivienda Sustentable para el Área Protegida Cordillera Alux San Lucas, Sacatepéquez*. Guatemala: USAC.

IARNA-URL y TNC. (2013). *Bases técnicas para la gestión del agua con visión de largo plazo en la zona metropolitana de Guatemala*. Guatemala: Instituto de

Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar y The Nature Conservancy.

INE. (2002). *Censo Nacional de Población y VI de habitación*. Guatemala: Instituto Nacional de Estadística.

Instituto Nacional de Estadística. (2013-2016). Tema/indicadores. Guatemala.

Medina, B., Arrecis, M., Sobenes, A., & Castañeda, L. (2013). *Sistematización de Experiencias de Pago Por Servicios Ambientales en Guatemala*. Guatemala: USAID.

Méndez, C. (2008). *Centro de Datos para la Conservación*. Guatemala: Universidad San Carlos de Guatemala.

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. (2015). Política Nacional para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos, Acuerdo Gubernativo 281-2015. República de Guatemala.

Morales, R. (2004). Panorama del medio ambiente en Guatemala: Desechos sólidos. En U. R. Ambiental, *Perfil ambiental de Guatemala: informe sobre el estado del ambiente y bases para su evaluación sistemática* (págs. 207-217). Guatemala: URL-IARNA.

Museo de Santiago Sacatepéquez. (25 de Octubre de 2016). Sacatepéquez, Guatemala.

Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la salud. (1996). *Análisis sectorial de residuos sólidos en Guatemala*. Washington D.C.: Serie Análisis sectorial 6.

PNUD. (2002). *Objetivos del Milenio: Informe de Avances*. Guatemala: Procuraduría de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

Secretaría de Desarrollo Social; Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda; Dirección General de Infraestructura y Equipamiento. (1997). *Manual para el diseño de rutas de recolección de residuos sólidos municipales*. México, D.F: Secretaría de Desarrollo Social.

SEGEPLAN. (2009). *Mapeo Participativo*. Guatemala: Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia.

Tchobanoglous, G., Theissen, H., & Eliassen, R. (1982). *Desechos sólidos: Principios de ingeniería y administración*. Mérida.

Torres, M., Paz, K., & Salazar, F. (2002). *Tamaño de una muestra para una investigación de mercado*. Guatemala: Universidad Rafael Landívar-Facultad de Ingeniería.

URL-IARNA & IIA. (2006). *Perfil Ambiental de Guatemala 2006. Tendencia y reflexiones sobre la gestión ambiental*. Guatemala.

URL-IARNA. (Mayo de 2004). *IARNA*. Recuperado el 06 de Junio de 2015, de http://www.infoiarna.org.gt/index.php/component/docman/doc_download/43-5-situacion-actual-de-manejo-de-los-desechos-solidos-en-el-area-metropolitana-de-guatemala-y-posibles-opciones-de-solucion

URL-IARNA. (2012). *Perfil ambiental de Guatemala 2010-2012. Vulnerabilidad local y creciente construcción de* (Vol. 12). Guatemala.

Xicará, L. (2016). *Propuesta técnica de manejo de desechos sólidos en el campus central de la Universidad Rafael Landívar*. Guatemala: Universidad Rafael Landívar.

Zacarias, O. (2002). *Efecto de la Lombríz Coqueta Roja (Eisenia foetida, Lumbricidae) sobre La calidad nutricional de seis sustratos; Chajul, Quiché* . Quetzaltenango: Universidad Rafael Landívar.

10. ANEXO

Cuadro 20. Disposición de residuos y desechos sólidos domiciliarios por departamento en Guatemala, año 2009

