

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

CENTRO UNIVERSITARIO DE IZABAL

INGENIERIA EN GESTION AMBIENTAL LOCAL



INFORME FINAL EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

DELEGACION DE IZABAL

INGRID SOFIA MORALES JUAREZ

PUERTO BARRIOS IZABAL, MARZO 2,017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

CENTRO UNIVERSITARIO DE IZABAL

INGENIERIA EN GESTION AMBIENTAL LOCAL



INFORME FINAL EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

DELEGACION DE IZABAL

INGRID SOFIA MORALES JUAREZ

MSC. ING. AGR. EDGAR GIOVANNI ZAMORA MORALES

SUPERVISOR DE EPS

PUERTO BARRIOS IZABAL, MARZO 2,017

Puerto Barrios Izabal, 22 de febrero de 2017

Señor

Ing. Agr. Edgar Giovanni Zamora Morales
Docente Supervisor del Ejercicio Profesional Supervisado
Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario de Izabal
Carrera: Ingeniería en Gestión Ambiental Local

Distinguido Ingeniero:

De conformidad con las normas establecidas en el reglamento del Ejercicio Profesional Supervisado –EPS- de la carrera de ingeniería en Gestión Ambiental Local de la Universidad de San Carlos de Guatemala presento el informe final EPS desarrollado en el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales delegación de Izabal –MAR- titulado.

INFORME FINAL DEL EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO –EPS-
MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES DELEGACION DE
IZABAL.

En espera de la aprobación del mismo, me es grato suscribirme.

Atentamente;

ID Y ENSEÑAD TODOS



Ingrid Sofía Morales Juárez

c.c Archivo



Puerto Barrios, Izabal

Marzo 6 del año 2017,

Señor:

Dr. José Adiel Robledo Hernández

Director

Centro Universitario de Izabal

Distinguido señor Director:

De manera atenta me permito comunicarle que la coordinación del Ejercicio Profesional Supervisado de la Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local del Centro Universitario de Izabal ha revisado el informe final de -EPS-, sustentado por la estudiante: Ingrid Sofía Morales Juárez, con carné: 9519262, desarrollada en la unidad de práctica Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales delegación de Izabal

Para tal efecto la estudiante sustento satisfactoriamente las evaluaciones de seminario I y Seminario II establecidos en el normativo del Ejercicio Profesional Supervisado, por lo cual esta coordinación da la aprobación y solicitar sus buenos oficios la autorización para la impresión de dicho documento.

Atentamente,

Ing. Agr. Edgar Giovanni Zamora Morales

Coordinador

Ingeniería en Gestión Ambiental Local



c.c. Archivo

INDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo General	3
2.2 Objetivos Específicos.....	3
3. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE LA UNIDAD DE PRÁCTICA	4
3.1. Descripción de la unidad de práctica	4
3.2. Historia del ministerio de ambiente y recursos naturales.....	4
3.3. Ubicación geográfica	5
3.4. Estructura administrativa de la unidad de práctica	5
3.4.1. Misión	5
3.4.2. Visión.....	5
3.4.3. Valores	5
3.4.4. Acciones de Política.....	6
3.4.5. Políticas Ambientales Vigentes	6
3.4.6. Estructura organizacional.....	7
3.5. Caracterización socioeconómica del departamento de Izabal.....	9
3.5.1. Área de influencia	9
3.5.2. Población General	9
3.5.3. Composición étnica del departamento	10
3.5.4. Distribución porcentual de la población por sexo, área y etnicidad del departamento de Izabal	10
3.5.5. Índice de desarrollo humano	11
3.5.6. Pobreza y desigualdad.....	11

3.5.7. Fuentes de empleo	11
3.5.8. Infraestructura y servicios	12
A. Salud	12
B. Educación.....	12
C. Seguridad y justicia.....	13
D. Servicios básicos y saneamiento.....	13
3.6. Descripción de ambiente físico y biótico	15
3.6.1. Aspectos geológicos regionales.....	15
3.6.2. Fisiografía.....	17
3.6.3. Suelos.....	18
3.6.4. Clima	19
3.6.5. Hidrología.....	21
3.6.6. Calidad de agua	22
3.6.7. Vulnerabilidad a desastres	23
3.6.8. Amenazas naturales	24
3.6.9. Flora.....	25
3.6.10. Fauna	25
3.6.11. Zonas de vida.....	26
3.6.12. Áreas protegidas	28
3.7. Identificación de problemas ambientales	28
3.7.1. Análisis FODA	28
3.7.2. Problemas ambientales de la unidad de práctica	30
A. Generación de residuos y desechos sólidos	30
B. Generación de aguas residuales	30
3.7.3.Principales impactos ambientales que afectan el departamento de Izabal	31

A. Minería	31
B. Deforestación.....	32
C. Generación de Aguas residuales.....	33
D. Generación de residuos y desechos sólidos.....	33
4. ACTIVIDADES DE GESTIÓN AMBIENTAL DESARROLLADAS	34
4.1. Título de la actividad: Proyecto de reciclaje, en la escuela rural integral mixta “Salvador Efraín Vides Lemus”	34
4.1.1. Descripción de la actividad	34
4.1.2. Objetivo.....	35
4.1.3. Meta	35
4.1.4. Procedimiento	35
4.1.5. Recursos humano y físico	36
4.1.6. Evaluación de la actividad	36
4.2. Título de la Actividad: Manejo adecuado de los desechos y residuos sólidos en el Instituto Nacional de Educación Básica Experimental	38
4.2.1. Descripción de la actividad	38
4.2.2. Objetivo.....	38
4.2.3. Meta	39
4.2.4. Procedimiento	39
4.2.5. Recursos humano y físico	40
4.2.6. Evaluación de la actividad	40
A. Charlas de capacitación en el manejo adecuado de los desechos residuos sólidos	40
B. Estimación de producción de poliestireno expandido (duroport)	41
C. Estimación de la generación de residuos inorgánicos producidos	41
en el Instituto Nacional de Educación Básica Experimental	41
Dr. Luis Pasteur.....	41

D. Actividad “Maratón de papel”	42
E. Eliminación de basurero.....	44
4.3. Título de la actividad: Manejo adecuado de los desechos y residuos sólidos generados en la escuela “Particular Mixta Justo Rufino Barrios”	45
4.3.1 Descripción de la actividad.....	45
4.3.2 Objetivo	46
4.3.3 Meta	46
4.3.4. Procedimiento	46
4.3.5. Recursos.....	48
4.3.6. Evaluación de la actividad	48
4.4. Título de la Actividad: Participación en la Campaña Nacional “Limpiemos Guatemala”	50
4.4.1. Descripción de la actividad.....	50
4.4.2. Objetivo	50
4.4.3. Meta	51
4.4.4. Procedimiento	51
4.4.5. Recursos Físicos y humanos utilizados	51
4.4.6. Evaluación de la actividad	51
4.5. Título de la Actividad “Campaña de Reforestación las Brisas nacimiento Rio Las Escobas”	52
4.5.1. Descripción de la actividad.....	52
4.5.1. Objetivo	53
4.5.2. Meta	53
4.5.3. Procedimiento	53
4.5.4. Recursos físicos y humanos.....	54
4.5.5. Evaluación de la actividad	54

4.6. Título de Actividad: “Propuesta de manejo de desechos y residuos sólidos en centros educativos” dirigida a los directores de las instituciones educativas privadas y públicas del municipio de Livingston Rio Dulce, Izabal.....	55
4.6.5. Descripción de la actividad	55
4.6.2. Objetivo.....	56
4.6.3. Meta	56
4.6.5. Recursos	57
4.6.6. Evaluación de la actividad	57
4.7. Actividades no planificadas	57
4.7.1. Título de la actividad: Celebración del “Día Internacional de la Tierra” en el Instituto Nacional de Educación Básica Experimental Dr. Luis Pasteur.	57
4.7.2 Título de la actividad. “Celebración del Día Internacional de la Tierra” dirigida a los feligreses de la Parroquia San Martín Barrio El Rastro, Puerto Barrios Izabal.	58
4.7.3. Título de la actividad: Charla de educación ambiental con el tema “Manejo adecuado de los desechos y residuos sólidos, dirigida a los vecinos del Barrio El Rastro, municipio de Puerto Barrios Izabal.....	59
4.7.4. Título de actividad: charla de educación ambiental en el tema “Campaña de limpieza para la eliminación de los criaderos del zancudo”.	60
4.7.5 Título de la actividad “celebración del día del árbol en la Brigada de infantería de Marina de Puerto Barrios Izabal”.....	61
4.7.6. Título de la actividad: Capacitación sobre la “Importancia de la reforestación” en Reservas Militares de Puerto Barrios Izabal.	62
4.4.7. Título de la actividad: Gestión para la donación de toneles.....	62
4.7.8. Actividades Varias de oficina	63
4.7.9. Título de la actividad: Apoyo en campaña de recuperación de plástico para el reciclaje. Escuela Lic. Luis Alberto Aceituno Quezada, Playitas Morales, Izabal.	64

5. Conclusiones	65
6. Recomendaciones	67
7. Referencias bibliográficas	68
8. PROYECTO A NIVEL DE PERFIL.....	71
8.1 Título del proyecto.....	71
Propuesta para el establecimiento de centros de acopio municipales y comercialización de residuos inorgánicos no peligrosos (papel, cartón, plástico, aluminio y vidrio) en el departamento de Izabal.	71
8.2. Objetivo general	71
8.3. Objetivos específicos	71
8.4. Justificación del proyecto	71
8.5. Descripción del proyecto	72
8.6. Ámbito geográfico	73
8.7. Estudio de mercado	73
8.7.1. Presentación.....	73
8.7.2. Identificación del producto	73
8.7.3. Análisis de la oferta	73
8.7.4. Análisis de la demanda	75
8.7.5. Precios de compra de materiales reciclables demandados	76
8.8. Estudio técnico	77
8.8.1. Proceso Productivo	77
8.8.2. Inversión fija del proyecto	77
8.8.3. Costos de inversión fija	77
8.8.4. Maquinaria y equipo	78
8.8.5. Muebles y enseres.....	78
8.8.6. Equipo de oficina.....	79

8.8.7 Inversión Inicial	79
8.9. Estudio Financiero	80
8.9.1. Análisis de egresos	80
8.9.2. Costos de operación	80
8.9.3. Mano de obra.....	80
8.9.4. Fuentes de financiamiento.....	81
8.9.5. Análisis de ingresos y costos	82
8.10. Resumen del estudio financiero	86
8.11. Estudio administrativo y legal.....	86
8.11.1. Denominación de la empresa	87
8.11.2. Personal administrativo y operativo.....	87
8.11.3. Marco legal vigente en la República de Guatemala.....	87
8.12. Estudio ambiental.....	88
8.12.1. Impactos del proyecto	88
8.12.2. Valoración de impactos.....	89
9. CONCLUSIONES	92
10. RECOMENDACIONES	93
11. APÉNDICES	94
A. Políticas ambientales vigentes	94
B. Principales especies de flora de izabal	96
C. Principales especies de fauna de Izabal.....	97
D. Áreas protegidas legalmente declaradas en izabal	98
E. Imágenes de Actividades realizadas en la escuela Oficial Rural Mixta Efraín Vides Lemus	99
F. Imágenes de las actividades realizadas en el Instituto Nacional de Educación Básica Experimental “Dr. Luis Pasteur”.	100

G. Imágenes de las actividades realizadas en el colegio “Mixto Privado Justo Rufino Barrios”	102
H. Imágenes de la Campaña de Reforestación las Brisas nacimiento Rio Las Escobas.	103
I. Imágenes de actividades varias	104

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Proyección de población por municipios para el año 2016	9
Tabla 2. Matriz de FODA del –MARN- delegación departamental de Izabal	29
Tabla 3. Resultados de primera actividad de reciclaje, Escuela Oficial Rural Mixta Salvador Efraín Vides Lemus.....	37
Tabla 4. Resultados segunda actividad de reciclaje escuela Oficial Rural Mixta Salvador Efraín Vides Lemus.....	37
Tabla 5. Resultados de la estimación de generación de materiales inorgánicos en.....	42
Tabla 6. Resultados de la maratón de papel del nivel básico por sección	43
Tabla 7. Total recaudado en quetzales de la maratón de papel	43
Tabla 8. Selección y peso de los materiales	49
Tabla 9. Aproximado de especies arbóreas sembradas	54
Tabla 10. Proyección de la oferta	74
Tabla 11. Porcentaje en toneladas de peso, de desechos sólidos inorgánicos reciclables, generados por año.....	75
Tabla 12. Precios mínimos y máximos en quetzales por tonelada de materiales reciclables	76
Tabla 13. Maquinaria y equipo, precio en quetzales	78
Tabla 14. Muebles y enseres.....	78
Tabla 15. Equipo de oficina.....	79
Tabla 16. Resumen de la inversión inicial.....	79
Tabla 17. Supuestos de consumo y costo de alquiler mensual	80
Tabla 18. Supuestos de pago de mano de obra del proyecto	81
Tabla 19. Resumen de costo total del proyecto (cifras expresadas en quetzales)	81
Tabla 20. Precio de los materiales mínimos y máximos dados en quetzales	82
Tabla 21. Porcentajes de los residuos sólidos por año.....	83
Tabla 22. Estimación de proyecciones de ingresos mínimos y máximos de materiales reciclables por año.....	83
Tabla 23. Flujo de efectivo	85
Tabla 24. Personal mínimo requerido para cada centro de acopio	87
Tabla 25. Matriz de valoración de impactos.....	90
Tabla 26. Resumen de la evaluación de impactos	91

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Organigrama general del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales	7
Figura 2 Organigrama del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Izabal	8
Figura 3 Distribución porcentual de la población por sexo, área y etnicidad de Izabal	10
Figura 4 Índice de desarrollo humano.....	11
Figura 5 Mapa índice de Centro América, mostrando los rasgos tectónicos de la región	16
Figura 6 Mapa de regiones fisiográficas de Izabal	17
Figura 7 Mapa de clasificación de suelos de Izabal.....	18
Figura 8 Mapa de Isoyetas	19
Figura 9 Mapa Isoterma	20
Figura 10 Mapa de cuencas del departamento de Izabal	21
Figura 11 Mapa de zonas de vida de Izabal	27

1. INTRODUCCIÓN

Para completar los estudios en la carrera de Ingeniería de Gestión Ambiental Local del Centro Universitario de Izabal de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se realizó el ejercicio profesional supervisado -EPS- desarrollado en el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales delegación de Izabal, en el periodo de marzo a septiembre del año 2016.

Se inició con la realización del diagnóstico ambiental de la unidad de práctica, además de su área de influencia que corresponde al departamento de Izabal.

Se llevaron a cabo actividades en la unidad de promotor de participación social y educador ambiental, realizadas en su mayoría en el municipio de Puerto Barrios, Izabal, donde se encuentra la delegación departamental.

Como parte de las actividades, se llevaron a cabo diversas labores educativas en temas ambientales, sin embargo fueron tres puntuales, desarrolladas en diferentes centros educativos: Escuela Oficial Rural Mixta Efraín Vides Lemus, Instituto Experimental Dr. Luis Pasteur y Escuela Particular Mixta Justo Rufino Barrios, en donde se capacito a los estudiantes, docentes y padres de familia en el tema “Manejo adecuado de los desechos y residuos sólidos” y en dos establecimientos se realizaron campañas de separación y recuperación de materiales inorgánicos para el reciclaje, generados dentro de sus instalaciones, con el propósito de crear conciencia y promover cambios de hábitos en las nuevas generaciones para desarrollar capacidades y responsabilidades que conduzcan a la disminución de la contaminación ambiental.

Se desarrollaron otras acciones las cuales fueron desempeñadas con éxito permitiendo de esta manera poner en práctica los conocimientos adquiridos, con un alto grado de profesionalismo y de aceptación tanto de las autoridades de la institución, así como de las diferentes organizaciones que se vieron beneficiadas con la ejecución de las actividades.

Finalmente se hizo la propuesta de un proyecto a nivel de perfil, denominado “creación de centros de acopio municipales y comercialización de residuos inorgánicos no peligrosos (papel, cartón, plástico, latas de aluminio y vidrio)”. Como parte fundamental para la implementación del manejo integral de los desechos y residuos sólidos.

Para poder contribuir con la reducción de la contaminación ambiental, es fundamental contar con los mecanismos necesarios que faciliten las acciones de educación, concientización, adquisición de hábitos y promoción de la participación social, principalmente en las nuevas generaciones, para impulsar el desarrollo sostenible del departamento.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Desarrollar los conocimientos adquiridos en la carrera de ingeniería en gestión ambiental local durante el Ejercicio Profesional Supervisado –EPS- realizado en el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales delegación departamental de Izabal.

2.2 Objetivos Específicos

1. Elaborar diagnóstico ambiental de la unidad de práctica.
2. Realizar las actividades del plan de servicios en la unidad de práctica.
3. Elaborar proyecto ambiental a nivel de perfil.

3. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE LA UNIDAD DE PRÁCTICA

3.1. Descripción de la unidad de práctica

El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales delegación de Izabal, (MARN) es la institución del sector público, especializada y encargada de proteger y preservar los sistemas naturales del departamento, con el fin de lograr un desarrollo sostenible y sustentable (MARN, 2016).

3.2. Historia del ministerio de ambiente y recursos naturales

La creación de la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) a través de la Ley de Protección y Mejoramiento del ambiente en el año de 1986, fue uno de los acontecimientos más importantes en el tema ambiental en Guatemala, posteriormente se creó la Secretaria del medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARN), (MARN, 2010).

Los Decretos Legislativos 90-2000 y 91-2000, publicados en el año 2001, además, las reformas al Decreto 114-97 según Decreto Número 22-99 dieron origen al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN, 2010).

El Reglamento Orgánico Interno del MARN aprobado por el Acuerdo Gubernativo 186-2001, derogado por Acuerdo Gubernativo 050-2015, establece en su artículo 5 literal c la desconcentración y descentralización de los servicios, para cumplimiento de sus objetivos, es así como nace la Delegación de Izabal (Congreso de la Republica de Guatemala, 2015).

3.3. Ubicación geográfica

La delegación del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), tiene influencia en todo el departamento de Izabal, sus instalaciones se encuentran ubicadas en 7ª calle entre 7ª y 8ª avenida, municipio de Puerto Barrios departamento de Izabal, Guatemala, geográficamente se localiza en la Latitud Norte 15°44'05.7'' y Longitud Oeste 88°35'51.7''.

3.4. Estructura administrativa de la unidad de práctica

3.4.1. Misión

“Ser una institución que coordina, cumple y hace que se cumplan las políticas y el ordenamiento jurídico concerniente a la prevención de la contaminación conservación, protección y mejoramiento del medio ambiente para asegurar el uso racional, eficiente y sostenible de los recursos naturales” (MARN, 2012).

3.4.2. Visión

“Garantizar el cumplimiento del derecho humano a un ambiente saludable y ecológicamente equilibrado de la población Guatemalteca” (MARN, 2012).

3.4.3. Valores

- ✓ Trabajo en equipo
- ✓ Transparencia
- ✓ Eco eficiencia
- ✓ Mejoramiento continuo
- ✓ Integridad
- ✓ Responsabilidad

(MARN, 2012).

3.4.4. Acciones de Política

“Las principales acciones de política pública promovidas por el MARN, se fundamentan en los principios de libertad, igualdad, justicia social y solidaridad; razón por la cual prioriza en el marco de la bioética siendo las que se describen a continuación” (MARN, 2010).

- ✓ “La adaptación y mitigación al cambio climático”.
- ✓ “El fortalecimiento y la expansión de la gestión socio ambiental, con la normativa ambiental actualizada”.
- ✓ “El manejo integrado de reservas hídricas a nivel de cuencas”.
- ✓ “El fortalecimiento y expansión del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas”.
- ✓ “El apoyo al desarrollo de energía renovable para lograr la independencia energética”.
- ✓ “El fortalecimiento de una bioética nacional basada en cambios de actitudes y comportamientos para la protección y el mejoramiento del medio ambiente y de los bienes y servicios naturales, que son los medios que sustentaran la vida”
(MARN, 2010).

3.4.5. Políticas Ambientales Vigentes

El primer y segundo principio de la Declaratoria de Río de Janeiro, están contenidos en los artículos 64 y 97 de la Constitución Política de la República de Guatemala, y se incluyen los conceptos que inspiran el Decreto Número 90-2000 que da vida al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y los principios que sustenta a la Política Marco de Gestión Ambiental (Acuerdo Gubernativo 791-2003), de la que se desprenden políticas públicas sectoriales e institucionales, que el MARN lidera y coordina (MARN, 2015), (Ver en Apéndice A, las políticas ambientales vigentes).

3.4.6. Estructura organizacional

El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales mediante Acuerdo Ministerial 421-2013 aprueba el manual administrativo de la Dirección General de Coordinación Nacional, en el cual se describe la línea jerárquica (MARN, 2013). En la Figura 1 se muestra el organigrama del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

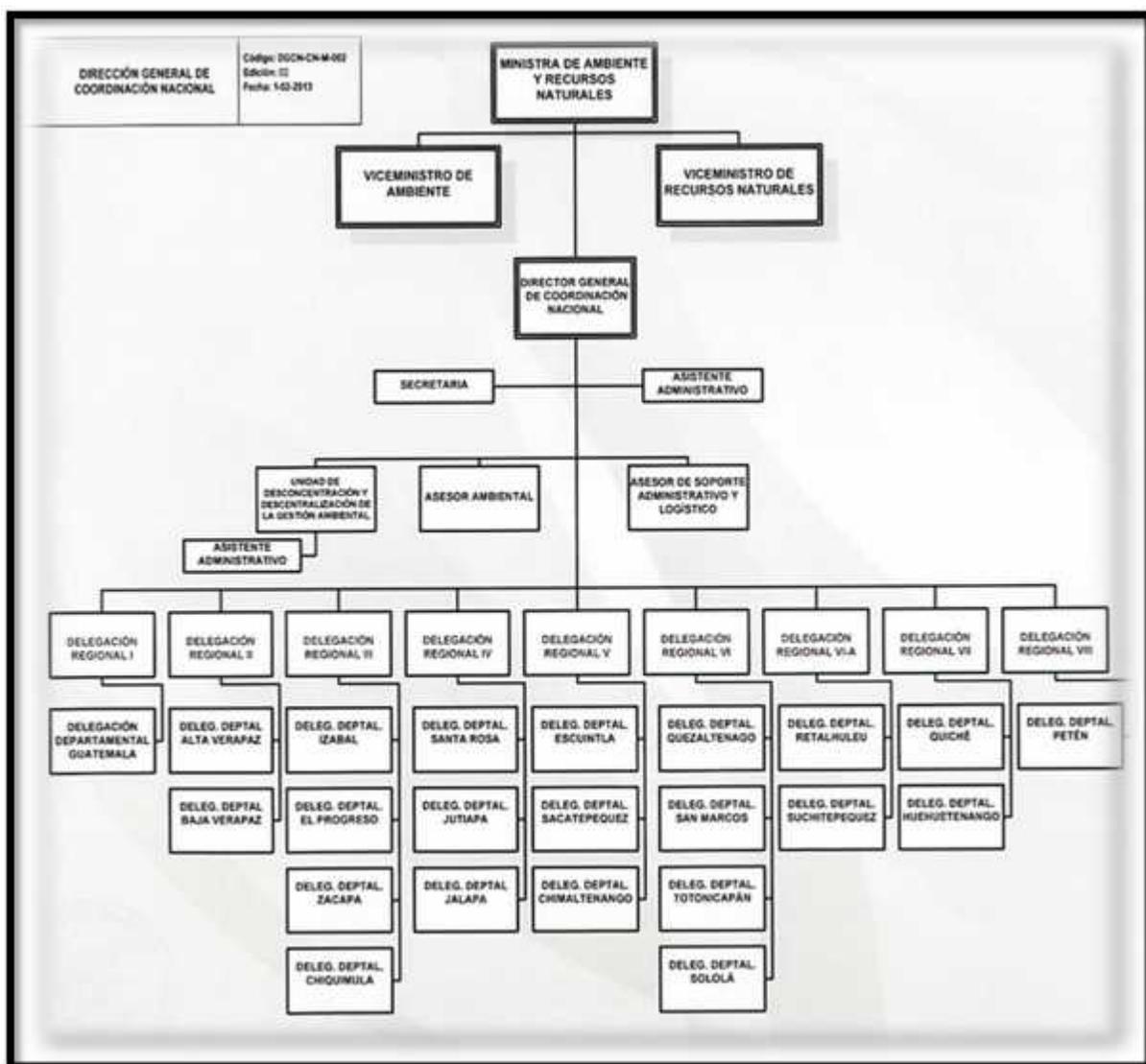


Figura 1 Organigrama general del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
Fuente: MARN (2013).

La Figura 2 muestra el organigrama del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales delegación departamental de Izabal.

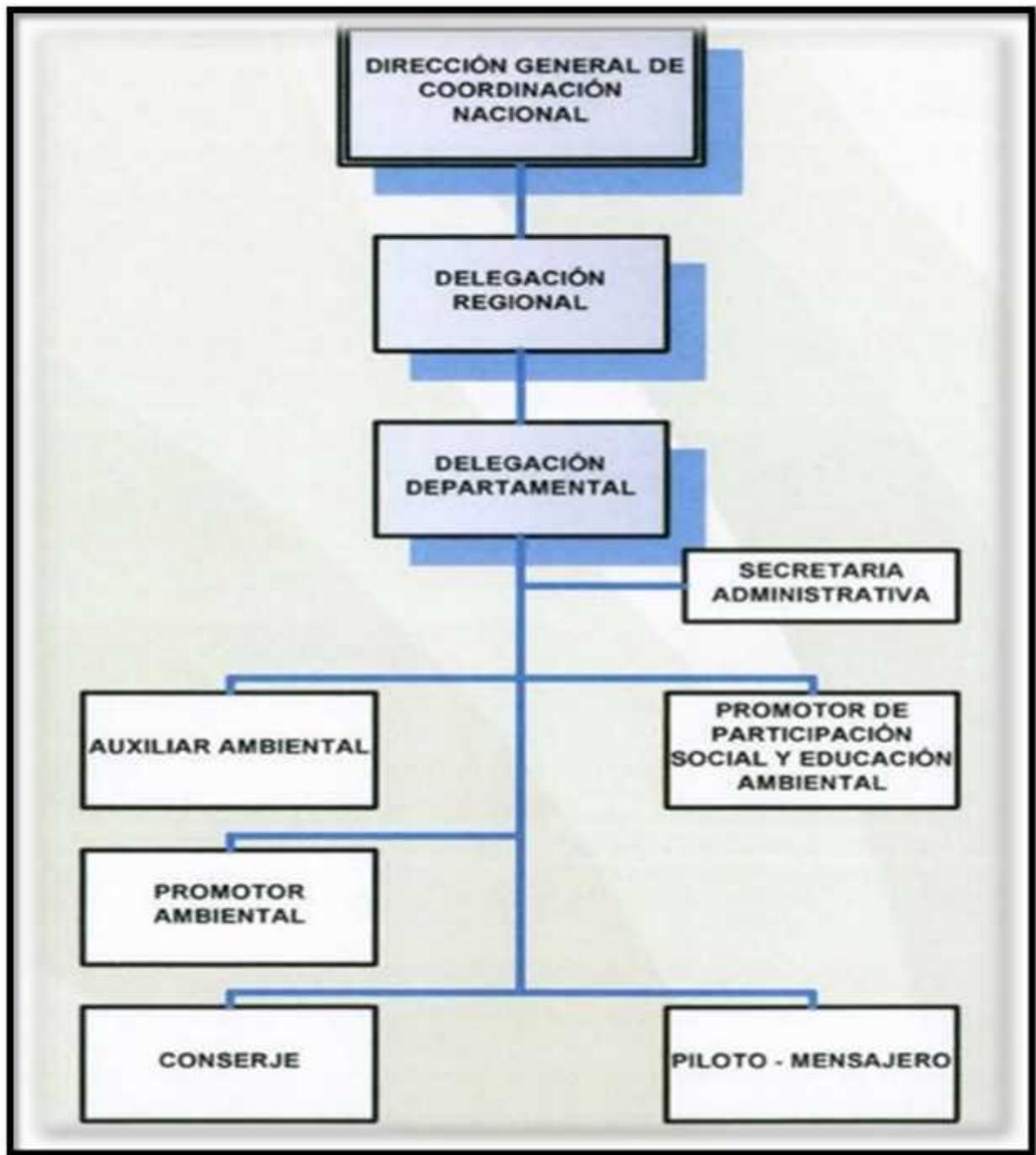


Figura 2. Organigrama del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Izabal

Fuente: MARN (2013).

3.5. Caracterización socioeconómica del departamento de Izabal

3.5.1. Área de influencia

El departamento de Izabal, se encuentra localizado a 300 Km de la ciudad capital, entre las coordenadas geográficas latitud 15° 44 06 N y longitud 88° 36 17 O. Se sitúa en la región Nor-Oriental de la República, limita al Norte con el departamento de Petén, Belice y el Mar Caribe; al Sur con el departamento de Zacapa; al Este con la República de Honduras; y al Oeste con el departamento de Alta Verapaz. Izabal cuenta con un área de 9,039 Km² se divide en cinco municipios que son: Puerto Barrios, que su cabecera departamental, Livingston, El Estor, Morales y Los Amates (SEGEPLAN, 2011).

3.5.2. Población General

Según las proyecciones de población del INE, en el departamento de Izabal para el año 2016, se estiman en 466,981 habitantes, siendo los municipios con mayor cantidad de población; Morales y Puerto Barrios, mientras que el municipio con menor población es Livingston. (INE, (s.f)). En la Tabla 1 se muestra las proyecciones de población por municipio para el año 2016.

Tabla 1. Proyección de población por municipios para el año 2016

Municipios	Miles de habitantes
Puerto Barrios	113,126
Livingston	70,367
El Estor	91,043
Morales	126,555
Los Amates	65,890
Total	466,981

Fuente: INE estimaciones de población total por municipio (2008-2020).

3.5.3. Composición étnica del departamento

En el departamento de Izabal, conviven varios grupos étnicos entre ellos: los garífunas con un 0.9%, los Q'eqchis con un 20.9%, otros Mayas a un 1.00% y el grupo mayoritario corresponde a los ladinos con un 77.1% (PNUD, 2011).

3.5.4. Distribución porcentual de la población por sexo, área y etnicidad del departamento de Izabal

La distribución porcentual de la población por sexo, en el departamento de Izabal, establece que el 49.4% son hombres y el 50.6% mujeres. Por etnicidad la población indígena corresponde a un 26.8% la no indígena de 73.2%. La población es mayoritariamente rural que corresponde a un 63.5% y un 36.5 es área urbana (INE, 2014). En la Figura 3 se observa la distribución porcentual de la población por sexo, área y etnicidad de Izabal.

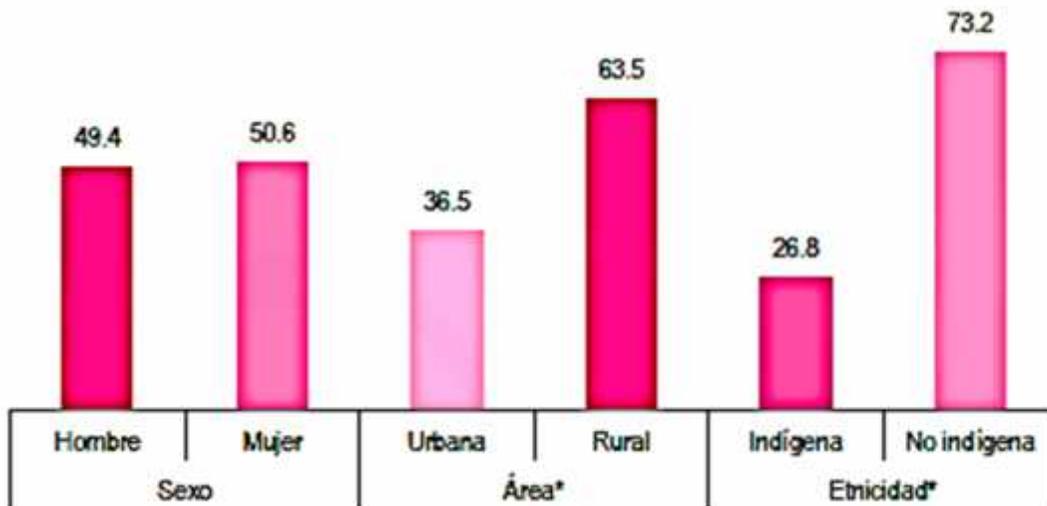


Figura 3. Distribución porcentual de la población por sexo, área y etnicidad de Izabal
Fuente INE, 2002

3.5.5. Índice de desarrollo humano

“El índice de desarrollo humano (IDH) es un indicador sintético que expresa tres dimensiones básicas del desarrollo humano: Salud, educación y nivel de vida” (PNUD, 2011).

En Figura 4 se puede observar las tres dimensiones básicas del desarrollo humano en el departamento de Izabal, comprendido entre 1994 y 2006, desagregado para cada componente.

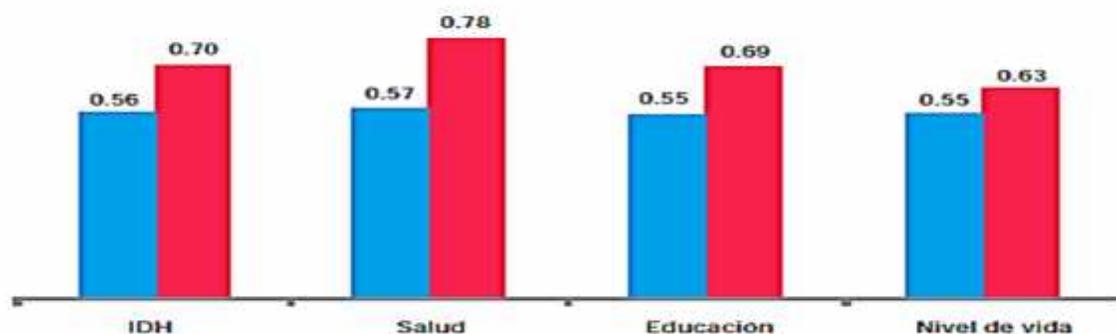


Figura 4. Índice de desarrollo humano
Fuente: PNUD 2011

3.5.6. Pobreza y desigualdad

En el departamento de Izabal para el año 2011 se reportó un aumento de 1.6 puntos porcentuales en el porcentaje de pobreza extrema, la pobreza total, aumentó en 7.0 puntos porcentuales respecto al año 2006. Para ese mismo año el municipio que presentó la tasa más alta de pobreza extrema rural fue Livingston, mientras que la tasa más baja la registró el municipio de Puerto Barrios (PNUD 2011).

3.5.7. Fuentes de empleo

Según SEGEPLAN (2011) la población económicamente activa (PEA) en Izabal es de 60.94% dentro del cual el 21.63% son ocupados y un 39.31% desocupados siendo esta una de las razones acerca de los índices de pobreza en la región, principalmente en el área rural.

El departamento es muy productivo, por su posición geográfica y accesibilidad por sus vías de comunicación, siendo una puerta al mundo. La Empresa Portuaria Nacional Santo Tomás de Castilla, Compañía Bananera Guatemalteca la Minería CGN, además de las instituciones públicas y privadas, entre otras representan las áreas de mayor actividad productiva en el departamento de Izabal (SEGEPLAN, 2011).

3.5.8. Infraestructura y servicios

A. Salud

La Dirección del área de salud del departamento de Izabal y su red de servicios, organizados funcionalmente en tres niveles de atención, para lo cual se cuenta con 69 establecimientos. En el primer nivel de atención cuenta con 34 puestos de salud y 27 centros comunitarios de convergencia. El segundo nivel con 7 centros de salud, con atención médica las 24 horas en las cabeceras municipales, 1 en El Estor, 2 en Morales 1 en los Amates 1 en Livingston y 2 en Puerto Barrios. El tercer nivel se realiza a través de hospital nacional y 1 hospital infantil ambos ubicados en la cabecera departamental (SEGEPLAN, 2011).

Además existen hospitales y clínicas privadas y actualmente acaba de inaugurarse el nuevo edificio del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS) (C. Rodas, comunicación personal, 14 de febrero de año 2016).

B. Educación

El Ministerio de Educación -MINEDUC- es el responsable de la educación en el área urbana y rural de todo el departamento, para ello cuenta con establecimientos públicos y privados en los tres niveles educativos, tiene una Dirección Departamental, y Supervisiones Municipales que a su vez se dividen en sectores para dar cobertura a cada municipio y cuenta con 42,702 maestros distribuidos en todo el Departamento de Izabal (SEGEPLAN, 2011).

También existe a nivel de educación superior, el Centro Universitario de Izabal CUNIZAB, de la universidad de San Carlos de Guatemala, ubicado en la cabecera departamental y su extensión en Morales, así como hay universidades privadas como: la Universidad Mariano Gálvez, Universidad Rural y Universidad Galileo las cuales ofrecen diversas carreras a nivel licenciatura y maestría, (E. Zamora, comunicación personal, 12 de Febrero 2016).

C. Seguridad y justicia

El sistema de justicia en el departamento de Izabal está regido por el Ministerio Público-MP- a través de una Fiscalía Distrital; el Organismo Judicial por medio del juzgado de Primera Instancia de Paz Penal, 5 juzgados de paz ubicados en las cabeceras municipales, así como un juzgado de familia, de trabajo, y Delitos Contra el Ambiente. Para hacer efectivo el sistema de justiciarse se auxilia de las principales instancias de seguridad como lo son: el Instituto Nacional de Ciencias Forenses -INACIF- una Delegación de la Procuraduría General de la Nación – PGN- una auxiliatura de la procuraduría de Derechos Humanos –PDH- y La Policía Nacional Civil (PNC), (SEGEPLAN, 2011).

D. Servicios básicos y saneamiento

Los servicios básicos y de saneamiento que se mencionaran son: agua entubada, aguas residuales, electricidad, telefonía, internet, medios de transporte.

- ✓ Agua

Las familias del área urbana cuentan con agua entubada, la población ubicada en el área rural no cuenta con este servicio, estas familias se abastecen por medio de pozos artesanales y ríos. Es importante mencionar que la mayoría de comunidades utilizan el agua, sin ningún tratamiento, principalmente por no contar con los recursos necesarios para el mantenimiento de los sistemas (SEGEPLAN, 2011).

✓ Aguas residuales

En el departamento de Izabal aún no se cuenta con un sistema de alcantarillado municipal que conecte con una planta de tratamiento de aguas residuales, por lo que la mayoría de las aguas servidas drenan directa e indirectamente a cuerpos de agua sin previo tratamiento. En donde existe infraestructura de drenaje funciona únicamente solo como colector, en el área rural utilizan para la disposición de desechos, pozos ciegos y letrinas (SEGEPLAN, 2011).

✓ Electricidad

El municipio de Puerto Barrios cuenta con una empresa municipal de servicio de energía eléctrica, normado por la Comisión Nacional de Electrificación, las empresas privadas que subministran el servicio de energía en el resto del municipio son Deorsa y Deocsa. Este servicio cubre el 69% de viviendas del departamento, el 21% lo hace con candiles que funcionan con gas de querosén y el 10 % restante lo hacen con paneles solares y candelas de parafina (SEGEPLAN, 2011).

✓ Telefonía e internet

Históricamente se puede inferir que el teléfono fue ingresado por la compañía United Fruit Compan y UFCO en 1908 para su uso; dadas las condiciones del avance de la tecnología, las autoridades del departamento de Izabal iniciaron los procesos del ingreso de GUATEL (RIC, 2009).

Actualmente los servicios de telefonía fija y de móviles, así como de internet lo cubren varias compañías privadas entre ellas: Telecomunicaciones de Guatemala (CLARO), Comunicaciones Celulares COMCEL y Telefónica (SEGEPLAN 2011).

✓ Transporte

La Ruta CA-9 norte es la principal vía de comunicación de Guatemala hacia el municipio de Puerto Barrios y a través de esta se puede comunicar con otras vías tales como la CA-13 que conduce a Peten. Cuenta con vías aéreas; y vías marítimas como los puertos: Santo Tomás de Castilla y Puerto Barrios que son los principales puertos de entrada en el mar Caribe, donde anclan barcos de diferente calado (Vassaux, 2004).

En el departamento de Izabal, existen varias líneas que cubren rutas hacia la Ciudad Capital de Guatemala: Fuentes del Norte, Litegua, Carmencita, Transportes Vargas, Línea Dorada, las cuales ofrecen transporte hacia Zacapa, Chiquimula, Peten y Honduras. A nivel intermunicipal se cuenta con varias líneas extraurbanas que comunican con otros municipios (SEGEPLAN, 2011).

3.6. Descripción de ambiente físico y biótico

3.6.1. Aspectos geológicos regionales

Según la teoría de “Placas tectónicas” los Ríos Polochic y Motagua delimitan fallas geológicas que son determinantes para la configuración de la fisiografía de la región. Así al norte de la falla del Polochic se encuentra la Placa Norte Americana y al sur de la falla del Motagua se encuentra la Placa Caribeña. Durante la formación del puente terrestre del istmo de Centro América tuvo lugar un alineamiento de sub-estructuras terrestres llamadas “Bloques” (CONAP, 2009).

“La región Norte del istmo de Centro América llamado también América Septentrional (Yucatán, Belice y gran parte de Guatemala) constituye el bloque Maya; cuyos límites meridionales (al Sur) son las fallas del Polochic y del Motagua (Bucklin,1990). Al Sur del istmo se encuentra el bloque Chortí, integrado por Guatemala Meridional, Honduras, El Salvador y Nicaragua (Bucklin, 1990)” (CONAP, FUNDAECO, TNC, 2006. P.12).

El Valle del Río Motagua constituye la zona de sutura entre el Bloque Maya y el Bloque Chortí. El evento de sutura a finales del cretáceo (970 mil A. P.) produjo la formación de las sierras a lo largo de la orilla meridional del Bloque Maya (Sierra Chuacús en el occidente, Sierra de Las Minas en el oriente y más al oriente, las Montañas del Mico), seguido por el desarrollo local de orabenes (áreas de socavadas) como El Lago de Izabal, el Valle del Motagua, la depresión de Bananera y la depresión de Guastatoya, (Donnelly et. al. En Dengo 1990) (Linares, 2007. P 70). En la Figura 5 se observa los rasgos tectónicos regionales.