Departamento	Servicio municipal	Servicio privado	Total con servicio	La quema	La tiran en cualquier parte	La entierra	Otros	Total	Porcentaje	Porcentaje con servicio sobre el total	Residuos per cápita (kg/persona)
Guatemala	63,371	257,936	321,309	58,473	45,119	7,239	13,103	445,242	25.5	72.2	146
San Marcos	6,594	5,164	11,758	37,919	50,667	25,644	8,936	134,925	7.7	8.7	138.7
Alta Verapaz	2,267	8,443	10,710	42,341	49,348	13,976	2,001	118,376	6.8	9	113.2
Quiche	2,816	4,147	6,963	20,812	57,079	23,346	5,595	113,795	6.5	6.1	127.8
Huehuetenango	4,501	4,006	8,507	15,280	50,373	17,352	3,565	95,077	5.4	8.9	87.6
Escuintla	13,623	11,538	25,161	51,313	11,522	2,940	2,073	93,008	5.3	27.1	138.7
Quetzaltenango	18,274	4,500	22,777	29,172	16,883	13,754	2,781	85,367	4.9	26.7	113.2
Chimaltenango	6,579	13,634	20,213	23,479	17,061	11,792	7,758	80,304	4.6	25.2	136.7
Suchitepéquez	6,248	9,118	15,367	34,606	14,695	2,450	1,189	68,307	3.9	22.5	138.7

Totonicapán	2,699	987	3,686	19,312	15,144	21,345	2,603	62,089	3.6	5.9	138.7
Jutiapa	2,906	3,795	6,703	26,064	17,634	2,098	1,409	53,908	3.1	12.4	127.8
Izabal	1,643	8,372	10,015	30,461	8,074	1,115	584	50,250	2.9	19.9	127.8
Chiquimula	5,522	3,677	9,199	14,543	22,647	1,608	1,272	49,269	2.8	18.7	138.7
Sololá	8,193	1,180	9,373	7,998	17,164	9,811	2,182	46,528	2.7	20.1	113.2
Santa Rosa	2,813	3,321	6,134	21,545	11,303	1,948	608	41,539	2.4	14.8	124.1
Retalhuleu	3,251	4,073	7,304	24,857	6,787	994	391	40,333	2.3	18.1	138.7
Jalapa	1,646	3,346	4,992	11,008	15,207	6,165	1,147	38,549	2.2	13	127.8
Petén	364	2,055	2,419	22,569	6,272	734	247	32,240	1.8	7.5	54.5
Zacapa	3,617	2,934	6,551	14,695	7,902	520	257	29,925	1.7	21.9	138.7
Baja Verapaz	2,637	644	2,681	9,141	13,142	3,297	918	29,179	1.7	9.2	113.2
El Progreso	537	2,567	3,104	10,937	3,694	811	473	19,020	1.1	16.3	124.1
Sacatepéquez	2,650	6,002	8,653	3,140	2,004	1,894	2,639	18,830	1.1	46	62.1
Total nacional	162,136	361,445	523,580	538,196	459,722	170,529	61,732	1,746,059	100		124.6
Porcentaje del total	9.3	20.7	30.0	30.4	26.3	9.8	3.5	100			

(Castañeda, Gálvez, & Tuy, 2012)

Cuadro 21. Resultados de caracterización de residuos y desechos sólidos

Categorías		Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Total (Kg)	Composición (%)
Orgánico	Orgánico	7.26	4.08	1.81	8.16	4	5	2	32.31	44.25
Inorgánico	PET	0.18	0.45	0.23	0.11	0.5	1	1	3.47	4.75
reciclable	Vidrio	0.27	0	0.91	0.14	2	0.5	0	3.82	5.23
	Cartón y papel	0.91	0.91	0.54	0.09	1.5	3	2	8.95	12.26
	Latas de aluminio	0	0	0	0.45	0.3	0.3	0.1	1.15	1.57
Fracción otros	Otros	1.81	4.53	1.81	3.17	4	3	5	23.32	31.94
Total									73.02	100

Cuadro 22. Comparación de ubicación y precio entre empresas recicladoras

Recicladora	Ubicación	PET	Vidrio	Papel y cartón	Aluminio
Reciclaje Miranda	Zona 2 de Mixco, Colonia La Escudrilla	Q0.65/libra	-	-	-
Recicladora Génesis Santo Tomás	Santo Tomás, Antigua Guatemala	Q0.35/libra	Q0.05/libra	Q0.08/libra	Q2.95/libra
Recicladora Evaristo Reyes	Mixco, Aldea El Manzanillo	Q0.65/libra	Q0.10/libra	Q0.15/libra	Q3/libra
Recicladora Dios Proveerá	Mixco, Guatemala	Q0.50/libra	Q0.15/libra	Q0.40/libra	Q2.50/libra
Recicladora La Joya	Colonia Los Alamos, San Miguel Petapa	Q50/quintal Q0.33/libra		Q40/quintal Q0.18/libra	Q350/quintal Q1.59/libra
Recicladora Metalenvases	Zona 1 de Mixco, Aldea Lo De Coy	-	-	Q25/Quintal Q25/220.4 6 libras	-

Cuadro 23. Rentabilidad de reciclaje por empresa de residuos y desechos inorgánicos

Recicladora	PET	Vidrio	Papel y cartón	Aluminio	Total/mes	Total/año
Reciclaje Miranda	Q38.82	-	-	-	Q1,164.60	Q13,975.20
Recicladora Génesis Santo Tomas	Q20.90	Q3.28	Q12.33	Q58.59	Q2,853.00	Q34,236.00
Recicladora Evaristo Reyes	Q38.82	Q6.56	Q23.12	Q59.58	Q3,842.40	Q46,108.80
Recicladora Dios Proveerá	Q29.86	Q9.84	Q61.64	Q49.65	Q4,529.70	Q54,356.40
Recicladora La Joya	Q19.71	-	Q27.74	Q31.58	Q2,370.90	Q28,450.80
Recicladora Metalenvases	-	-	Q16.95	-	Q508.50	Q6,102.00

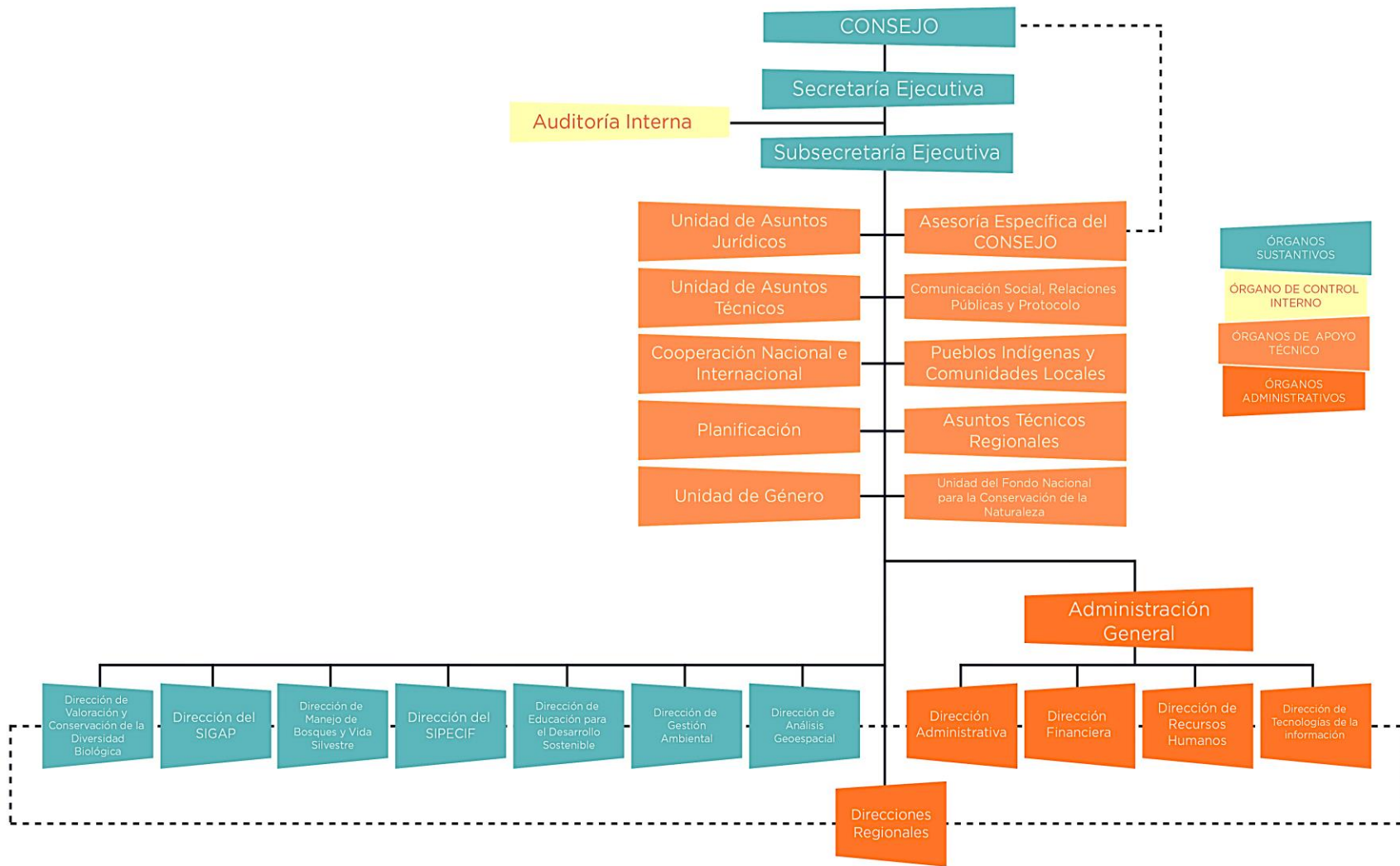


Figura 36. Organigrama de CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, 2010)



Figura 37. Apoyo en educación ambiental dirigido a niños y niñas en la aldea San José Pacul



Figura 38. Proceso de diagnóstico y entrevista a guardarecursos en la aldea San José Pacul



Figura 39. Contaminación del nacimiento "Agua bendita" por el mal manejo de residuos y desechos sólidos en la aldea San José Pacul



Figura 40. Contaminación por el mal manejo de residuos y desechos sólidos cercanos al nacimiento de agua “Agua Bendita” en la aldea San José Pacul