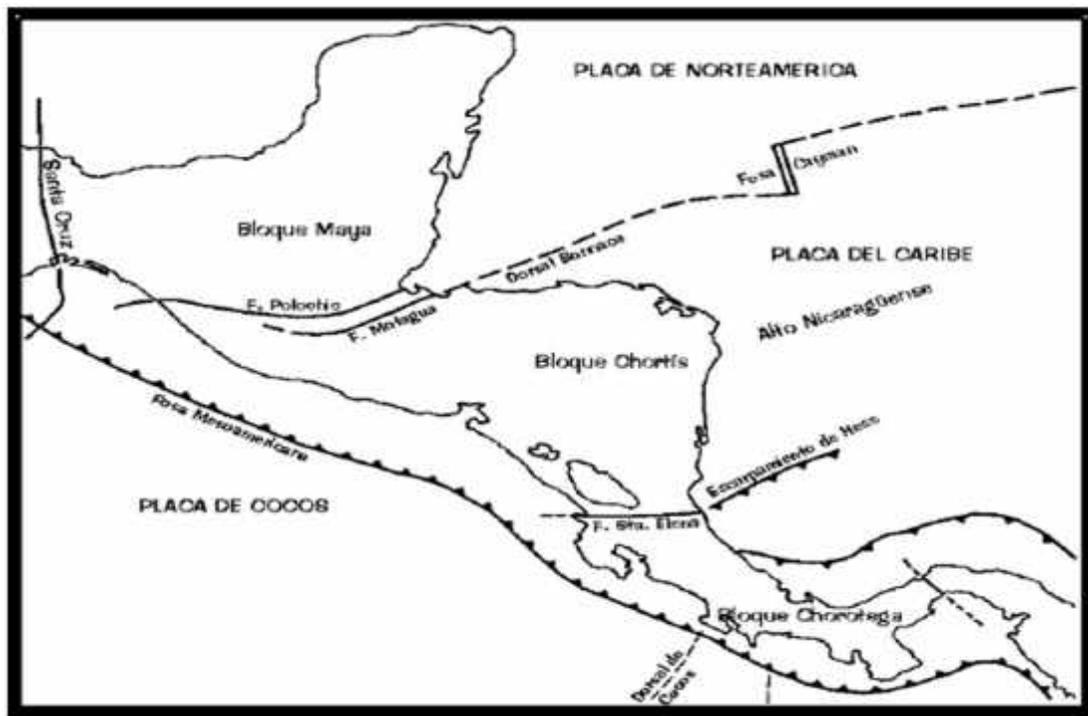


Figura 5. Mapa índice de Centro América, mostrando los rasgos tectónicos de la región
 Fuente: The geology of North America Vol. H. the Caribbean region, the geological society of America, 1990.

Según indica (Bautista 2014) la mayor parte del Bloque Maya está compuesta de roca madre caliza, una de las más antiguas encontradas en la superficie Centro Americana que se formó en el océano durante los periodos Pensilvánico y Pérmico (250-200) millones de años.

La geología del municipio está caracterizado por suelos del periodo Cretácico y de origen de Aluviones Cuaternarios, rodeada por formación de suelo de origen geológico de clasificación del Terciario Superior Oligoceno-Plioceno.

3.6.2. Fisiografía

En Izabal se localizan las siguientes provincias fisiográficas: Tierras altas sedimentarias, (Sierra de Santa Cruz), Depresión de Izabal (partes bajas del Río Polochic, Río Dulce, Río Sarstún y Livingston). Tierras altas cristalinas (Sierra del Merendón y Sierra de Las Minas) y Depresión del Motagua (MAGA, 2001). En la Figura 6 se muestra, mapa de regiones fisiográficas del departamento de Izabal.

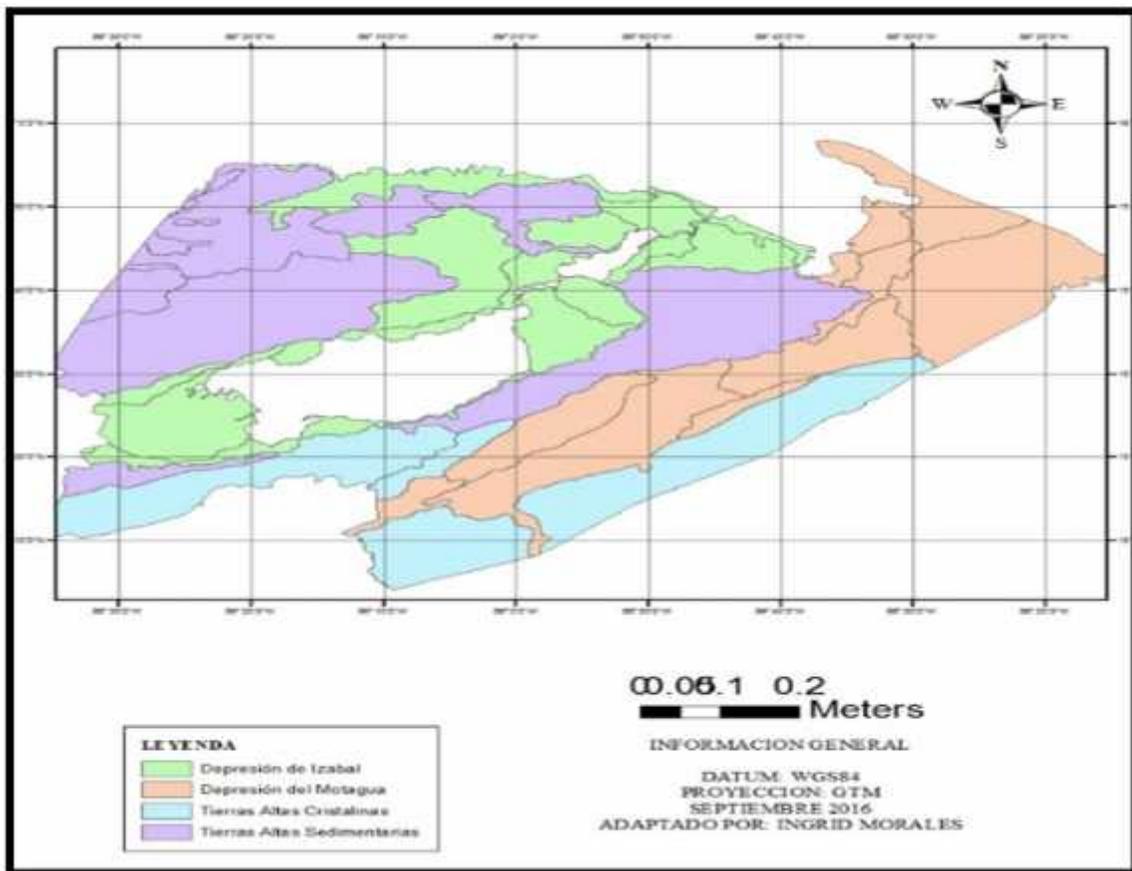


Figura 6 Mapa de regiones fisiográficas de Izabal
Fuente: Modificado de MAGA 2003

3.6.3. Suelos

Según (Camposeco, 2013) de acuerdo a la clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala, (Simmons, Tarano y Pinto), en el departamento de Izabal se presentan 28 series de suelos, los más importantes por su área de cubrimiento son: Chacalté (21.63%) que se localiza principalmente en el Cerro San Gil y alrededores de Livingston, Inca (12.29%) que se localiza en la parte aluvial del Río Motagua y Gacho (10.68%) que se localiza principalmente en la Sierra del Merendón. En la Figura 7 se observa el mapa de clasificación de suelos del departamento de Izabal.

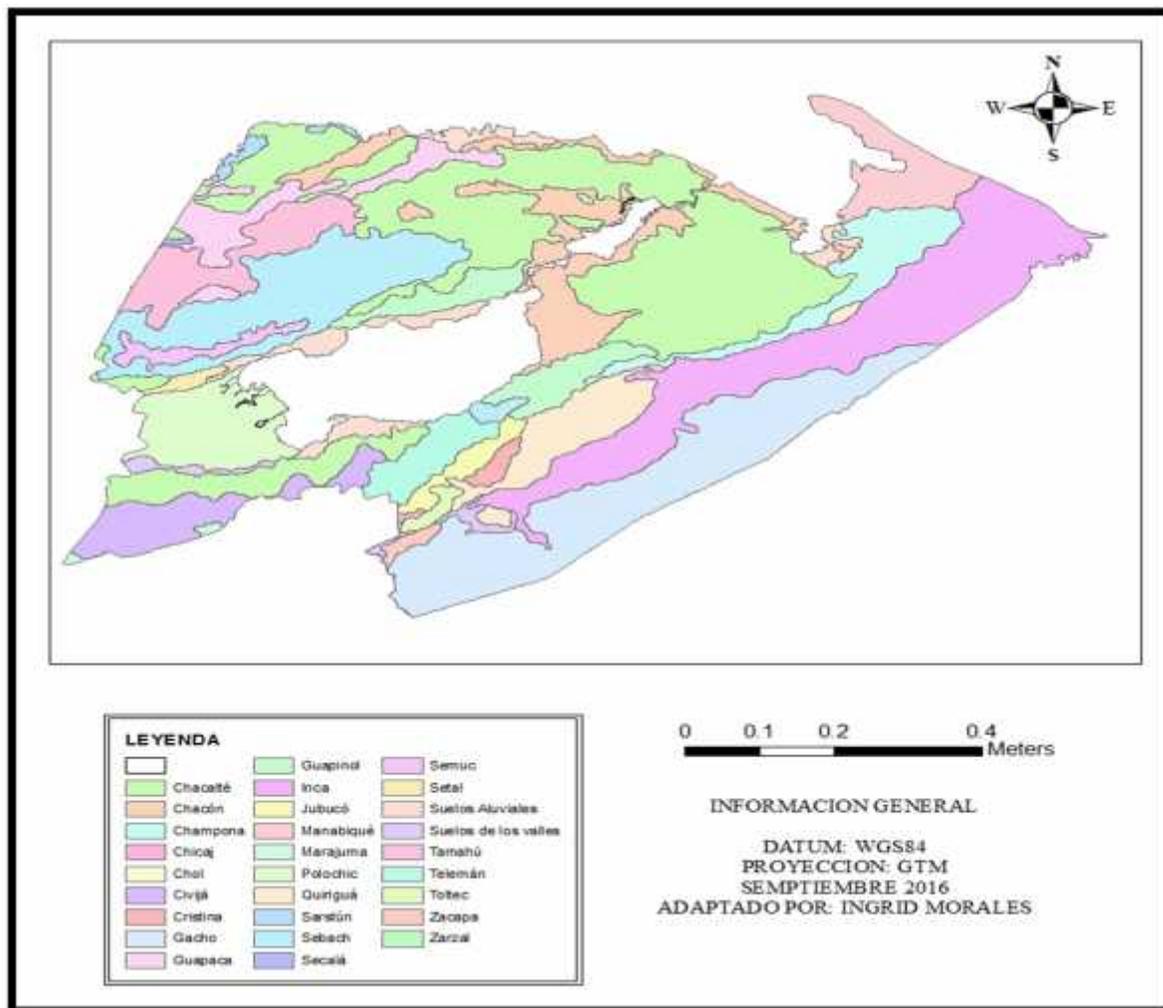


Figura 7 Mapa de clasificación de suelos de Izabal

Fuente: Modificado de MAGA 2003

3.6.4. Clima

Las condiciones climáticas en el departamento de Izabal son variadas debido a su ubicación geográfica, las lluvias son generalizadas y se distribuyen durante ocho meses al año aproximadamente. Generalmente los meses de febrero, marzo y abril son los más secos (Flores, 2006).

En el departamento de Izabal se presentan precipitaciones medias anuales que van desde los 2,500 mm hasta los 4,000 mm, lo que indica que es un departamento con alta precipitación y por consiguiente alta humedad relativa. En la Figura 8 se observan los valores.

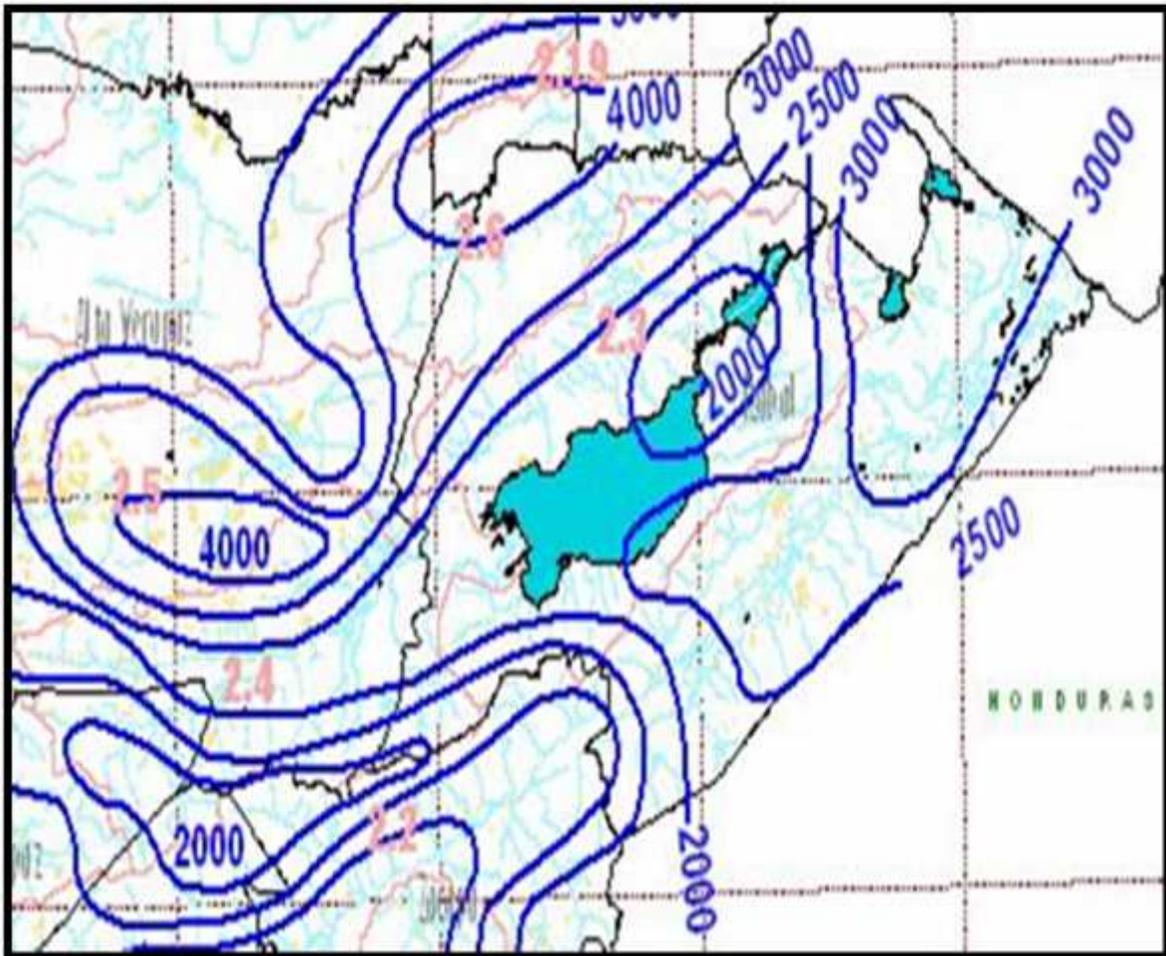


Figura 8 Mapa de Isoyetas

Fuente: Modificado de INSIVUMEH (2016)

El clima es tropical, la temperatura permanece alta durante todo el año y la humedad relativa es de ochenta y cinco por ciento (85%). Los principales vientos, fuente de humedad para todo el departamento, son los alisios que soplan hacia el oeste, procedentes del Mar Caribe. (INSIVUMEH, 2016).

Según estadísticas del INE (2014) en el departamento de Izabal, durante los años correspondientes al periodo (2009-2013), se registraron las temperaturas máximas y mínimas en rangos relativamente estables, registrándose temperaturas máximas promedio de 39.9 grados y mínimas promedio de 14.1 grados. En la Figura 9 se presenta mapa de isotermas, registrándose la temperatura promedio anual entre los 25 y 27 ° C.

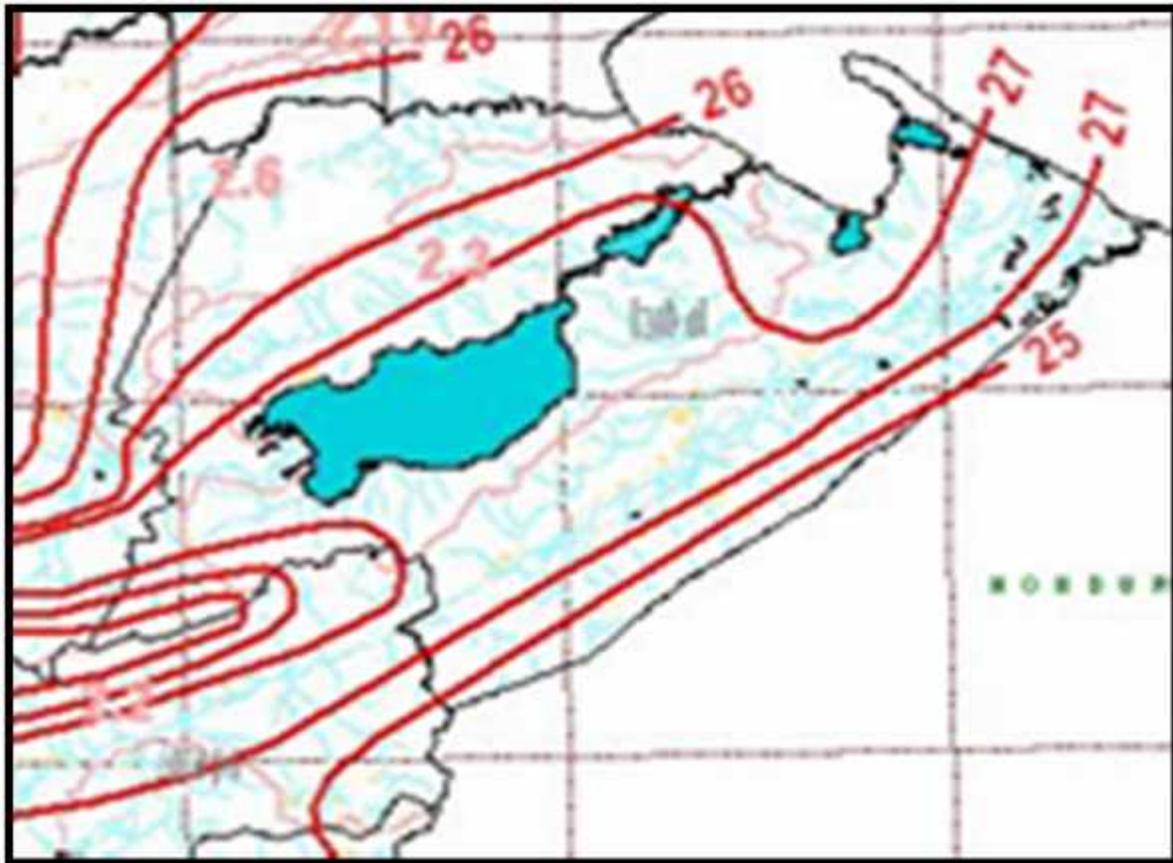


Figura 9 Mapa Isotherma

Fuente: Modificado de INSIVUMEH (2016)

3.6.5. Hidrología

Las principales cuencas hidrológicas que atraviesan el departamento de Izabal y que desembocan en la vertiente del Atlántico, también llamada vertiente del Mar Caribe, son: Cahabón, Polochic, Sarstún, Motagua y Lago de Izabal- Río Dulce.

En esta vertiente las crecidas son de mayor duración y los tiempos de propagación son también mayores, los caudales son más constantes durante todo el año. Parte del área dentro de esta vertiente tiene muy baja pluviosidad, 500 mm/anauales, mientras que en la zona de Puerto Barrios y Morales, la pluviosidad alcanza hasta 4,000 mm/anauales (INSIVUMEH, 2016).

Las principales cuencas hidrológicas que atraviesan el departamento de Izabal se observan en la Figura 10.

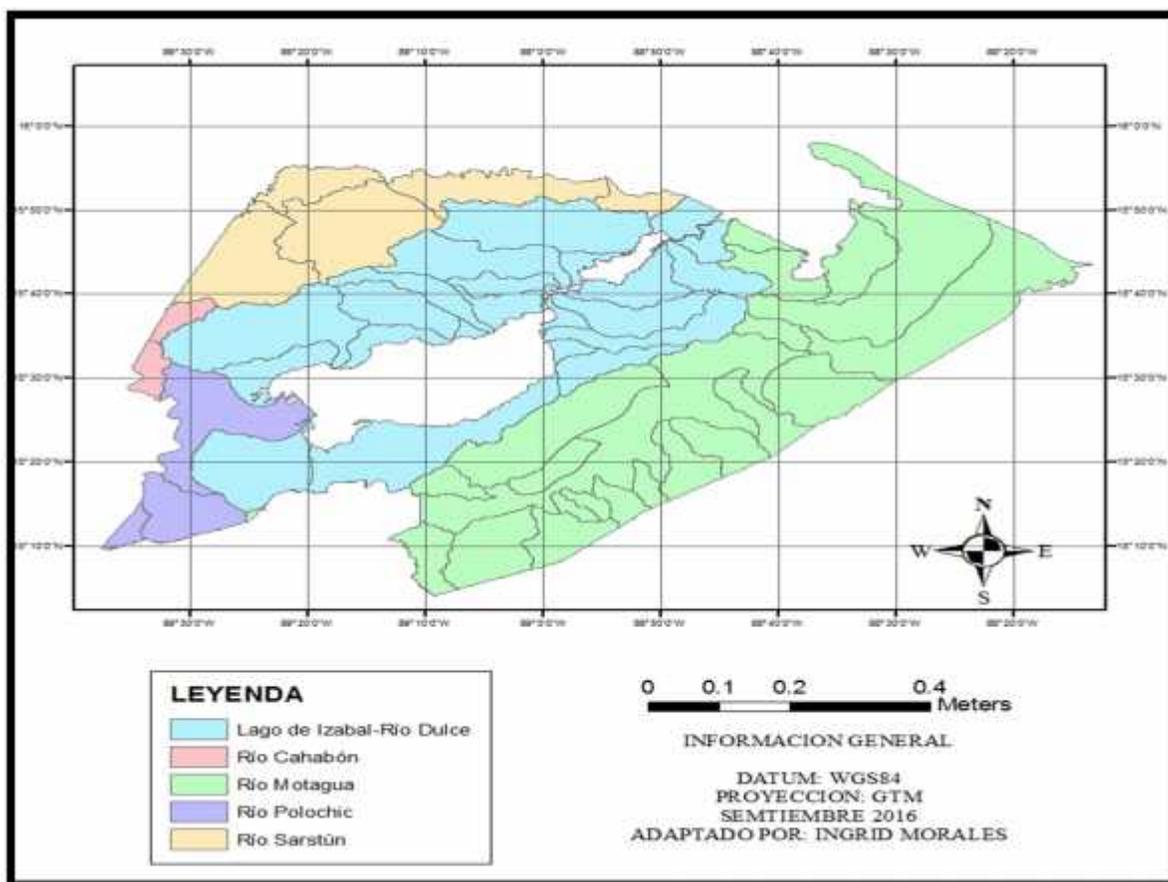


Figura 10 Mapa de cuencas del departamento de Izabal
Fuente: modificado de MAGA 2003

3.6.6. Calidad de agua

Según INSIVUMEH para definir el uso del agua, es indispensable evaluar y determinar su calidad a través de procedimientos mínimos, por ejemplo, en el agua para consumo humano, se evalúan: Cloruros, oxígeno disuelto, pH, turbiedad, dureza, fosfatos, nitratos y nitritos.

FUNDAECO (2006) manifiesta que para conocer la calidad de agua del Cerro San Gil ha conducido una serie de muestreos en la parte alta, media y baja de quince tributarios del área protegida. Los muestreos se efectuaron siguiendo la metodología propuesta por el MAGA para verificar si el agua es apta para consumo humano. Los Ríos incluidos dentro del análisis de calidad del agua son: Río Bonito, Carboneras, Frio, Juan Vicente, Lampara, Las Escobas, Quebrada Seca, Romana, San Gil, San Marcos, San Agustín, San Carlos, Tameja, y Tenedores.

Los resultados indican que la mayoría de los ríos tienen un alto grado de contaminación bacteriana y de contaminación fecal, con los reportes de laboratorio, todas las muestras analizadas se encuentran por encima de los límites aceptables establecidos por las Normas COGUANOR (NGO 29 001); por lo que, se concluye que el agua puede ser apta para consumo humano, solamente si la misma es debidamente tratada. No obstante, algunas fuentes se pueden considerar como no potables debido a que contienen altas concentraciones de hierro y turbidez (CONAP,FUNDAECO,TNC., 2006).

Según CONAP, FUNDAECO, TNC (2006) en otro estudio realizado por Zamora (2005) la cuenca del Río Tamejá presenta altas descargas de material fecal de origen humano y animal, las muestras analizadas en el tanque de captación del río, se encuentran fuera del límite máximo aceptable (LMA) y permisibles (LMP) establecido para agua potable (Normas COGUANOR concluyendo que el agua de este afluente no es apta para consumo humano.

Por otro lado (Aguirre., 2003) indica que la calidad del agua del Río Motagua está siendo afectada por factores antrópicos y los parámetros físico-químicos DQO, DBO, níquel, aluminio, manganeso, Plomo, Cadmio, Cianuro y Cromo, están arriba de los límites máximos permitidos por la OMS.

La autoridad para el manejo sustentable de la cuenca del Lago de Izabal (AMASURLI), realiza evaluaciones de seis parámetros de la calidad de agua, siendo estos: amonio, fosforo total, nitratos, nitritos, oxígeno disuelto y transparencia; tres de ellos amonio, nitratos y transparencia, se encuentran con niveles por debajo del estado deseado de conservación; lo que indica que el lago está siendo afectado por diversas acciones que están poniendo en peligro su equilibrio ecológico (MARN, 2012).

3.6.7. Vulnerabilidad a desastres

Según (MARN, 2015) en este contexto la vulnerabilidad se refiere a la propensión de los sistemas humanos y ecológicos a sufrir daños, así como a su capacidad de respuesta. Dentro de algunos tipos de vulnerabilidad que el departamento de Izabal este expuesto se mencionan tres principales.

- ✓ Vulnerabilidad de la salud humana

Se considera que algunas enfermedades, como las gastrointestinales, respiratorias, la malaria y el dengue, son exacerbadas por los cambios en el clima por lo que se prevé que con el cambio climático estas se agudizaran. Debido a que se incrementaran algunos determinantes sociales y medio ambientales que influyen directamente en la salud, principalmente los relacionados con la calidad del aire y del agua (OMS, 2015) (MARN, 2015).

Las pérdidas de alimento y los daños a los medios de vida ocasionados por los eventos climáticos extremos también contribuirán a aumentar la incidencia de la desnutrición en la población (MARN, 2015).

✓ Vulnerabilidad ambiental

La vulnerabilidad ambiental se ha incrementado como consecuencia de los altos niveles de deforestación, la sobre explotación de suelos, el avance de la frontera agrícola y el desarrollo urbano, los altos niveles de erosión, la contaminación de los suelos, de las aguas y del aire. La mayoría de los factores antes indicados, además de aumentar el riesgo de afectación por fenómenos hidrometeorológicos extremos, repercuten en las partes bajas de las cuencas ocasionando contaminación y sedimentación de los cuerpos de agua (MARN, 2012).

✓ Vulnerabilidad social

Según el (PNUD) la vulnerabilidad social está definida en términos de la fragilidad o debilidad para perder total o parcialmente la vida, los bienes o servicios de la población, bajo éste concepto, la vulnerabilidad es directamente proporcional a la calidad de vida; los servicios como: agua potable, electricidad, drenaje, ingresos económicos, salud, educación y vivienda.

El departamento presenta cifras altas de pobreza y pobreza extrema, por lo que hace que las personas no tengan condiciones de vida dignas y se vean en la necesidad de formar asentamientos humanos en áreas de alto riesgo, además la infraestructura vial y de las viviendas es deficiente y no cuentan con servicios básicos (B. Juarez, comunicación personal, Febrero, 2016).

3.6.8. Amenazas naturales

El departamento de Izabal es afectado por una serie de factores que se traducen en amenazas naturales, el primero de ellos es su posición geográfica, por tal razón, sufre la incidencia de eventos de origen hidrometeorológicos, tales como: tormentas tropicales, lluvias intensas, temporales y en consecuencia, inundaciones (Universidad Rafael Landívar, 2005).

El segundo, la marcada influencia placas tectónicas, la placa del Caribe y la placa de Norte América que al interactuar entre sí, dan origen la gran cantidad de sismos, licuefacción y terremotos a los que se está expuesto en el departamento. (Universidad Rafael Landívar, 2005).

3.6.9. Flora

El departamento tiene una zona muy rica en flora que combina elementos de la zona de Petén, Caribe y las tierras altas. Se presenta una dominancia casi completa de especies de hoja ancha, aunque en sitios relativamente elevados y secos se hallan asociaciones de pinos (*Pinus caribea* y *P. oocarpa*) (CONAP, 2004). (Ver apéndice B, las principales especies de flora de Izabal).

Según estudios realizados en FUNDAECO (2006) en cerro san Gil se reportan 154 especies pertenecientes a 15 familias de epifitas entre las más representativas son: la familia Orchidaceae con 83 especies y la familia Bromeliaceae con 37 especies.

Según (Chávez., 2008) también se pueden observar gran variedad hepáticas tales como la *Marchantia polymorpha*, musgos y helechos.

3.6.10. Fauna

Izabal tiene variedad de fauna en todo su territorio, debido que posee importantes áreas protegidas como cerro San Gil, Punta de Manabique, Sierra Caral, Montaña Chiclera, Chocón Machacas y Bocas del Polochic, entre otras, las cuales resguardan importantes especies muchas de ellas endémicas. (Ver en apéndice C, el listado de las especies de fauna más representativas de Izabal).

Los registros de avifauna en Cerro San Gil indican que los hábitats de la Reserva mantienen a 407 especies de aves, pertenecientes a 62 familias y 18 órdenes taxonómicos. De las especies reportadas, 24 especies son consideradas endémicas regionales y 58 especies o sub-especies se consideran endémicas de Mesoamérica (CONAP,FUNDAECO,TNC., 2006).

Según (Gonzales, 2014) En Sierra Caral se han identificado cerca de 30 especies de anfibios, entre las que se encuentran seis de ranas y salamandras exclusivas del área. Además, es un importante refugio para las familias de insectos, pues se han identificado 14 especies endémicas de coleópteros (escarabajos), de las familias Passalidae y Scarabaeidae. En cuanto a las aves, se han reportado más de 200 especies, de las cuales 31 son endémicas.

(Linares, 2007) Indica que en investigaciones realizadas de fauna en Montaña Chiclera se han podido realizar dos, una sobre murciélagos y otra sobre aves. Dentro de la investigación de aves se destaca lo siguiente: 73 especies, pertenecientes a 10 órdenes y 26 familias, representando el 45% de las especies reportadas en las diferentes regiones del departamento de Izabal, típica del bosque maduro. Del total de especies el 83.6% fueron residentes y 16.4% migratorias.

Según (Chávez., 2008) existe una gran diversidad de moluscos y crustáceos, como la clase Gastropodas que incluye los caracoles, las babosas de la clase, Bivalvia, concha de bivalvo y almejas, Artropodos como la clase Diplopodos (Diplopoda) milpiés, clase Quilopodos (Chilopoda), Cienpies, Odonatos (odonata) caballitos del diablo, Ortopteros (orthoptera) como: los saltamontes, grillos, langostas y alacranes.

3.6.11. Zonas de vida

Se le llama zona de vida a la unidad climática natural en que se agrupan diferentes asociaciones correspondientes a determinados ámbitos de temperatura, precipitación y humedad. Basado en el sistema de clasificación de HOLDRIDGE. En el departamento se identifican 6 zonas de vida, tal como se muestra en la Figura 11.

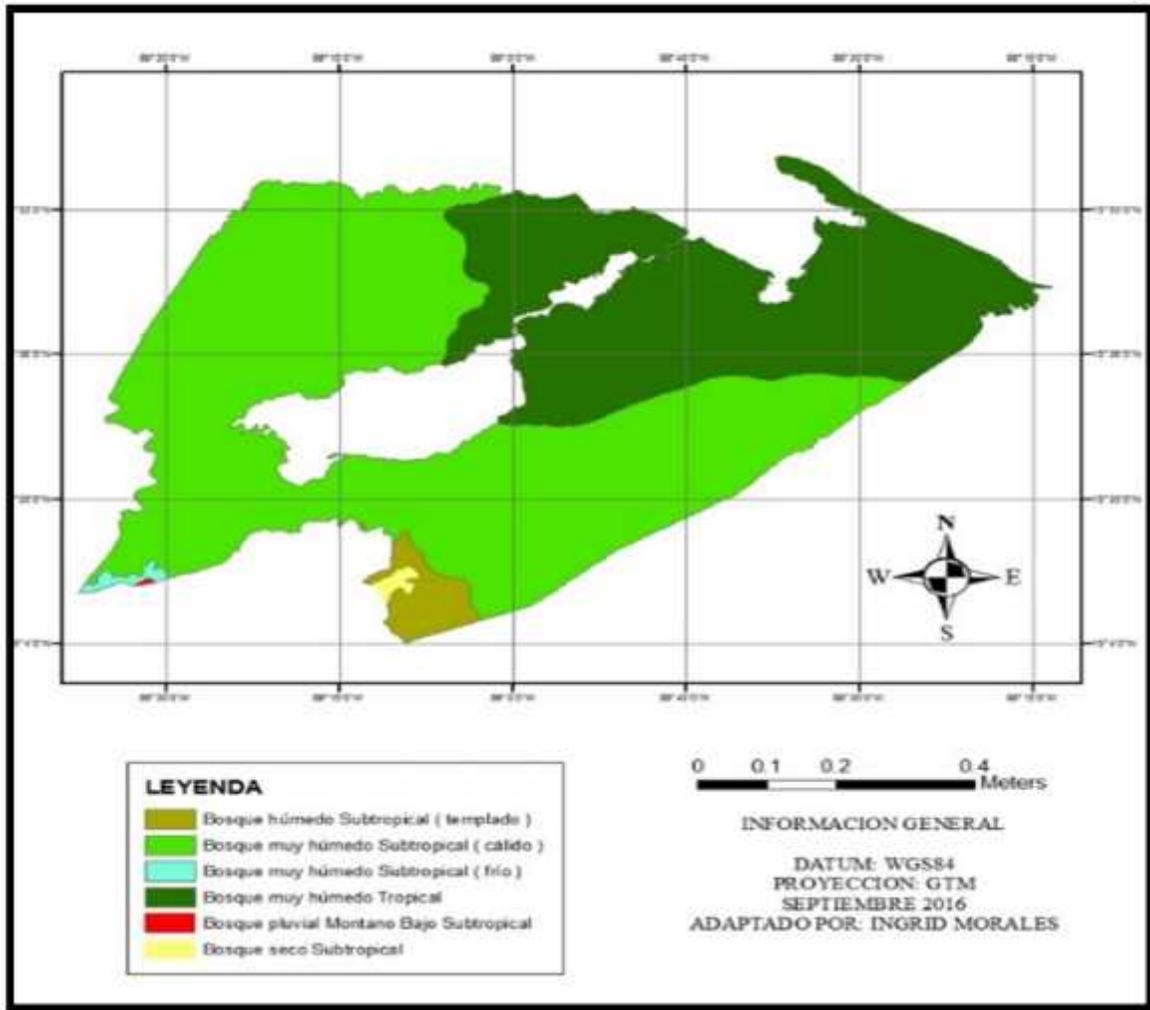


Figura 11. Mapa de zonas de vida de Izabal
 Fuente: MAGA 2003

De acuerdo a la figura anterior puede notarse que el departamento está conformado principalmente, por dos importantes zonas de vida de acuerdo al espacio territorial que ocupan, entre ellas el Bosque muy Húmedo Tropical, presente en el municipio de Puerto Barrios y Livingston. La segunda más grande está conformada por el Bosque muy Húmedo Subtropical (cálido), abarcando los municipios de El Estor, Los Amates y parte de Morales.

3.6.12. Áreas protegidas

El Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP), es el órgano máximo de dirección y coordinación del el Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (SIGAP), creados por la misma ley (Ley de Áreas Protegidas Dto. No. 4-89 del Congreso de la República de Guatemala.

El municipio de Puerto Barrios existen tres áreas protegidas debidamente declaradas, siendo Reserva Protectora de Manantiales cerro San Gil, Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique y la Bahía de Santo Tomas de Castilla, territorialmente las primeras dos ocupan más del 45% del territorio del municipio (RIC 2009).

Actualmente, en el departamento de Izabal, se registran 43 áreas protegidas legalmente declaradas (Ver en apéndice D, listado de áreas protegidas, por categoría de manejo, área y año de declaratoria).

3.7. Identificación de problemas ambientales

3.7.1. Análisis FODA

El presente análisis se efectuó entrevistando al personal que labora en el MARN delegación de Izabal, se identificaron las fortalezas y debilidades así como las oportunidades y amenazas, con la intención de tener una noción de cómo se encuentra la institución y para desarrollar estrategias futuras que puedan servir para mejorar el cumplimiento de sus funciones y objetivos así como también orientar la toma de decisiones que permitan su fortalecimiento. En la Tabla 2 se pudo observar el FODA realizado de forma participativa.

Tabla 2. Matriz de FODA del –MARN- delegación departamental de Izabal

Fortalezas	Debilidades
1. La delegación de Izabal del MARN posee la autoridad en materia de ambiente en todo el departamento.	1. Recurso humano insuficiente para el cumplimiento de objetivos.
2. Cuenta con un marco legal establecido para el cumplimiento de sus funciones.	2. Presupuesto insuficiente para el desarrollo de actividades.
3. Clima organizacional adecuado.	3. Falta de empoderamiento para la toma de decisiones, a nivel local.
4. Cuenta con políticas ambientales, que orientan las acciones para el cumplimiento de sus objetivos.	4. Carece de equipo técnico y unidades específicas para el cumplimiento sus objetivos, tales como: departamento jurídico, control y vigilancia, marino costero, evaluadores ambientales para los puertos.
5. Personal calificado y capacitado.	5. Ausencia de un grupo multidisciplinario profesional que por su ubicación geográfica demanda el departamento de Izabal.
6. Cumple con lo que se establece en el Plan Operativo Anual.	6. Falta de manuales administrativos que orienten sistemáticamente al personal que labora.
	7. El Plan operativo anual, no se ajusta a las exigencias reales del departamento.
Oportunidades	Amenazas
1. Posibilidad de apoyo interinstitucional.	1. Rotación de personal en la delegación por cambio de autoridades gubernamentales.
2. Apoyo a través de las municipalidades que cuenten con la Unidad de Gestión Ambiental Municipal (UGAM).	2. Continuar siendo el penúltimo ministerio en asignación presupuestaria.
3. Importancia que ha tomado el tema del medio ambiente a nivel Internacional.	3. Procesos largos en el sistema Judicial, de Delitos Contra el ambiente.
4. Creación de carreras profesionales en áreas ambientales en el departamento de Izabal por parte de las extensiones de las diferentes universidades del país.	4. Corrupción en los diferentes organismos del estado.
5. Participación ciudadana.	5. Incumplimiento de las leyes Ambientales.
6. Fortalecimiento de las direcciones técnicas de los Ministerios involucrados en la implementación de procesos medioambientales.	6. Falta de equidad en el cumplimiento de la ley.
7. Cumplimiento de convenios internacionales.	7. Poca desconcentración y descentralización del MARN central, hacia la delegación departamental.
	8. Presión política para la contratación de personal.

Fuente: Elaboración propia

3.7.2. Problemas ambientales de la unidad de práctica

A. Generación de residuos y desechos sólidos

Según (BID, AIDES,OPS, 2010) los datos de la evaluación regional de desechos sólidos generados, se estiman que son aproximadamente son de 0.63 Kg/hab/día.

Tomando en cuenta este dato, se calcula que en la delegación departamental de Izabal del –MARN- laboran 9 personas aproximadamente en un horario de 8 horas de lunes a viernes, se estima que en total todo el personal genera aproximadamente la cantidad de 5.7 Kg. de desechos por día y al mes 113.4 Kg o su equivalente en libras de 249.48 lb/mes.

Sin embargo la mayoría de desechos generados, por la actividad que se realiza, en su mayoría son inorgánicos de oficina, en su mayoría papel, el cual es reciclado.

B. Generación de aguas residuales

La delegación departamental del MARN no cuenta con edificio propio, por lo que se desconoce si cuentan con sistema primario de tratamiento de aguas residuales.

En la oficina laboran aproximadamente 9 personas y permanecen en la oficina 8 horas al día con un promedio de 20 días al mes, se calcula un gasto de agua por persona de 25 litros por día, por lo que se estima que el caudal de aguas residuales que se producen en la unidad es de: 3.6 m³/mes.

Estimación de caudal de aguas residuales

$$Q_d = C/\text{día} * P * R$$

C= consumo medio por habitante por día.

P= población servida

R= coeficiente de retorno

$$Q_d = 25 * 9 * 0.8 = 180 / 1000 = 0.18 * 20 = 3.6 \text{ m}^3/\text{mes.}$$

3.7.3. Principales impactos ambientales que afectan el departamento de Izabal

A. Minería

En el departamento de Izabal hay actividad de minera, sin embargo, aún no se han realizado estudios que indiquen los posibles daños que podrían causar a los sistemas naturales aire, agua, suelo y biota, además de la salud humana (Ingrid Morales, comentario personal, Marzo, 2016).