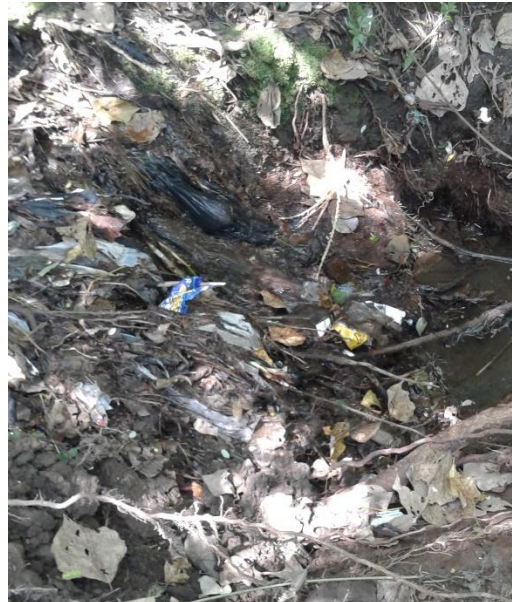


Figura 41. Contaminación por el mal manejo de los residuos y desechos sólidos en nacimiento "Agua bendita", aldea San José Pacul



Figura 42. Contaminación del nacimiento "Agua bendita" por el mal manejo de residuos y desechos sólidos, aldea San José Pacul



Figura 43. Contaminación por el mal manejo de residuos y desechos sólidos en Aldea San José Pacul



Figura 44. Contaminación por la mala disposición final de los residuos y desechos sólidos en barranco de la Aldea San José Pacul



Figura 45. Contaminación de mala disposición final de residuos y desechos sólidos en nacimiento en el parque de la aldea San José Pacul



Figura 46. Quema de residuos y desechos sólidos orgánicos en Aldea San José Pacul



Figura 47. Basurero en mal estado en parque de la Aldea San José Pacul



Figura 48. Jornada de reforestación en la Reserva Forestal Protectora de Manantiales Cordillera Alux, San Pedro Sacatepéquez



Figura 49. Entrega de bolsas para proceso de caracterización



Figura 50. Pesaje de residuos y desechos sólidos durante proceso de caracterización