Según el Instituto Centro Americano de Estudios Fiscales (ICEFI, 2014) la minería provoca impactos sobre el capital natural: agua, aire, suelo y ecosistemas. Se mencionan los siguientes:

Los cuerpos de agua se ven afectados significativamente en toda la zona del proyecto. Se considera que al menos cuatro aspectos generan un impacto relevante al recurso hídrico; el drenaje ácido de mina y lixiviados contaminantes; la erosión de suelos y desechos mineros en aguas superficiales; Impactos causados por los embalses, desechos de roca y lixiviación en pilas y botadores; e impactos por el desaguado de la mina.

La erosión causada por la exposición de suelos, extracción de minerales, relaves y materiales finos que se encuentran en las pilas de desechos puede resultar en el aumento de la carga de sedimentos en las aguas superficiales y los drenajes.

La calidad de aire se ve afectada durante todas las etapas del proyecto minero, debido a que se movilizan grandes cantidades de materiales. Aun cuando los materiales no estén en movimiento, las pilas o depósitos de desechos contienen partículas pequeñas que se dispersan fácilmente con el viento (ICEFI, 2014).

Las zonas intervenidas por proyectos mineros pueden contaminar grandes extensiones de suelos, las zonas agrícolas cercanas pueden verse afectados por la contaminación que se disemina a través de escorrentía o el agua utilizada para el riego. Además los derrames y vertidos de materiales tóxicos y la sedimentación de polvo contaminado pueden causar la contaminación de suelos (ICEFI, 2014).

Según ICEFI (2014) los ecosistemas se ven afectados por la pérdida de hábitat debida a los daños directos e indirectos que ocasiona la minería. Los impactos se producen principalmente por la perturbación, remoción y redistribución de la superficie del terreno. Los efectos más directos en la vida silvestre son la destrucción o desplazamiento de especies en áreas excavadas o en depósitos de desechos mineros. Las especies silvestres como las aves, animales de caza y predadores deben dejar estas áreas, pero los animales con menor capacidad de movilización como los invertebrados, reptiles y vertebrados pequeños son los más afectados con mayor severidad.

La degradación de los hábitats acuáticos con frecuencia ha sido uno de los más afectados por la minería superficial, lo cual puede percibirse a grandes distancias del lugar donde se ubica la mina (ICEFI, 2014).

B. Deforestación

Según indica (INAB, URL, UVG, CONAP, 2012) el departamento de Izabal en el período 2006 contaba con 285,617 ha de bosque. Para el año 2010 se reportó una cobertura forestal de 264,245 ha. Durante el período 2006-2010, hubo una pérdida de 43,517 ha de bosque, sin embargo, durante ese mismo período se recuperaron 22,145 ha; teniendo una pérdida neta de - 21,372 ha de bosque.

C. Generación de Aguas residuales

En las municipalidades del departamento de Izabal carecen de sistemas de drenajes y alcantarillado municipal, en óptimas condiciones que dirijan las aguas residuales a una planta de tratamiento, la mayoría de viviendas solo cuentan con fosas sépticas, pozos ciegos y letrinas, otras drenan directamente sus aguas sin previo tratamiento a los ríos (SEGEPLAN, 2011).

D. Generación de residuos y desechos sólidos

Según (SEGEPLAN, 2011) ningún sector de la población del departamento de Izabal cuenta con un sistema apropiado para el manejo y disposición de los desechos y residuos sólidos, la mayor parte de la población quema la basura y algunos la tiran en cualquier lugar formando basureros clandestinos y unos pocos pagan servicio privado de recolección (que corresponde a áreas urbanas), sin embargo la basura que se recolecta por medio de tren de aseo, se apila de forma descontrolada y sin ningún tratamiento adecuado.

4. ACTIVIDADES DE GESTIÓN AMBIENTAL DESARROLLADAS

4.1. Título de la actividad: Proyecto de reciclaje, en la escuela rural integral mixta “Salvador Efraín Vides Lemus”

4.1.1. Descripción de la actividad

La escuela de educación primaria Salvador Efraín Vides Lemus fue seleccionada como; “Escuela modelo en el manejo adecuado de los desechos y residuos sólidos”, por la delegación del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Izabal, con el objetivo de educar y promover cambios de actitud en la población estudiantil.

Se impartieron charlas a estudiantes, docentes y padres de familia, de toda la escuela en ambas jornadas; con la finalidad de involucrar a todos y así actuar de forma integral.

Uno de los temas a desarrollar fue: “Manejo de desechos y residuos sólidos” principalmente la aplicación de las 4”R”; reducir la cantidad de plástico que se genera en el plantel educativo, rechazar el uso de materiales no biodegradables ni reciclables como el duroport, reutilizar todos los residuos que se generan principalmente el plástico y el papel y por ultimo reciclar.

En este último tema se planteó, realizar campañas mensuales para la recuperación y aprovechamiento de los residuos generados en el establecimiento vendiéndolos para su posterior reciclaje, separando los materiales que más se generan en la escuela siendo estos: plástico, papel y aluminio.

Para la realización de las actividades de reciclaje se conformó un grupo de docentes encargados de realizar las campañas de reciclaje y encargados del ornato de la escuela. (Ver apéndice 6 imágenes de la actividad).

4.1.2. Objetivo

Crear conciencia y fomentar hábitos en el manejo adecuado de los desechos y residuos sólidos, dirigida a los docentes, padres de familia y principalmente los estudiantes.

4.1.3. Meta

La participación del 85% de la población estudiantil en las campañas de recuperación de materiales para el reciclaje.

4.1.4. Procedimiento

- ✓ Se solicitó autorización a la directora del establecimiento, para la realización de las actividades.
- ✓ Se capacito y concientizo a los docentes, padres de familia y alumnos por medio de charlas educativas acerca de la importancia de cuidar el medio ambiente, el cual está siendo contaminado, entre otras causas por el mal manejo de los desechos y residuos sólidos.
- ✓ Se conformó por parte de la dirección del establecimiento a un grupo de docentes de ambiente y ornato.
- ✓ Se gestionó la donación de toneles para usarlos como contenedores para separar los residuos.
- ✓ Se seleccionó una de las empresas que se dedican a la compra y venta de material reciclable para la recolección y traslado.
- ✓ Se propuso realizar campañas de reciclaje mensualmente y la dirección se comprometió a seguir con el proyecto.
- ✓ Para apoyar con en el tema de ornato y jardinería, se gestionó la donación de 25 arbolitos, los cuales serán sembrados en la escuela.

4.1.5. Recursos humano y físico

Responsable: Ingrid Morales, Epesista de la Carrerera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local.

Participantes: Personal del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, delegación de Izabal (MARN), escuela oficial rural mixta, Efraín Vides Lemus, (Directora Saida Osorio, docentes, padres de familia y alumnos), personal de empresa recicladora.

Equipo: Computadora portátil, proyector, papel, presentaciones audiovisuales, pesa, costales y contenedores.

4.1.6. Evaluación de la actividad

Se realizaron dos campañas de recuperación de materiales para el reciclaje, con una participación activa del 80% de toda la población estudiantil quienes se comprometieron a continuar con estas actividades de reciclaje mensualmente.

Con estas acciones se motivó a los estudiantes, docentes y padres de familia a ser parte del cambio con la aplicación de las 4 erres y la adquisición de buenos hábitos que contribuyen a reducir la cantidad de desechos que de forma directa e indirecta provocan contaminación ambiental. Además se obtuvo un beneficio económico para las diferentes actividades de la escuela.

Las campañas de reciclaje que se realizaron en la escuela se detallan a continuación:

Primera campaña de recuperación de materiales para el reciclaje

Fecha: 03 de junio del 2016

En esta primera actividad de apertura del proyecto, se realizó un acto cívico en el cual se habló a toda la comunidad educativa sobre la importancia de manejar adecuadamente los residuos. A este acto asistió todo el personal del MARN. En la Tabla 3 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 3. Resultados de primera actividad de reciclaje, Escuela Oficial Rural Mixta Salvador Efraín Vides Lemus

Materiales	Peso	Precio en Q.	Total
Plástico	40 libras	Q. 0.50/lb	Q.20.00
Lata	86 libras	Q. 2.15/lb	Q.184.90
Papel	394 libras	Q. 0.25/lb	Q. 98.50
Cartón	99 libras	Q. 0.05/lb	Q. 4.95
Total	619 libras		Q. 308.35

Fuente: Elaboración propia

Segunda campaña recuperación de materiales para el reciclaje

Fecha: 12 de julio del 2016

En la Tabla 4 se muestran los resultados obtenidos de la segunda campaña de reciclaje en la escuela.

Tabla 4. Resultados segunda actividad de reciclaje escuela Oficial Rural Mixta Salvador Efraín Vides Lemus

Materiales	Peso	Precio en Q.	Total
Plástico	147 libras	Q. 0.50/lb	Q. 73.50
Papel	256 libras	Q. 0.25/lb	Q. 64.00
Latas	46 libras	Q. 2.15/lb	Q. 98.90
Cartón	51 libras	Q. 0.05/lb	Q. 2.55
Vidrio	16 libras	Q. 0.10/lb	Q. 1.60
Total	516 libras		Q.240.55

Fuente: Elaboración propia

4.2. Título de la Actividad: Manejo adecuado de los desechos y residuos sólidos en el Instituto Nacional de Educación Básica Experimental “Dr. Luis Pasteur”

4.2.1. Descripción de la actividad

El establecimiento se encuentra ubicado en el municipio de Puerto Barrios Izabal, durante algún tiempo ha tenido algunos inconvenientes derivados del manejo inadecuado de sus desechos, en su mayoría polietireno expandido (duroport) y plástico los cuales son quemados junto a desechos orgánicos de jardín, dentro de sus instalaciones, provocando una alta contaminación ambiental y más alarmante aun promoviendo y enseñando a las nuevas generaciones este tipo de prácticas.

Debido a ello se solicitó la autorización a la dirección del centro educativo realizar actividades que permitan corregir estas prácticas y evitar estos problemas ambientales.

Las actividades desarrolladas en el instituto Experimental Dr. Luis Pasteur, fueron las siguientes: a) Charlas sobre “manejo adecuado de los desechos y residuos sólidos” impartidas a docentes, encargados de cafetería y alumnos en cada grado y sección del nivel básico tanto de la jornada matutina como vespertina. b) Estimación de la generación desechos de poliestireno expandido (duroport) en todas las tiendas del establecimiento. c) Estimación de la generación de residuos inorgánicos generados y su separación en un periodo de una semana. d) Maratón de papel realizada con los estudiantes de la jornada matutina. e) Eliminación del basurero. (Ver en apéndice 7 imágenes de la actividad).

4.2.2. Objetivo

Crear conciencia y buenos hábitos por toda la comunidad estudiantil en el manejo adecuado de los desechos y residuos sólidos.

4.2.3. Meta

Participación del 85% de toda la comunidad educativa entre ellos: docentes, estudiantes en ambas jornadas y personal de cafetería.

4.2.4 Procedimiento

- ✓ Previo a la actividad se solicitó autorización a la directora del Instituto Experimental para la realización de las actividades.
- ✓ Durante los meses de marzo y abril se impartieron charlas educativas en el tema; manejo adecuado de los desechos y residuos sólidos, así la importancia del reciclaje de papel, en todas las secciones que comprende el centro educativo en ambas jornadas, incluyendo a docentes y personal de cafetería.
- ✓ Se realizó una estimación de los residuos que se generan en el periodo de una semana dentro del establecimiento, al mismo tiempo se les enseñó a los jóvenes a separarlos según los diferentes materiales. Los que fueron vendidos a una empresa recicladora.
- ✓ Se realizó un diagnóstico en las cafeterías, para conocer la cantidad de poliestireno expandido (duroport) generado en el centro educativo con el objetivo de buscar alternativas que sustituyan su uso, debido a que este material no es reciclado en nuestro país y generalmente es quemado.
- ✓ Se gestionó la donación 40 toneles los cuales servirán como contenedores para depositar los desechos sólidos y para ser utilizados en un futuro proyecto de separación in situ de materiales reciclables.
- ✓ Se realizó la actividad denominada “Maratón de papel” para promover cambios de actitud en cuanto al manejo adecuado de este valioso recurso.
- ✓ Se elaboraron diplomas de participación de la campaña “Maratón de papel” para premiar al grado más participativo y motivar de esta manera a los estudiantes más entusiastas.
- ✓ Se convocó a la empresa recicladora, para que el día de la actividad se presente para pesar y recolectar el material reciclable.

- ✓ Se propuso a la directora usar alternativas diferentes al uso del duropor, y botellas plásticas, se espera que en un futuro próximo se pueda realizar este cambio.
- ✓ Se propuso a la directora del establecimiento de un proyecto de separación y recuperación “in situ” de los materiales generados en el establecimiento. El cual se espera inicie el año próximo.

4.2.5. Recursos humano y físico

Responsable: Ingrid Morales, Epesista de la Carrereara de Ingeniería en Gestión Ambiental Local.

Colaboradores: El MARN (delegación Izabal), Instituto Nacional de Educación Básica Experimental “Dr. Luis Pasteur”, Directora Leticia Tenas, docentes, alumnos y personal de empresa recicladora.

Equipo: Computadora portátil, proyector, papel, material visual, pesa, costales, toneles.

4.2.6. Evaluación de la actividad

A. Charlas de capacitación en el manejo adecuado de los desechos residuos sólidos

Durante los meses de Marzo y abril se impartieron aproximadamente 50 charlas de capacitación en el manejo adecuado de los desechos y residuos sólidos generados en el centro educativo a un 85% de toda la comunidad educativa que incluye los docentes, personal de cafetería y estudiantes de nivel básico de todas las secciones en ambas jornadas.

Se hablo acerca de los problemas que actualmente causa el manejo inadecuado de los desechos y residuos sólidos, así como también se les motivo a aplicar la técnica de las cuatro erres, rechazar en uso de empaques y envoltorios innecesarios así como la generación de

materiales no reciclables ni biodegradables como, el duroport, reducir la cantidad de desechos que se generan diariamente, reutilizar los materiales dándoles un segundo uso antes de tirarlos y por ultimo reciclar. Se les indico que para la recuperación de materiales reciclables es necesario separar los materiales en el lugar de origen para que estos no se contaminen y puedan ser aprovechados.

B. Estimación de producción de poliestireno expandido (duroport)

Para poder sugerir una alternativa diferente al uso del duroport, es necesario conocer la cantidad y precios que manipulan los vendedores en el establecimiento y para tal efecto se entrevistó a los encargado de cada una de las cinco cafeterías ubicadas dentro del instituto, se les pregunto cada cuanto compran este material y en qué cantidades, además del porqué de su uso.

En el instituto hay un total de cinco cafeterías que laboran de lunes a sábado las cuales compran cada una un promedio de 200 unidades de bandeja mediana al día por lo que se estima que generan un total de 1000 unidades diarias y 6000 unidades a la semana. El motivo de su utilización es por su bajo costo y fácil adquisición en el mercado.

C. Estimación de la generación de residuos inorgánicos producidos en el Instituto Nacional de Educación Básica Experimental Dr. Luis Pasteur

Se realizó una estimación de los residuos generados en el centro educativo, en la jornada vespertina, en un periodo de una semana, con el objetivo de reconocer cuales son los materiales inorgánicos reciclables y que los jóvenes aprendieran a separarlos en el lugar de origen. El material recolectado fue vendido a una empresa recicladora. En la Tabla 5 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 5. Resultados de la estimación de generación de materiales inorgánicos en el Instituto Nacional de Educación Básica Experimental Dr. Luis Pasteur

Material	Peso	Precio* lb en quetzales.	Total
Plástico	95 libras	Q. 0.50	Q. 47.50
Latas	12 libras	Q. 2.15	Q. 25.80
Papel	192 libras	Q. 0.25	Q. 48.00
Total	264 libras		Q. 121.60

Fuente: elaboración propia

D. Actividad “Maratón de papel”

La materia prima para la fabricación de papel es la celulosa proveniente de los árboles, al reciclar el papel evitamos su explotación, además es el material que más se genera en los centros educativos y después de su utilización, regularmente es tirado junto a otros desechos o quemado, provocando de esta manera contaminación ambiental. La importancia de esta campaña junto a las charlas de educación y concientización, radica en promover cambios de actitud en cuanto a su manejo y poner en práctica el hábito de separar este material de todos los demás, para su recuperación y posterior reciclaje.

La actividad inicio con un acto cívico en el cual compartió un tema sobre la importancia del reciclaje de papel y se motivó para que se lleve a cabo un nuevo proyecto de reciclaje de otros materiales como: latas, papel y principalmente plástico, que son los que más se generan en el centro educativo.

La actividad se realizó únicamente con los alumnos de la jornada matutina. Los estudiantes junto a su maestro guía se organizaron por grados para reunir todo el papel generado tanto en el centro educativo así como en sus casas.

El material fue trasladado por cada grado al área asignada en las instalaciones del instituto, para ser pesado por la empresa recicladora quien lo recolecto y realizo el pago de efectivo por la compra del material a los directivos del establecimiento.

El grado que más papel recolecto fue tercero de la sección “T” quienes recolectaron 361 Lb. de papel y fue premiado con diplomas de participación otorgados por la delegación del MARN Izabal, en la Tabla 6 se describe los resultados obtenidos de los participantes de la maratón de papel.

Tabla 6. Resultados de la maratón de papel del nivel básico por sección

Sección	Peso de papel en libras
Primero básico	
“B”	164
“G”	54
Segundo básico	
“A”	176
“B”	315
“F”	89
Tercero básico	
“A”	35
“B”	58
“C”	201
“D”	84
“E”	65
“F”	73
“G”	56
“H”	251
“T”	361
“J”	297
TOTAL	2,279 Lb

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 7 se muestran los resultados obtenidos de la cantidad total en libras y el precio en quetzales del papel reciclado de la actividad denominada “Maratón de papel.”

Tabla 7. Total recaudado en quetzales de la maratón de papel

Total de papel	Precio (Q /lb)
2,279 lb	Q. 0.20
TOTAL	Q. 455.80

Fuente: Elaboración propia

E. Eliminación de basurero

Históricamente los desechos que se generaban dentro de las instalaciones del instituto eran depositados y quemados en la parte posterior del mismo teniendo, su propio basurero. Esto debido a que, por la gran cantidad y volumen (principalmente duro por y plástico) ninguna empresa de extracción de basura se comprometía a recolectarla y tampoco contaban con fondos económicos suficientes para pagar por este servicio.

A través de las charlas impartidas se logró que las autoridades administrativas tuvieran conciencia del daño ambiental que producían y más preocupante aún la enseñanza que recibían los estudiantes al seguir fomentando estos hábitos.

Se realizó una donación de 40 toneles para ser usados como depósito para desechos y a través de las campañas de reciclaje obtener efectivo para poder pagar el servicio de extracción. Actualmente se eliminó por completo el basurero.

El proceso continúa, se pretende complementar la actividad situando en el instituto contenedores diferenciados por colores y estratégicamente colocados en todo el centro educativo para separar los residuos en el origen y adecuar un espacio como centro de acopio temporal para luego ser recolectados por una empresa recicladora periódicamente.

4.3. Título de la actividad: Manejo adecuado de los desechos y residuos sólidos generados en la escuela “Particular Mixta Justo Rufino Barrios”

4.3.1 Descripción de la actividad

Los centros educativos son claves en la formación y educación de las nuevas generaciones por lo que es necesario que sea allí donde se fomenten este tipo de proyectos, es por ello que se seleccionó a la “Escuela Particular Mixta Justo Rufino Barrios” uno de los centros educativos privados más reconocidos en el departamento de Izabal y se solicitó autorización para capacitar a toda la población estudiantil en el tema “Manejo adecuado de los desechos y residuos sólidos”.

Contando con la aprobación de la dirección se impartieron charlas educativas en las que se les habló de los problemas ambientales generados por el manejo inadecuado que actualmente le damos a los desechos, concientizándoles acerca de nuestra responsabilidad como ciudadanos responsables que somos y asumir que podemos ayudar con nuestras acciones diarias al reducir la cantidad de desechos que generamos, al rechazar el uso de materiales no degradables, reutilizar algunos materiales y separar los residuos que generamos para su aprovechamiento reincorporándolos de nuevo al ciclo de vida a través del reciclaje.

En la actividad se capacitó a los estudiantes sobre como separar los materiales reciclables en contenedores de diferentes colores, para ello se presentó un video sobre el tema y se realizaron prácticas para facilitar la comprensión de los estudiantes.

Se les motivó a colaborar con el nuevo proyecto que se llevara a cabo en las instalaciones del colegio, para lo cual se instalaran contenedores para separar correctamente los residuos generados por los estudiantes en el establecimiento, los cuales serán pesados y retirados periódicamente por una empresa dedicada a la compra de materiales, para su posterior reciclaje.

Se realizó una caracterización de los desechos, para tener una estimación de cuales son y qué cantidades se generan al día, con el objetivo de adecuar el proyecto según la demanda de materiales.

Este proyecto empezara a aplicarse como ensayo en los meses que faltan para terminar el año escolar, los cuales corresponden a septiembre y octubre y se espera continúen en los años próximos debido a que la dirección conoce la importancia y los beneficios que se obtienen de la educación en el tema ambiental. (Ver en apéndice 8 las imágenes de la actividad).

4.3.2 Objetivo

Crear conciencia en la comunidad educativa, de la importancia de manejar adecuadamente los desechos y residuos sólidos.

4.3.3 Meta

Capacitar al 90% participante entre estudiantes y docentes.

4.3.4. Procedimiento

- ✓ Se solicitó autorización al delegado Interino del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales Ing. Carlos Rodas, para hacer una invitación a la Escuela Particular Mixta Justo Rufino Barrios para colaborar con el proyecto denominado “Manejo adecuado de los desechos y residuos sólidos en centros educativos”.
- ✓ Se concertó una cita con la directora del establecimiento para asistir juntamente con el delegado del MARN y exponerle cual era el tema y sus objetivos con la finalidad de obtener la autorización dicha actividad.

- ✓ Se le llevo un oficio por parte del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales delegación de Izabal, para agradecer el apoyo de la dirección y que se incluyera en la agenda de actividades.
- ✓ Se preparó una presentación con diapositivas del tema “Manejo de desechos y residuos sólidos en centros educativos” y se presentaron los resultados obtenidos tanto en la Escuela Vides Lemus y el Instituto Experimental, para motivarlos a realizar su propio proyecto.
- ✓ Se seleccionó una dinámica de rompe hielo para el inicio de cada charla y un video de concientización en el tema ambiental para el cierre.
- ✓ Se impartieron charlas de concientización a todos los docentes, por ser ellos parte fundamental en el proceso enseñanza- aprendizaje debido a su labor como formadores y educadores. Estas también se impartieron a todos los estudiantes de primaria, básico y diversificado, en todas las secciones con las que cuenta el establecimiento.
- ✓ Se les enseñó a separar los residuos en contenedores diferenciados por colores según material: plástico, papel, cartón, latas y el resto de desechos no aprovechables en otro contenedor.
- ✓ Se realizó una caracterización de materiales para conocer cuáles son los que más se generan y cuales pueden recuperarse para ser reciclados y cuales hay que reducir o rechazar su uso.
- ✓ A los niños de primaria se le presento un video animado sobre los desechos y residuos sólidos para facilitar el proceso de enseñanza.

4.3.5. Recursos

Humanos: Responsable de la actividad Ingrid Morales, Epesista de la carrera de ingeniería en Gestión Ambiental Local.

Personal del MARN delegación de Izabal, Marielena Estrada Directora del establecimiento, personal de limpieza, administrativo, docentes y estudiantes del colegio.

Equipo Físico: Proyector, computadora, cámara, papel, equipo de audio y video, pantalla, presentaciones en diapositivas, salón y sillas, basura, cajas de cartón forradas de papel de diferentes colores, toneles de basura, pesa.

4.3.6. Evaluación de la actividad

- ✓ Se impartieron 24 charlas educativas con el tema “manejo adecuado de los desechos y residuos sólidos en la Escuela Justo Rufino Barrios” distribuidos de la siguiente manera: 315 estudiantes de primaria, 276 de básico y 510 de diversificado, así como a los 36 docentes del establecimiento siendo un total de 1,147 participantes. Lo que corresponde a más del 90% de la población estudiantil capacitada.
- ✓ Se sentaron las bases para el desarrollo del proyecto de separación y recuperación de materiales reciclables y la compra de contenedores para su aplicación, por parte de la dirección del establecimiento.
- ✓ Se realizó una caracterización de los desechos y residuos sólidos en el centro educativo.

Resultados de la generación diaria de desechos y residuos sólidos en el instituto Mixto Privado Justo Rufino Barrios.

Peso bruto: 285 lb. Tara: 126 Peso: $285-126= 159$ lb.

En la Tabla 8 se presentan los resultados obtenidos en la caracterización de los materiales generados en el centro educativo.

Tabla 8. Selección y peso de los materiales

Materiales	Peso en lb
Papel	46
Latas	5
Tetrabrik	5
Poliestireno (PS) (Plástico duro)	6
Poliestireno expandido (duroport)	10
Tereftalato de polietileno (pet)	41
Tapitas	3
Cartón	14
Restos alimenticios	5
Otros	24

Fuente: Elaboración propia

Resultados de la caracterización:

- ✓ Se generan en el establecimiento 159 libras de desechos al día.
- ✓ En peso el material que más se genera es el papel, seguido de envases de pet.
- ✓ El material en volumen que más se genera es el plástico.
- ✓ El segundo material en volumen es el poliestireno expandido (duroport).

Pd. (Este material no se recicla en el departamento de Izabal por lo que se recomienda usar una alternativa diferente).

4.4. Título de la Actividad: Participación en la Campaña Nacional “Limpiemos Guatemala”

4.4.1. Descripción de la actividad

Limpiemos Guatemala es una actividad patrocinada por Fundación Azteca, quienes la han realizado desde hace 4 años y consiste en movilizar a voluntarios de los centros educativos para celebrar el Día Mundial de la Tierra, invitándolos a limpiar los alrededores y el interior de sus establecimientos. Dicha labor se realizó con el apoyo de instituciones como la Dirección Departamental de Educación (DIDEDUC) y la delegación de Izabal del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN).

Primero se asistió a una videoconferencia dirigida por Fundación Azteca, quienes dieron las directrices para la realización de la campaña, luego nos reunimos con los responsables de la DIDEDUC, el Director Regional y el Delegado del MARN para realizar la logística de la campaña de limpieza.

Se apoyó a los coordinadores, Licda. Ingrid Iliana Frasser Leal y el Lic. Elfego Cerdón Guzmán, acompañándolos a efectuar la inscripción de los diferentes centros educativos tanto públicos como privados del área de Puerto Barrios y Santo Tomás de Castilla Izabal, además de llevarles los oficios con la información requerida para la realización de la actividad de limpieza, al resto de los municipios se les envió la información por vía digital.

4.4.2. Objetivo

Sensibilizar a la comunidad sobre el problema de la basura con la participación de estudiantes, docentes y padres de familia de los centros educativos.

4.4.3. Meta

Lograr la participación del 75% de centros educativos del departamento de Izabal.

4.4.4 Procedimiento

- ✓ Se apoyó en la logística de la actividad.
- ✓ Se acompañó a dejar oficios e inscribir a los centros educativos públicos y privados participantes.
- ✓ Se entregaron costales y guantes en los centros educativos inscritos en la campaña.

4.4.5. Recursos Físicos y humanos utilizados

Personal de DIDEDUC, Licda. Ingrid Iliana Frasser Leal, Lic. Elfego Cordón Guzmán, personal del MARN, Ingrid Morales, Epesista de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local.

Recursos Físicos: Vehículo, oficios, listados de participación, computador y proyector.

4.4.6. Evaluación de la actividad

Se tuvo la participación de 143 instituciones educativas y un total de 16,572 participantes entre estudiantes y docentes. Se recolectaron 74.4 toneladas de basura.

4.5. Título de la Actividad “Campaña de Reforestación las Brisas nacimiento Rio Las Escobas”

4.5.1. Descripción de la actividad

La actividad fue una iniciativa de la Fundación para el Ecodesarrollo y la Conservación (FUNDAECO) y Reservas Militares de Puerto Barrios Izabal, con el apoyo del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) delegación de Izabal, entre otras instituciones.

La comunidad Las Brisas forma parte la zona núcleo del área protegida del Cerro San Gil y es coadministrada por FUNDAECO, es de suma importancia porque en ella nace el Rio Las Escobas, el cual es el que abastece de agua a la población de Puerto Barrios y Santo Tomas de Castilla.

Uno de los principales problemas que afectan esta zona, es la deforestación, es por ello que se realiza esta campaña, con el objetivo de recuperar la zona boscosa del lugar y proteger la fuente de recarga hídrica así como también concientizar a la población de los problemas que causa esta práctica.

La “Campaña de la Reforestación” dio inicio el sábado 23 de julio con la participación de diferentes grupos como los estudiantes de la Escuela de Humanidades de la Universidad de San Carlos (USAC) quienes participaron ese único día, mientras que Reservas Militares, la Infantería de Marina del Comando Naval del Caribe, los grupos Scout de Morales y Marineros de Santo Tomas de Castilla, estudiantes de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local del Centro Universitario de Izabal CUNIZAB/USAC y personal de FUNDAECO acamparon en el área colaborando con las actividades en ambos días.

El resto del grupo que se sumó el día domingo 24; colaboraron representantes y personal de la Municipalidad de Puerto Barrios, MARN, BANRURAL y población civil, quienes participaron en las actividades de siembra y resiembra del área designada.

La campaña de reforestación culminó con un acto de clausura en la escuela de la comunidad el Tamarindal, donde se dio un mensaje de la importancia de cuidar y preservar nuestros bosques por los servicios que nos otorgan, también se brindaron los respectivos agradecimientos a todos los participantes. (Ver apéndice 9 imágenes de la actividad).

4.5.1. Objetivo

Recuperar el área boscosa y proteger la fuente de recarga hídrica del Río Las Escobas

4.5.2. Meta

Reforestar el 90% del área seleccionada.

4.5.3. Procedimiento

- ✓ Se representó a la delegación del MARN de Izabal, en las reuniones organizadas y dirigidas por FUNDAECO y Reservas Militares de Puerto Barrios, para definir la logística de la actividad.
- ✓ Se coordinó el transporte y combustible por parte del MARN, para actividades de traslado de árboles y de personas.
- ✓ Se invitó a los grupos Scout marinos de Puerto Barrios y Scout terrestres de Morales para participar en la campaña.
- ✓ Se colaboró con la divulgación de la actividad, así como de la venta de playeras y la compra de las mismas para el personal del MARN.
- ✓ Participación en la campaña de reforestación.

4.5.4. Recursos físicos y humanos

36 Estudiantes de IGAL, CUNIZAB, 20 Representantes de FUNDAECO, 70 Reservistas, 5 Voluntarios de VOLDEZA, 20 Jóvenes de SCOUT Morales ,20 SCOUT marinos de Puerto Barrios, 18 Estudiantes CONACAR, 12 Estudiantes de Pedagogía CUNIZAB, 28 Representantes de BANRURA, 23 Infantes de Marina, 186 Estudiantes de Humanidades del CUNIZAB, 9 Personas del MARN, 8 Personas de la Municipalidad de Puerto Barrios, 25 personas de la población civil.

Equipo: Pick Up, camiones, piochas, palas, arboles, toldos, equipo de audio.

4.5.5. Evaluación de la actividad

Se estima que se reforestaron 3 Ha, a una distancia de 3*3 sembrando aproximadamente 3,333 arbolitos de cedro y caoba, también se realizaron actividades de resiembra de aproximadamente 2,667 árboles de la misma especie, haciendo un promedio de 6,000 árboles. En la Tabla 9 se describe una estimación de las especies de árboles.

Tabla 9. Aproximado de especies arbóreas sembradas

Cedro	Caoba	Total
2,825	3175	6,000

4.6. Título de Actividad: Educación ambiental “Propuesta de manejo de desechos y residuos sólidos en centros educativos” dirigida a los directores de las instituciones educativas privadas y públicas del municipio de Livingston Rio Dulce, Izabal

4.6.5. Descripción de la actividad

Esta actividad se realizó con la finalidad de llevar una propuesta a los directores de centros educativos de Livingston Rio Dulce, para que en cada institución se lleve a cabo un proyecto denominado “manejo adecuado de los desechos y residuos sólidos”.

Para ello se impartió una charla educativa de los problemas que actualmente generan el manejo inadecuado de los residuos y desechos sólidos y que es vital erradicar los actuales hábitos de generarlos, tirarlos y quemarlos.

Sabemos de la importancia que ejercen los centros educativos en la enseñanza aprendizaje en la formación de buenos hábitos, por lo que se cree que es allí donde se deben aprender, practicar y desarrollar capacidades que nos permitan ser ciudadanos responsables y cambiar nuestra actual cultura. Para ello se deben llevar a cabo varias actividades que contemplen la aplicación de buenas prácticas como: la separación en el lugar de origen, recuperación de materiales para el reciclaje, la aplicación de las 4 erres. Reducir, reutilizar, reciclar y rechazar.

Se les presentaron los resultados obtenidos en las tres Instituciones educativas en las cuales están realizando ya varias actividades y están en proceso de catalogarse como: “modelos en el manejo adecuado de los desechos y residuos sólidos”. Entre ellos: La Escuela Efraín Vides Lemus, Instituto Experimental Dr. Luis Pasteur, Escuela “Justo Rufino Barrios”.

Se les animo a llevar a cabo este proyecto y a ser parte del cambio colaborando así a disminuir la contaminación ambiental y promover el desarrollo sostenible del departamento.

4.6.2. Objetivo

Educar y promover una cultura de cambio en el manejo adecuado de los desechos y residuos sólidos en las nuevas generaciones.

4.6.3. Meta

Participación de 50 % directores de centros educativos del municipio de Livingston Rio Dulce.

4.6.4. Procedimiento

- ✓ Se solicitó autorización al delegado departamental de Izabal del MARN, para la realización de la actividad.
- ✓ Se realizó un oficio al Director Departamental de Educación de Izabal (DIDEDUC), Licenciado Julio Antonio de León Sosa, para exponerle el tema y solicitar su autorización para llevar a cabo la actividad.
- ✓ Se coordinó y se planificó con la Licenciada Ingrid Frazer coordinadora departamental de educación del nivel medio y diversificado de la DIDEDUC; para dar una charla del tema, “manejo adecuado de los desechos y residuos sólidos en centros educativos, de los cinco municipios de Izabal (por motivo de la huelga no se pudo realizar dicha actividad, en el resto del departamento).
- ✓ Se convocó y se realizó la actividad planificada dirigida a los directores y docentes de ciencias naturales de las instituciones educativas públicas y privadas de Rio Dulce en el municipio de Livingston.
- ✓ Se hizo una presentación visual para exponer el tema.

4.6.5. Recursos

Humano: Ingrid Morales Epesista de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local del CUNIZAB, Lic. Ingrid Frasser coordinadora departamental DIDEDUC, directores y docentes de centros educativos del municipio de Livingston Rio Dulce, piloto del MARN.

Físico: Vehículo, computadora, cañonera, sonido.

4.6.6. Evaluación de la actividad

Se capacito a un total de 13 directores de diferentes centros educativos del área de Rio Dulce. Se espera que con la autorización otorgada por parte del director departamental de educación se pueda continuar con estas actividades en cada centro educativo de todo el departamento de Izabal, con la colaboración del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

4.7. Actividades no planificadas

4.7.1. Título de la actividad: Celebración del “Día Internacional de la Tierra” en el Instituto Nacional de Educación Básica Experimental Dr. Luis Pasteur.

Descripción de la actividad

Esta celebración se realiza el 22 de abril de cada año y su comienzo se dio con un movimiento ambientalista moderno, en el año 1970 cuando 20 millones de norteamericanos tomaron las calles, los parques y los auditorios para manifestarse por un ambiente saludable y sustentable.

Actualmente se celebra en todas partes del mundo y su objetivo es hacer conciencia a los gobiernos y ciudadanos principalmente a los jóvenes, de la importancia de cuidar y mejorar nuestro ambiente.

En el instituto se celebró el del Día Internacional de la Tierra, dando inicio con un acto cívico, en el que se representó a la delegación departamental de Izabal del MARN y se expuso el tema.

El fin primordial es reflexionar sobre el daño que le estamos haciendo al planeta con nuestras actitudes y acciones, por desconocimiento o indiferencia se hizo énfasis en que todos los días se debe cuidar de él.

La actividad se realizó en ambas jornadas y los estudiantes junto a sus maestros guías limpiaron y recogieron basura en los alrededores y en el interior del centro educativo.

4.7.2 Título de la actividad. “Celebración del Día Internacional de la Tierra” dirigida a los feligreses de la Parroquia San Martín Barrio El Rastro, Puerto Barrios Izabal.

Descripción de la actividad:

Con el motivo de celebrarse el Día de la Tierra, se nos invitó en representación del MARN delegación de Izabal a participar de la actividad y se nos pidió compartir un tema en el que se habló del manejo domiciliario de los desechos y residuos sólidos, con el objetivo de crear conciencia y promover cambios de hábitos en el hogar, aprendiendo a seleccionar los residuos en orgánicos e inorgánicos.

Se habló sobre la importancia de aplicar la técnica de las 5 “R” Rechazar, los desechos contaminantes como: baterías comunes, poliestireno expandido (duropor), etc. Reducir la cantidad de basura que generamos principalmente los plásticos. Reutilizar los materiales generados y darles un segundo uso. Reciclar los productos como: latas, papel, plástico, etc. Recoger la basura de nuestros patios y frentes de calle para tener un lugar limpio donde vivir.

Este día se aprovechó para concientizar a los feligreses de que el planeta es nuestra casa común y debemos cuidarla todos los días, con un cambio en nuestras actitudes y hábitos, los cuales nos permitirán vivir en un ambiente saludable y sostenible.

4.7.3. Título de la actividad: Charla de educación ambiental con el tema “Manejo adecuado de los desechos y residuos sólidos, dirigida a los vecinos del Barrio El Rastro, municipio de Puerto Barrios Izabal.

Descripción de la actividad:

Como resultado de la charla impartida el Día de la Tierra los feligreses de la parroquia San Martín solicitaron el apoyo de la delegación del MARN para capacitar a los vecinos del Barrio el Rastro, con el objetivo de concientizar, formar valores y promover cambios hábitos en las conductas actuales de generar, tirar y quemar la basura.

La actividad se llevó a cabo en las instalaciones de la Parroquia San Martín y se expuso el tema “Manejo de los desechos y residuos sólidos” se les habló de los problemas ambientales que causa la basura y cómo podemos evitarlos nosotros mismos con pequeñas acciones tales como: separar los residuos y desechos en orgánicos e inorgánicos, aplicar la técnica de las 5 “R” rechazar, reducir, reciclar, reutilizar y recoger, para con estas medidas contribuir como ciudadanos responsables a mantener un ambiente limpio y sano en su comunidad.

Hubo un espacio para responder a las preguntas e inquietudes de los participantes, quienes se mostraron interesados en el tema.

4.7.4. Título de actividad: charla de educación ambiental en el tema “Campaña de limpieza para la eliminación de los criaderos del zancudo”.

Descripción de la actividad:

La Asociación de Colegios y Área de Salud de Izabal, tuvieron a bien convocar a una campaña para la eliminación de los criaderos del zancudo, con el objetivo de prevenir enfermedades vectoriales en el municipio de Puerto Barrios. El lanzamiento de campaña se efectuó el día viernes 06 de mayo de 8: a 12 y de 13 a 17 horas.

Se apoyó impartiendo charlas a estudiantes de varios centros de estudio, las cuales estaban orientadas a la limpieza, también se habló del manejo de los desechos y residuos sólidos y se concientizó a los estudiantes de no desechar los mismos en la calle y así evitar la proliferación de zancudos y también evitar la contaminación en los diferentes sistemas naturales.

La campaña de limpieza, se realizó los días, 11 al 17 de junio con la colaboración de varias instituciones educativas, Área de Salud, CONACAR y MARN.

Los barrios donde se realizó la limpieza fueron: Barrio el Rastro, El Estrecho, El Rinconcito Centro, loma Linda, Barrio El Banz, Paypas, Las Torres, La esperanza, Puente II, La 14, Rio Escondido, Cangrejal, La 20, Las Colinas, El Limonar, Pantanal, La Ceiba, Mirador, Refinería, El Mitch.

A parte de impartir la capacitación el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales colaboro prestando servicio de transporte para la recolección de los desechos.

4.7.5 Título de la actividad “celebración del día del árbol en la Brigada de infantería de Marina de Puerto Barrios Izabal”.

Descripción de la actividad:

La Brigada de Infantería de Marina hizo una cordial invitación para participar en acto cívico conmemorativo a la celebración del día del árbol, en el cual hubo participación de varias instituciones públicas como La DIEDUC, MARN y Gobernación entre otras y un grupo de estudiantes de primaria.

La actividad dio inicio con un acto cívico en donde se expusieron y desarrollaron temas alusivos al árbol.

Un poco de historia, en Suecia por el año de 1840 aproximadamente se empezó a celebrar este día, reconociendo la importancia que tienen los recursos arbóreos y de la necesidad de enseñarles a los niños acerca de su cuidado y protección. Luego en Estados Unidos se empezó a celebrar en el año 1872 a partir de allí se comenzó a establecer esta celebración en el resto del mundo.

La importancia radica en hacer conciencia de los beneficios vitales que nos proporcionan este valioso recurso que son entre muchos otros: que regulan el clima, purifican el aire, proporcionan oxígeno, regulan las lluvias, protegen el suelo, albergan ecosistemas, proporcionan sombra, proporcionan alimentos y materia prima para la fabricación de cientos de productos, protegen las cuencas hídricas de captación, etc.

La idea principal de esta actividad fue concientizarnos de la importancia que tienen los árboles para la vida.

Posterior al acto cívico y presentación de los discursos referentes al tema, se procedió a sembrar un árbol representativo en la zona y se nos obsequió un arbolito a cada participante para sembrarlo y cuidarlo.