Figura 51. Caracterización de residuos y desechos sólidos, Aldea San José Pacul



Figura 52. Caracterización de residuos y desechos sólidos, Aldea San José Pacul

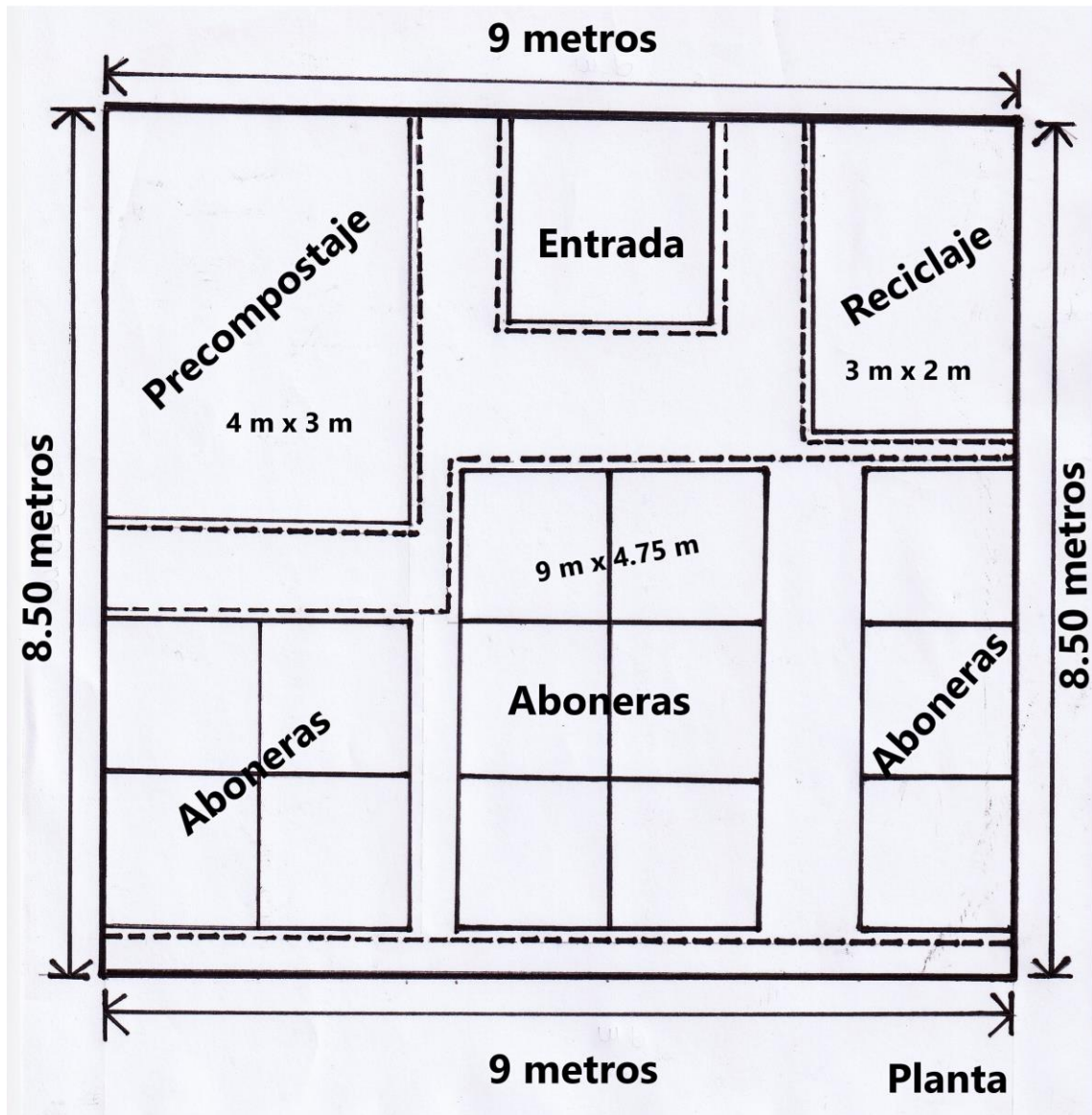


Figura 53. Plano centro de acopio



Figura 54. Tapadera para recipiente de residuos orgánicos



Figura 55. Tapadera para recipiente de residuos reciclables



Figura 56. Tapadera para recipiente de desechos fracción otros

¡Ayudemos a mantener un ambiente saludable!

Los desechos sólidos son todos aquellos cuerpos firmes no útiles después de una actividad o proceso humano.

Las actividades humanas generan dos tipos de desechos sólidos, estas son las actividades de producción y consumo.



¡GRACIAS POR TU VALIOSA AYUDA!

Plan de manejo de los desechos sólidos, San José Pacul



Figura 57. Trifoliar para caracterización



En Guatemala:

La generación de desechos sólidos alcanzan un promedio anual de 116.5 millones de toneladas, y la mayoría son lanzados al suelo y al agua.

Alrededor de 11010,638 toneladas anuales de desechos sólidos son arrojados en basureros ilegales, quemados o enterrados.