4.7.6. Título de la actividad: Capacitación sobre la “Importancia de reforestación” en Reservas Militares de Puerto Barrios Izabal.

Descripción de la actividad:

Esta actividad se llevó a cabo en el vivero interinstitucional que dirige Reservas Militares y se invitó a impartir una charla en el tema de la importancia de la reforestación, de los beneficios que nos generan los bosques y lo conveniente de su preservación.

Por la realización de la campaña de reforestación en Las Brisas nacimiento Rio Las Escobas, se impartieron charlas a los estudiantes del programa de EPS de la carrera de Pedagogía del Centro Universitario de Izabal CUNIZAB.

Después de la charla se realizó un recorrido en el vivero y se capacitó en el correcto llenado de bolsas, riego de las plantas y el traslado al suelo definitivo.

4.4.7. Título de la actividad: Gestión para la donación de toneles

Descripción de la actividad:

Se gestionó la donación de toneles en varias empresas privadas de las cuales CGN y PERENCO S.A dieron una respuesta positiva donando la primera 25 toneles y la segunda 90 con un total de 115, los que fueron entregados a varias instituciones y utilizados para desarrollar diversas actividades.

Se gestionó un camión a la Brigada de Infantería para su traslado del municipio de El Estor y de la aldea Semosh en el municipio de Livingston, situada en el Km 297 ruta hacia Peten para llevarlos hasta las oficinas de la delegación del MARN.

Se gestionó también la donación de combustible para traslado de los toneles, el cual fue donado por FUNDAECO.

Los toneles fueron donados y trasladados a las siguientes instituciones: Escuela Oficial Rural Mixta Salvador Efraín Vides Lemus, Instituto Nacional de Educación Básica Experimental Dr. Luis Pasteur, colegio San José, FUNDAECO, USAC.

4.7.8. Actividades Varias de oficina

Descripción de la actividad

Se realizaron diversas actividades tales como: la realización de informes mensuales para el POA correspondientes al periodo de práctica de los meses de marzo a septiembre de las actividades llevadas a cabo en la unidad promotor ambiental y educación ambiental.

Atención a estudiantes que acuden al MARN para solicitar información sobre temas ambientales así como charlas educativas y apoyo en actividades afines.

Se apoyó en la realización de oficios, archivos, liquidación de nombramientos de combustible, ingreso de datos de captura de instrumentos ambientales, etc. Las cuales se llevaron a cabo en horario de oficina, cuando no se estaba realizando trabajo de campo.

4.7.9. Título de la actividad: Apoyo en campaña de recuperación de plástico para el reciclaje. Escuela Lic. Luis Alberto Aceituno Quezada, Playitas Morales, Izabal.

Descripción de la actividad:

Esta escuela tiene ya varios años de realizar esta actividad en la cual todos los alumnos recolectan plástico y realizan campañas cada dos meses recuperando grandes cantidades de plástico que deja de ser quemado o arrastrado hacia los ríos.

Con esta actividad la docente Luz María Monrroy, quien es la promotora ha logrado realizar varias actividades de jardinería, clausuras y hasta pintar toda la escuela con el dinero recibido como pago por el plástico recolectado.

En esta ocasión se recolectaron más de 20 quintales de plástico y se contactó una empresa que llegó a recolectar el material en el centro educativo, debido a que los principales problemas de estas actividades es no tener un lugar apropiado como centro de acopio para recolectarlos y también el poco mercado que existe para la compra de este material. Ahora ya cuentan con una empresa en Morales que se dedica a la compra de materiales para reciclaje, el cual les estará prestando el servicio de recolección periódicamente.

Este proyecto es un ejemplo a seguir por todos los centros educativos para generar conciencia y hábitos de limpieza y fomentar la participación y responsabilidad social de la población civil especialmente de los jóvenes quienes son un motor de cambio, al reducir la contaminación de plásticos y demás desechos que contaminan los sistemas naturales como los ríos, lagos y los océanos así como el suelo y la atmósfera.

(Ver en apéndice 10 imágenes de actividades planificadas y no planificadas).

5. CONCLUSIONES

- 5.1 Según diagnóstico realizado se puede indicar que el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales delegación de Izabal cumple las mismas funciones que el MARN central, se creó para desconcentrar y descentralizar sus acciones, pero a pesar de ser el ente rector en materia ambiental, es poco lo que ha podido hacer para prevenir los problemas ambientales por los que se ve afectado el departamento.

Los impactos que se identificaron en el departamento fueron cuatro; actividad minera, generación de aguas residuales, generación de desechos y residuos sólidos y la creciente deforestación, lo que pone en evidencia que el cumplimiento de las funciones del MARN se realiza de forma lenta.

En el análisis FODA se detectaron algunas debilidades del MARN delegación de Izabal como ser el penúltimo ministerio en asignación de recursos a través del presupuesto del estado, lo que pone de manifiesto el poco valor que se le da al ambiente a nivel nacional, además si a esto le sumamos los altos niveles de corrupción existente en todas las esferas del gobierno, nos encontramos ante una seria amenaza para cumplir y hacer que se cumplan sus objetivos para los que fue creado.

En la delegación de Izabal, se realizan las actividades programadas en el plan operativo anual (POA), con muchas limitaciones debido al poco personal que labora, la falta de equipo técnico, unidades específicas como: control y vigilancia, marino costera, departamento jurídico, entre otras, necesarias para su efectividad.

Izabal cuenta con un área geográfica amplia y con características propias, con valiosos recursos naturales que merece la pena proteger, garantizando su uso racional, eficiente y sostenible.

5.2 Las actividades realizadas en la unidad de promotor de participación social y educación ambiental, dejan de manifiesto que, es a través de la educación y la participación social, principalmente de las nuevas generaciones, que se pueden tener cambios significativos en la actitud de la población; así como propiciar una cultura de responsabilidad y respeto hacia el medio ambiente, encaminados a la promoción del desarrollo sostenible del departamento de Izabal.

5.3 Uno de los principales inconvenientes para la implementación de actividades de recuperación de materiales para el reciclaje, es la falta de centros de acopio adecuados, que sirvan como intermediarios entre los generadores y la etapa de separación, almacenamiento y venta de materiales inorgánicos, para su transformación y tratamiento, lo que resulta un problema para manejo integral de los residuos y desechos sólidos.

6. RECOMENDACIONES

- 6.1 La justa asignación de recursos por parte del Estado, la creación de unidades específicas, así como la implementación de equipo técnico y contratación de personal calificado, son necesarios para cumplir con los objetivos y funciones que tiene la delegación de Izabal del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, respecto al área geográfica y características propias del departamento.
- 6.2 La implementación un sistema educativo en coordinación con el MARN y la DIDEDUC en el tema “Manejo adecuado de los desechos y residuos sólidos en los centros educativos” de todo el departamento de Izabal, llevando a cabo actividades como: la separación de materiales “In Situ” y su recuperación para el reciclaje, fomentando la participación y colaboración social, para lograr cambios de actitud y la adquisición de buenos hábitos, principalmente en las nuevas generaciones las cuales son el verdadero motor del cambio cultural, que se necesita para mejorar nuestro ambiente.
- 6.3 Se propone la creación de seis centros de acopio municipales en todo el departamento de Izabal, como parte primordial en el manejo integral de los desechos y residuos sólidos, con el propósito de fomentar la participación social en la disminución de la contaminación ambiental.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre., C. (2003). Diagnostico del uso hidrico de la cuenca del Rio Motagua en los municipios de San Agustin Acasaguastlan, San Cristobal Acasaguastlan y el Jicaro del departamento del Progreso. *tesis de grado, facultad de Quimica y farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala*. Guatemala.
- Bautista, D. (2014). Informe geotécnico del proyecto puente acceso a Cerro Verde. Puerto Barrios, Izabal.
- BID, AIDES,OPS. (2010). *Informe de la evaluacion regional del manejo de residuos y desechos solidos urbanos en America Latina y El Caribe*. America Latina y el Caribe.
- CONAP. (2004). *Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) Fondo Nacional Para la Conservación (FONACON) plan maestro 2005-2010 Parque Nacional Río Dulce. Preparado por: Lic. Claudia Lorena Quan y Lic. Hilda María Morales. GUATEMALA, Octubre 2004*. Guatemala.
- CONAP. (Mayo de 2009). Plan maestro area de usos multiples Rio Sarstun. Guatemala.
- CONAP,FUNDAECO,TNC. (2006). *Plan Maestro de la Reserva Protectora de Manantiales Cerro San Gil, 2006-2010*. Guatemala.
- Chávez., W. (2008). Módulo de educación ambiental flora y fauna del estor, Izabal. Guatemala, C.A. recuperado por. Guatemala.
- Flores, C. (2006). Trabajo de graduacion realizado en el instituto nacional de bosques INAB en promocion y fortalecimiento a actividades relacionadas con el programa de incentivos forestales en las subregiones III-1 y III-2, Izabal y Zacapa. *Tesis de grado, facultad de agronomia, Universidad de San Carlos de Guatemala*. Guatemala.
- Gonzales, A. (Julio de 2014). *Revista Domingo, Prensa Libre*. Obtenido de Refugio natural Sierra Caral, un ecosistema único y frágil declarado área protegida.: <http://www.prensalibre.com/revista-d/Reserva-Hidrica-y-Forestal-Sierra-Caral-Area-Protegida-Fundaeco-Conap-0-1166883513>

- Guatemala, C. d. (04 de febrero de 2015). Acuerdo gubernativo 50-2015. Guatemala.
Obtenido de <http://www.marn.gob.gt/Multimedios/935.pdf>
- ICEFI. (2014). La minería en Guatemala realida y desafíos frente a la democracia y el desarrollo. Guatemala. Obtenido de Instituto centroamericano de estudios fiscales.
- INAB,URL,UVG, CONAP. (2012). Dinamica de cobertura forestal 2006-2010. *Memoria tecnica*. Guatemala.
- INE. (2014). *Caracterizacion Departamental de Izabal 2013*. Guatemala.
- INSIVUMEH. (2016). *Division Hidrologica de Guatemala*. Obtenido de <http://www.insivumeh.gob.gt/hidrologia/rios%20de%20guate.htm>
- Linares, H. (2007). Centro de Investigación y Rescate de la Vida Silvestre en el Parque Regional Municipal “Montaña Chiclera” Morales, Izabal. *Tesis de grado, Facultad de arquitectura, Universidad de San Carlos de Guatemala*. Guatemala.
- MAGA. (2001). Mapa fisiografico geomorfologico de la Republica de Guatemala. *Memoria Tecnica*. Guatemala.
- MARN. (Diciembre de 2010). *Memoria de labores*.
- MARN. (2012). *Informe ambiental del estado*. Guatemala.
- MARN. (2012). Plan estrategico Institucional. Guatemala. Obtenido de Dirección General de Políticas y Estrategias Ambientales.
- MARN. (2013). Manual administrativo. *Acuerdo Ministerial 421-2013*. Guatemala, Guatemala: Direccion General de planificación.
- MARN. (2015). *Plan operativo anual*.
- MARN. (2015). Segunda comunicacion nacional sobre cambio climatico. Guatemala.
- PNUD. (2011). *Informe nacional para el desarrollo humano*. Guatemala C.A.: Serviprensa, S.A.
- RIC. (2009). Diagnostico territorial municipio de Puerto Barrios Departamento de Izabal.

SEGEPLAN. (2011). Plan de desarrollo departamental de Izabal. Guatemala.: Secretaria de planificacion y programacion SEGEPLAN.

UICN. (2008). *Union internacional para la conservacion de la naturaleza*. Obtenido de Directrices para la aplicación de las categorías de gestión de áreas protegidas.

Universidad Rafael Landívar. (2005). Documento Técnico Perfil Ambiental de Guatemala. *Amenazas al ambiente y vulnerabilidad social en Guatemala*. Guatemala.

Vassaux, L. (2004). Estudio técnico de factibilidad de generación de energia electrica por medio de aerogeneradores en el Municipio de Puerto Barrios Izabal. *Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingenieria Escuela de ingeniería mecánica*. Guatemala.

8. PROYECTO A NIVEL DE PERFIL

8.1 Título del proyecto

Propuesta para el establecimiento de centros de acopio municipales y comercialización de residuos inorgánicos no peligrosos (papel, cartón, plástico, aluminio y vidrio) en el departamento de Izabal.

8.2. Objetivo general

Proponer el establecimiento de centros de acopio de residuos inorgánicos no peligrosos (papel, cartón, plástico, aluminio y vidrio) en cada municipio del departamento de Izabal, para su comercialización.

8.3. Objetivos específicos

1. Valorar los beneficios económicos, ambientales y sociales del proyecto.
2. Determinar la factibilidad y viabilidad del proyecto.

8.4. Justificación del proyecto

La generación de desechos y residuos sólidos en el departamento de Izabal va cada día en aumento, la mayoría de estos desechos son quemados, enterados y/o tirados en las calles, ríos y finalmente llegan al mar, la otra parte es llevada a los basureros municipales donde son depositados de forma inadecuada, sin recibir tratamiento alguno, lo que provoca deterioro y contaminación de los sistemas naturales (aire, agua, suelo y paisaje). Además de afectar con estas acciones la salud humana.

Por otra parte cabe mencionar que muy pocos materiales son recuperados, la mayoría se contaminan y se desperdician. Si se separan adecuadamente en el lugar de origen, su aprovechamiento puede ser más eficiente.

Para la recuperación y aprovechamiento los residuos inorgánicos es necesario que exista infraestructura que facilite el proceso de compra y venta.

Por lo que se plantea, el establecimiento de centros de acopio municipales como una de las etapas esenciales para el cumplimiento de la gestión integral de los desechos y residuos sólidos, con el fin de recuperar y aprovechar los materiales para su posterior reciclaje.

8.5. Descripción del proyecto

Se plantea el establecimiento de 5 centros de acopio distribuidos uno, en cada municipio incluyendo uno más, en el área de Livingston Rio Dulce, los cuales servirán para reunir y almacenar temporalmente los residuos sólidos inorgánicos no peligrosos (cartón, papel, plástico, aluminio y vidrio) para luego ser transportados a las empresas mayoristas o transformadoras de los materiales reciclables en materia prima para la producción nuevos productos.

La idea del proyecto es que sirva como un intermediario entre los generadores y las empresas recicladoras, comprando material a personas individuales, instituciones, empresas y, vendiendo a las empresas mayoristas o transformadoras.

Se dispondrá de uno o varios vehículos para transportar el material y prestar ese servicio a los usuarios que lo requieran.

Estos centros de acopio se establecerán como proyecto social-ambiental, debidamente equipado, que cumpla con las normas de seguridad laboral y ambiental, debidamente legalizados.

8.6. Ámbito geográfico

El departamento de Izabal cuenta con un área de 9,039 Km² se divide en cinco municipios que son: Puerto Barrios, que su cabecera departamental, Livingston, El estor, Morales y Los Amates. Se propone crear 5 centros de acopio en cada municipio y 1 para el área de Livingston Rio Dulce, para cubrir todo el departamento. El lugar donde se establecerán dependerá de las necesidades de cada municipalidad.

8.7. Estudio de mercado

8.7.1. Presentación

El presente estudio de mercado pretende demostrar la factibilidad que tendrá la creación de los centros de acopio municipales y comercialización de materiales reciclables.

8.7.2. Identificación del producto

El presente proyecto pretende ofertar los materiales reciclables papel, cartón, plástico, vidrio y latas de aluminio que serán reutilizados como materia prima para hacer nuevos productos los cuales será un beneficio y dejaran de ser un problema de contaminación ambiental.

8.7.3. Análisis de la oferta

En este caso se tomara como oferta las cantidades que pueden proporcionar quienes dentro de sus actividades proveen bienes y servicios para el proyecto, los desechos y residuos sólidos inorgánicos reciclables, generados por toda la población del departamento de Izabal.

Según estimaciones de población basado en el censo realizado por el INE 2002 se estima que la población actual es de 466,981 habitantes en el departamento de Izabal y según (BID, AIDES, OPS, 2010) se estima que para Latino América y el Caribe la producción diaria de residuos y desechos sólidos por persona son 0.63 Kg. Relacionando estos datos podemos concluir que se generan 294.19 toneladas diarias de desechos en todo el departamento de Izabal de las cuales el 27 % aproximadamente corresponde a la porción inorgánica lo que corresponde a 79.43 toneladas.

En la Tabla 10 se muestra la proyección de la oferta de las toneladas de desechos y residuos sólidos generados anualmente en el departamento de Izabal.

Tabla 10. Proyección de la oferta

Año	Población total de Izabal.	Toneladas totales.	% en toneladas de desechos inorgánicos.
2016	466,981	107,382.28	28,993.21
2017	478,152	109,951.05	29,686.78
2018	489,449	112,548.79	30,388.18
2019	500,827	115,165.16	31,094.59
2020	512,242	117,790.04	31,803.31

Fuente: Elaboración propia

Según datos proporcionados por empresas recicladoras del área se estiman los siguientes porcentajes correspondientes a los diferentes materiales de desechos y residuos sólidos. En la Tabla 11 se presentan los porcentajes de desechos sólidos reciclables generados por tonelada de peso proyectadas a cinco años según el tamaño de la población.

Tabla 11. Porcentaje en toneladas de peso, de desechos sólidos inorgánicos reciclables, generados por año

PORCENTAJE DE DESECHOS INORGANICOS POR AÑO						
Materiales	Porcentaje	2016	2017	2018	2019	2020
Papel blanco	24%	6958.37	7124.83	7293.163	7462.702	7632.794
Papel mixto	14%	4059.05	4156.15	4254.345	4353.243	4452.463
Cartón	8%	2319.46	2374.94	2431.054	2487.567	2544.265
Periódico	4%	1159.73	1187.47	1215.527	1243.784	1272.132
PET transparente	21%	6088.57	6234.22	6381.518	6529.864	6678.695
PS	7%	2029.52	2078.07	2127.173	2176.621	2226.232
HDDE	7%	2029.52	2078.07	2127.173	2176.621	2226.232
Vidrio botella entera	2%	579.86	593.74	607.7636	621.8918	636.0662
Vidrio quebrado	1%	289.93	296.87	303.8818	310.9459	318.0331
Latas de aluminio	12%	3479.19	3562.41	3646.582	3731.351	3816.397
TOTALES		28993.2100	29686.78	30388.18	31094.59	31803.31

Fuente: elaboración propia.

8.7.4. Análisis de la demanda

Analizando las tendencias del mercado en cuanto a la actividad del reciclaje, se determina que existen empresas que demandan de los materiales para el reciclaje a nivel nacional, los cuales son utilizados como materia prima para la fabricación de nuevos productos y en menor porcentaje para la exportación.

Empresa que compran materiales reciclables:

Intermediarias minoristas: ECOLINSA, Recicladora San José, CLAPSA-Clasificadora de Papel, Clasificadora Centroamericana S.A, La favorita, etc.

Intermediarias mayoristas: Papelera internacional, Embotelladora la Mariposa, Vidriería Guatemalteca S.A, Pladeva S.A, Reciclados de Centroamérica, INTERFISA-Internacional de Fibras, S.A, GUAMOLSA, entre otras.

8.7.5. Precios de compra de materiales reciclables demandados

Los precios que se establecen son mínimos y máximos dependiendo la diferencia que se da en los diferentes tipos de intermediarios (Minorista, mayorista, procesador). El precio varía de acuerdo a la clasificación de cada uno de los materiales. La Tabla 12 indica los precios mínimos y máximos en quetzales, establecidos en el mercado para la compra y la venta de materiales reciclables por tonelada de peso.

Tabla 12. Precios mínimos y máximos en quetzales por tonelada de materiales reciclables

Materiales	Mínimos	Máximos
Papel blanco	Q.400.00	Q.700.00
Papel mixto	Q 250.00	Q 350.00
Cartón	Q.100.00	Q.200.00
Periódico	Q 250.00	Q 300.00
Botella entera	Q 7.50	Q 15.00
Vidrio quebrado	Q.100.00	Q150.00
PET transparente	Q.400.00	Q.500.00
PP	Q 250.00	Q 350.00
HDPE	Q 250.00	Q 350.00
Aluminio-lata	Q 3,000.00	Q 4,000.00

Fuente: MBA. Lic. Carlos Hugo Aldana Pérez base de datos de estudio de mercado de materiales reciclables para el proyecto ciudad limpia, febrero (2012).

8.8. Estudio técnico

8.8.1. Proceso Productivo

El proceso productivo se desarrolla en las siguientes etapas:

- ✓ Recolección de material
- ✓ Recepción
- ✓ Clasificación
- ✓ Compactación y empaçado
- ✓ Amarrado de pacas y almacenamiento
- ✓ comercialización

La recolección de material reciclado de cartón, papel, plástico y vidrio se la realizara diariamente de igual manera todo el proceso de recepción, clasificación y compactación conforme el ingreso de material encontrándose disponible para la venta la cual se realizara una vez por semana.

8.8.2. Inversión fija del proyecto

La inversión fija para el proyecto de creación de 6 centros de acopio y comercialización de papel, cartón, plástico y vidrio, constará básicamente de lo que son los activos fijos necesarios para el desarrollo de las actividades tal como se detalla a continuación.