La mala disposición final ha generado alta contaminación ambiental y daños a la salud humana,

Caracterización de los desechos sólidos en San José Pacul

La caracterización es una herramienta muy útil para conocer la cantidad, composición y características de los desechos sólidos generados.

De esta manera se puede gestionar ambientalmente el manejo de los desechos sólidos en tu aldea San José Pacul.

QUE TIENES QUE HACER:

Cada día:

- Depositar los desechos orgánicos en la bolsa color verde
- Depositar los desechos inorgánicos en la bolsa negra
- Depositar los desechos no reciclables en la bolsa amarilla

Desechos orgánicos:

Frutas, verduras, alimentos crudos, comida cocida, papel contaminado

Desechos inorgánicos reciclables:

Plástico, papel y cartón, aluminio, bolsas de frituras, vidrio, electrónicos, tetrabick, textiles

Desechos no reciclables:

duroport, papel húmedo, jeringas, agujas, medicamentos, otros



Cualquier duda contactar a:

Ketnia Palma (41509505)

Figura 58. Trifoliar para caracterización

• Características ideales para un proceso de lombricompostaje

Humedad

La humedad óptima de la materia orgánica es 60%, el rango puede ser entre 70 y 40%. Esto a su vez depende que tan fina o gruesa son las partículas del compostaje, mientras más finas son estas partículas, mayor es la retención del agua por lo tanto mayor la humedad inicial debe ser menor (inferior al 60%); mientras más gruesa la humedad inicial necesita ser mayor (superior al 60%). La aireación es mejor que la luz solar para la extracción de humedad, siendo ideal realizar el compostaje en terrenos altos.

Para mantener la humedad en el compostaje se debe realizar el riego por goteo en un período de 3 horas cada 2 días (Díaz, 2002).

Aireación

Es ideal que proliferen los microorganismos aeróbicos ya que los anaeróbicos (fermentación) generan metano, ácido sulfhídrico y amoníaco da como resultado malos olores, larvas y moscas. La pila donde se encuentre el compostaje no debe exceder de 1.2 a 1.5 metros ya que se puede compactar y se genera la anaerobiosis. Por lo tanto es importante que se mezcle el compostaje manualmente ya sea con varillas o palas (Díaz, 2002).

Temperatura

La temperatura óptima es de 60°C, con un rango de 50-70°C, sin embargo la temperatura puede llegar hasta 80°C lo cual ayuda a destruir larvas, huevos, semillas de maleza y organismos patógenos, siempre se debe observar que esta temperatura no se mantenga por muchos días, de lo contrario se daría la pérdida de nitrógeno.

Para elevar la temperatura se puede utilizar material rico en nitrógeno, además el plástico polietileno ayuda a mantener la temperatura elevada. Las dimensiones de la pila tienen influencia sobre la pérdida de calor, mientras más largas y altas tienen una exposición menor y una mayor relación volumen/área, perdiendo menor calor (Díaz, 2002).

Relación Carbono/Nitrógeno

Para los microorganismos el Carbono es una de las principales fuentes de energía, mientras que el Nitrógeno es importante para la síntesis proteica. Un adecuado crecimiento y reproducción de microorganismos requieren de una relación adecuada entre C y N. Idealmente la relación de C/N debe ser de 25 unidades de Carbono por unidad de Nitrógeno $C(25) N(1) = 25$.

Si se tiene una baja relación entre el C y N se causan pérdidas de Nitrógeno amoniacal y al tener una relación alta el proceso de descomposición se torna más lento. Si la relación de C/N es alta, se debe agregar materiales nitrogenados (pasto verde o estiércol), si es baja se debe agregar materia carbonatada (Díaz, 2002).

Tamaño de los residuos y desechos orgánicos

El tamaño de los RDS orgánicos influye en la velocidad en que estos son degradados, cuando se tiene un menor tamaño de los RDS, la degradación será mayor. Es conveniente que los de mayor tamaño estén mezclados con otros de menor tamaño de esta forma se estimulan las bacterias descomponedores (Díaz, 2002).

pH

El pH inicial generalmente es ácido, aproximadamente 6, conforme aumenta la temperatura, aumenta también el pH estabilizándose idealmente el pH debe estar entre 6.5 a 7.5; de lo contrario mientras más ácido se torne, la actividad de los microorganismos se vuelve más lento o nulo (Díaz, 2002).