8.8.3. Costos de inversión fija

Las instalaciones pueden ser bodegas alquiladas al principio del proyecto y posteriormente podría pensar en la construcción de un centro de acopio, previo a un estudio financiero.

8.8.4. Maquinaria y equipo

Los costos comprenden básicamente la maquinaria y equipo iniciales que son necesarios para el funcionamiento del centro de acopio y comercialización y se detallan en la Tabla 13.

Tabla 13. Maquinaria y equipo, precio en quetzales

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Total
Compactadora	6	35,000	Q.210,000
Montacargas	6	35.000	Q.210,000
Bascula con capacidad para 2 toneladas	6	1,500	Q.9,000
Camión mediano usado	6	200,000	Q.1,200,000
Total	24	271,500	Q.1,629,000

Fuente: Elaboración propia

8.8.5. Muebles y enseres

Se requiere de un mobiliario básico para el desarrollo de las actividades de oficina, formando parte de la presentación de la empresa. En la Tabla 14 se muestra los muebles y enseres básicos para el funcionamiento de proyecto.

Tabla 14. Muebles y enseres

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Total
Modulares de oficina	12	Q 1,400.00	16,800
Silla secretarial	6	Q 350.00	2,100
Silla gerencial	6	Q 500.00	3,000
Sillas para público	12	Q 125.00	1500
Total	36	Q 2,375.00	23,400

Fuente: Elaboración propia

8.8.6. Equipo de oficina

El equipo de oficina que se empleara para el funcionamiento de la empresa, está conformado como se muestra en la Tabla 15.

Tabla 15. Equipo de oficina

Descripción	Cantidad	Costo Unitario	Total
Archivador Grande	6	Q 800.00	Q 4,800.00
Impresora Multifunción	6	Q 500.00	Q 3,000.00
Computadora gerencia	6	Q 3,500.00	Q 21,000.00
Computadora para contabilidad y facturación.	6	Q 2,500.00	Q 15,000.00
Total	24	Q 4,800.00	Q 44,300.00

Fuente: Elaboración propia

8.8.7 Inversión Inicial

La inversión inicial necesaria para la creación de cada centro de acopio municipal es de Q 282,783.33 y el total de la inversión, de los 6 centros de acopio municipales en el departamento de Izabal es de Q. 1, 696,700. En la Tabla 16 se muestran los resultados.

Tabla 16. Resumen de la inversión inicial

Descripción	Total de inversión por unidad	Total de inversión
Maquinaria y equipo	Q. 271,500	Q. 1,629,000
Muebles y enseres	Q. 3,900	Q. 23,400
Equipo de oficina	Q. 7,383.33	Q. 44,300
Total de la inversión	Q. 282,783.33	Q. 1,696,700

Fuente: Elaboración propia

8.9. Estudio Financiero

El presente estudio, presenta el total de ingresos y egresos que generan las actividades de implementación de los centros de acopio municipales.

8.9.1. Análisis de egresos

Se refiere a los costos en dinero en que se incurre para la realización en la etapa de operación del proyecto.

8.9.2. Costos de operación

En la Tabla 17 se presentan los costos de operación necesarios para llevar a cabo las actividades del proyecto.

Tabla 17. Supuestos de consumo y costo de alquiler mensual

Pagos	Costos por unidad	Costos totales
Alquiler de bodega	Q. 5,000	Q. 30,000
Gastos de agua	Q. 100	Q. 600
Gastos de luz	Q. 200	Q. 1,200
Gastos de teléfono	Q. 300	Q. 1,800
Gastos de combustible	Q. 600	Q. 3,600
Total de gastos	Q. 6,200	Q. 37,200

Fuente: Elaboración propia

8.9.3. Mano de obra

La mano de obra ha sido dividida en dos categorías administrativa y operativa, que incluye al personal que realizara actividades en el centro de acopio. En la Tabla 18 se muestran los costos por mano de obra.

Tabla 18. Supuestos de pago de mano de obra del proyecto

Puesto	Pago mensual	Pagos totales
Administrador	Q. 5,000	Q. 30,00
Secretaria	Q. 2,500	Q. 15,000
Bodeguero	Q. 2,300	Q. 13,800
Bodeguero	Q. 2,300	Q. 13,800
Piloto	Q. 2,500	Q. 15,000
Ayudante	Q. 2,100	Q. 12,600
Total	Q.16,700	Q.100,200

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 19 se detalla el resumen de los costos totales del proyecto.

Tabla 19. Resumen de costo total del proyecto (cifras expresadas en quetzales)

Inversión inicial	Total de inversión por unidad	Total de inversión
Totales	Q. 282,783.33	Q. 1,696,700
Costos de operación		
Pagos mensuales	Q. 6,200	Q. 37,200
Mano de obra	Q.16,700	Q.100,200
Totales	Q 22,900	Q. 137,400

Fuente: Elaboración propia

8.9.4. Fuentes de financiamiento

Por la importancia que tiene el proyecto en el tema ambiental y por ser municipal es posible que este sea financiado en la etapa de inversión inicial. A continuación sugerencias de posibles financistas.

- ✓ Financiamiento para el desarrollo ODA.
- ✓ Fondo nacional para el cambio climático FONCC.

- ✓ Fondo Nacional de la conservación FONACON.
- ✓ Fondo de inversión noruegos para países en desarrollo NORFUND.
- ✓ Alianza global contra el cambio climático para estados insulares en desarrollo y países menos desarrollados (GCCA por sus siglas en ingles).
- ✓ Red de conocimiento sobre clima y desarrollo CDKN.
- ✓ Fondo PNUD/ objetivos de desarrollo de España.

8.9.5. Análisis de ingresos y costos

Para estimar los ingresos se contempla para el inicio del proyecto recuperar el 50% de las toneladas de desechos y residuos sólidos generadas anualmente en el departamento, siendo estas proyectadas a cinco años desglosados en porcentajes de los materiales reciclables y vendidos al precio máximo establecido por las intermediarias en el mercado.

Los costos se estiman de la compra de materiales llevados al centro de acopio de los que se pagaran el 75% de los precios mínimos establecidos más los costos de operación. En la Tabla 20 se muestran nuevamente los precios de los materiales.

Tabla 20. Precio de los materiales mínimos y máximos dados en quetzales

Materiales	Mínimos	Máximos
Papel blanco	Q 400.00	Q .700.00
Papel mixto	Q 250.00	Q 350.00
Cartón	Q 100.00	Q 200.00
Periódico	Q 250.00	Q 300.00
Botella entera	Q 7.50	Q 15.00
Vidrio quebrado	Q 100.00	Q 150.00
PET transparente	Q 400.00	Q 500.00
PP	Q 250.00	Q 350.00
HDPE	Q 250.00	Q 350.00
Aluminio-lata	Q 3,000.00	Q 4,000.00

Fuente: MBA. Lic. Carlos Hugo Aldana Pérez, base de datos de estudio de mercado de materiales reciclables para el proyecto ciudad limpia, Guatemala, febrero (2012).

En la Tabla 21 se muestra nuevamente los porcentajes en toneladas generadas en 100% de los residuos sólidos generados en el departamento de Izabal, proyectados por año.

Tabla 21. Porcentajes de los residuos sólidos por año

Materiales	Porcentaje	2016	2017	2018	2019	2020
Papel blanco	24%	6958.37	7124.83	7293.163	7462.702	7632.794
Papel mixto	14%	4059.05	4156.15	4254.345	4353.243	4452.463
Cartón	8%	2319.46	2374.94	2431.054	2487.567	2544.265
Periódico	4%	1159.73	1187.47	1215.527	1243.784	1272.132
PET transparente	21%	6088.57	6234.22	6381.518	6529.864	6678.695
PS	7%	2029.52	2078.07	2127.173	2176.621	2226.232
HDDE	7%	2029.52	2078.07	2127.173	2176.621	2226.232
Vidrio botella entera	2%	579.86	593.74	607.7636	621.8918	636.0662
Vidrio quebrado	1%	289.93	296.87	303.8818	310.9459	318.0331
Latas de aluminio	12%	3479.19	3562.41	3646.582	3731.351	3816.397
TOTALES		28993.2100	29686.78	30388.18	31094.59	31803.31

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 22 se muestran las proyecciones de los ingresos estimados mínimos y máximos, para los próximos 5 años, suponiendo que para el inicio del proyecto se recupere el 50% de los materiales reciclables generados por la población en todo el departamento de Izabal.

Tabla 22. Estimación de proyecciones de ingresos mínimos y máximos de materiales reciclables por año

Materiales	Año 2016		
	Cantidades en toneladas/año	Precio mínimo	Precio máximo
Papel blanco	6958.3704	Q 1,391,674.08	Q 2,435,429.64
Papel mixto	4059.0494	Q 507,381.18	Q 710,333.65
Cartón	2319.4568	Q 115,972.84	Q 231,945.68
Periódico	1159.7284	Q 144,966.05	Q 260,938.89
PET transparente	6088.5741	Q 22,832.15	Q 45,664.31
PS	2029.5247	Q 101,476.24	Q 152,214.35
HDDE	2029.5247	Q 405,904.94	Q 507,381.18
Vidrio botella entera	579.8642	Q 115,972.84	Q 144,966.05
Vidrio quebrado	289.9321	Q 36,241.51	Q 57,986.42
Latas de aluminio	3479.1852	Q 5,218,777.80	Q 7,828,166.70
Total de ingresos		Q 8,061,199.63	Q12,375,026.86

Año 2017

Materiales	Cantidades en toneladas/año	Precio mínimo	Precio máximo
Papel blanco	7124.8272	Q 1,424,965.44	Q 2,493,689.52
Papel mixto	4156.1492	Q 519,518.65	Q 727,326.11
Cartón	2374.9424	Q 118,747.12	Q 237,494.24
Periódico	1187.4712	Q 148,433.90	Q 267,181.02
PET transparente	6234.2238	Q 23,378.34	Q 46,756.68
PS	2078.0746	Q 103,903.73	Q 155,855.60
HDDE	2078.0746	Q 415,614.92	Q 519,518.65
Vidrio botella entera	593.7356	Q 118,747.12	Q 148,433.90
Vidrio quebrado	296.8678	Q 37,108.48	Q 59,373.56
Latas de aluminio	3562.4136	Q 5,343,620.40	Q 8,015,430.60
Total de ingresos		Q 8,254,038.09	Q 12,671,059.87

Año 2018

Materiales	Cantidades en toneladas/año	Precio mínimo	Precio máximo
Papel blanco	7293.163	Q 1,458,632.64	Q 2,552,607.12
Papel mixto	4254.345	Q 531,793.15	Q 744,510.41
Cartón	2431.054	Q 121,552.72	Q 243,105.44
Periódico	1215.527	Q 151,940.90	Q 273,493.62
PET transparente	6381.518	Q 23,930.69	Q 47,861.38
PS	2127.173	Q 106,358.63	Q 159,537.95
HDDE	2127.173	Q 425,434.52	Q 531,793.15
Vidrio botella entera	607.7636	Q 121,552.72	Q 151,940.90
Vidrio quebrado	303.8818	Q 37,985.23	Q 60,776.36
Latas de aluminio	3646.582	Q 5,469,872.40	Q 8,204,808.60
Total de ingresos		Q 8,449,053.60	Q12,970,434.93

Año 2019

Materiales	Cantidades en toneladas/año	Precio mínimo	Precio máximo
Papel blanco	7462.702	Q 1,492,540.32	Q 2,611,945.56
Papel mixto	4353.243	Q 544,155.33	Q 761,817.46
Cartón	2487.567	Q 124,378.36	Q 248,756.72
Periódico	1243.784	Q 155,472.95	Q 279,851.31
PET transparente	6529.864	Q 24,486.99	Q 48,973.98
PS	2176.621	Q 108,831.07	Q 163,246.60
HDDE	2176.621	Q 435,324.26	Q 544,155.33
Vidrio botella entera	621.8918	Q 124,378.36	Q 155,472.95
Vidrio quebrado	310.9459	Q 38,868.24	Q 62,189.18
Latas de aluminio	3731.351	Q 5,597,026.20	Q 8,395,539.30
Total de ingresos		Q 8,645,462.07	Q 13,271,948.38

Año 2020

Material	Cantidades en toneladas/año	Precio mínimo	Precio máximo
Papel blanco	7632.794	Q 1,526,558.88	Q 2,671,478.04
Papel mixto	4452.463	Q 556,557.93	Q 779,181.10
Cartón	2544.265	Q 127,213.24	Q 254,426.48
Periódico	1272.132	Q 159,016.55	Q 286,229.79
PET transparente	6678.695	Q 25,045.11	Q 50,090.21
PS	2226.232	Q 111,311.59	Q 166,967.38
HDDE	2226.232	Q 445,246.34	Q 556,557.93
Vidrio botella entera	636.0662	Q 127,213.24	Q 159,016.55
Vidrio quebrado	318.0331	Q 39,754.14	Q 63,606.62
Latas de aluminio	3816.397	Q 5,724,595.80	Q 8,586,893.70
Total de ingresos		Q 8,842,512.80	Q13,574,447.79

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 23 se muestran los resultados del flujo de efectivo proyectados para cinco años, tomando como egresos: los costos de compra los materiales reciclables recibidos en el centro de acopio (papel, cartón, aluminio, plásticos y vidrio) pagados al 75% del precio mínimo establecido, más los costos de operación. Los ingresos se tomaron de los precios máximos cobrados por la venta de los materiales a los mayoristas.

Tabla 23. Flujo de efectivo

Material	2016	2017	2018	2019	2020
Papel blanco	Q.1,043,755.56	Q.1,068,724.08	Q.1,093,974.48	Q.1,119,405.24	Q.1,144,919.16
Papel mixto	Q.380,535.88	Q.389,638.98	Q.398,844.86	Q.408,116.49	Q.417,418.44
Cartón	Q.86,979.63	Q.89,060.34	Q.91,164.54	Q.93,283.77	Q.95,409.93
Periódico	Q.108,724.53	Q.111,325.42	Q.113,955.67	Q.116,604.71	Q.119,262.41
Botella entera	Q.17,124.11	Q.17,533.75	Q.17,948.01	Q.18,365.24	Q.18,783.83
Vidrio quebrado	Q.76,107.17	Q.77,927.79	Q.79,768.97	Q.81,623.29	Q.83,483.69
PET transparente	Q.304,428.70	Q.311,711.19	Q.319,075.89	Q.326,493.19	Q.333,934.76
PP	Q.86,979.63	Q.89,060.34	Q.91,164.54	Q.93,283.77	Q.95,409.93
HDPE	Q.27,181.13	Q.27,831.35	Q.28,488.91	Q.29,151.17	Q.29,815.60
Aluminio Lata	Q.3,914,083.35	Q.4,007,715.30	Q.4,102,404.30	Q.4,197,769.65	Q.4,293,446.85
Costo compra	Q.6,047,915.71	Q.6,192,545.57	Q.6,338,808.19	Q.6,486,115.55	Q.6,633,904.60
Costos operativos	Q.1,648,800.00	Q.1,648,800.00	Q.1,648,800.00	Q.1,648,800.00	Q.1,648,800.00
Costos totales	Q.7,696,715.71	Q.7,841,345.57	Q.7,987,608.19	Q.8,134,915.55	Q.8,282,704.60
Flujo de efectivo	Q.4,678,311.14	Q.4,829,714.30	Q.4,982,826.73	Q.5,137,032.83	Q.5,291,743.19

Fuente: elaboración propia

El VAN y el TIR son dos herramientas financieras procedentes de las matemáticas financieras que nos permitirán evaluar la rentabilidad del proyecto.

Valor actual neto -VAN-

$$VAN = \left(\sum_{t=1}^n \frac{BN_t}{(1+i)^t} \right) - I_0$$

$$VAN = 4,678,311.14 / (1 + 0.15)^1 + 4,829,714.30 / (1 + 0.15)^2 + 4,982,826.73 / (1 + 0.15)^3 + 5,137,032.83 / (1 + 0.15)^4 + 5,291,743.19 / (1 + 0.15)^5 - 1,696,700$$

$$VAN = 14,867,690.78$$

El proyecto si es factible realizarlo ya que el resultado es positivo.

Tasa interna de retorno -TIR-

$$TIR = \sum_{t=1}^n \frac{BN_t}{(1+i)^t} - I_0 = 0$$

$$TIR = \{ 4,678,311.14 / (1 + 2.785278)^1 + 4,829,714.30 / (1 + 0.2785278)^2 + 4,982,826.73 / (1 + 2.785278)^3 + 5,137,032.83 / (1 + 2.785278)^4 + 5,291,743.19 / (1 + 2.785278)^5 \} - 1,696,700 = 0$$

$$TIR = 278.5278\%$$

8.10. Resumen del estudio financiero

De acuerdo a las variables financieras evaluadas es evidente la viabilidad financiera del proyecto puesto que en el primer año se recupera la inversión inicial.

8.11. Estudio administrativo y legal

El estudio administrativo define las necesidades para el desarrollo de las actividades del proyecto en su fase de operación.

8.11.1. Denominación de la empresa

Centro de acopio municipal y comercialización de residuos inorgánicos no peligrosos (papel, cartón, plástico y vidrio).

8.11.2. Personal administrativo y operativo

En la etapa de operación es necesario contar con el personal adecuado para el cumplimiento de los objetivos del proyecto. Como se detalla en la Tabla 24 el recurso humano se divide en personal administrativo y operativo mínimo necesario para cada centro de acopio.

Tabla 24. Personal mínimo requerido para cada centro de acopio

Área	Puesto o cargo	No. De personas
Administración	Administrador	1
	Secretaria	1
Operación	Bodeguero	2
	Piloto	1
	Ayudante	1

Fuente: Elaboración propia

8.11.3. Marco legal vigente en la República de Guatemala

La problemática que representa para el departamento de Izabal las enormes cantidades de desechos y residuos sólidos que se generan a diario las cuales ejercen presión sobre los sistemas naturales (aire, suelo, agua); pone de manifiesto la urgente necesidad de protegerlos a través de un marco jurídico que prevenga su contaminación y que contribuya a su preservación.

Es por ello que en Guatemala se cuenta con un marco jurídico y normativo que regula directa o indirectamente el tema de los desechos y residuos sólidos, el cual se presenta a continuación.

- ✓ Constitución Política de la República de Guatemala
Artículos 1, 2, 64, 93,97, 193 y 195.
- ✓ Convenios Internacionales en materia de derechos humanos
- ✓ Decreto 68-86 Ley de Protección y mejoramiento del Ambiente
- ✓ Decreto 12-2002 Código Municipal (Art. 67 y 68)
- ✓ Decreto No. 90-97 Código de Salud
Artículos 1, 2, 3, 46, 93, 102, 103,104.
- ✓ Decreto Numero 7-2013 Ley Marco de Cambio Climático
- ✓ Acuerdo Gubernativo 281-2015 Política Nacional para la Gestión Integral de los Desechos y Residuos Sólidos.
- ✓ Acuerdo Gubernativo 329-2009 Política Nacional Cambio Climático.
- ✓ Acuerdo Gubernativo 63-2007 Política de Conservación, Protección y Mejoramiento del Ambiente y los Recursos Naturales.

8.12. Estudio ambiental

8.12.1. Impactos del proyecto

Es necesario según artículo No. 8 del Decreto 68-86 que para todo proyecto, obra, industria o cualquier otra actividad que por sus características pueda producir deterioro a los recursos naturales renovables o no, al ambiente, o introducir modificaciones nocivas o notorias al paisaje y a los recursos culturales del patrimonio nacional, será necesario previamente a su desarrollo un estudio de evaluación del impacto ambiental, realizado por técnicos en la materia y aprobado por la Comisión del Medio Ambiente.

Según listado taxativo del -MARN- el instrumento ambiental que debe presentarse para establecer los centros de acopio municipales por su magnitud es el EIA, B2 de moderado a bajo impacto ambiental.

La finalidad de este proyecto es ser sostenible generando beneficios ambientales sociales y económicos, sin embargo para la etapa de operación es necesario realizar una evaluación de los impactos positivos y negativos que tendrá el establecimiento del mismo en el entorno.

Para realizar dicha evaluación se emplea la matriz de evaluación de impactos por magnitud misma que funciona con la asignación de una calificación a los componentes que afecten o no en el lugar que se instale el proyecto. La valoración de estos impactos se realiza según criterio personal. En la Tabla 25 se muestra la matriz de valoración de impactos.

8.12.2. Valoración de impactos

(+) Impacto Positivo (-) Impacto negativo

0-2=Impacto no significativo, 3-5= Impacto bajo moderado, 6-8=impacto moderado alto.

9-10=Impacto alto significativo.

Tabla 25. Matriz de valoración de impactos

Elementos	Componentes	Fuentes de impacto	Significancia (+) (-)	Inmediatez directo indirecto	Duración Corto Mediano Largo	Magnitud
Social/económico	Salud	Mejoramiento del nivel de vida.	+	Indirecto	Largo	(8)
	Económico	Generación ingresos.	+	Indirecto	Largo	(6)
	Económico	Generación de empleos	+	Directo	Mediano	(5)
	Social	Participación ciudadana	+	Indirecto	Largo	(9)
	Social	Responsabilidad social	+	Directo	Largo	(8)
Cultural	Educación	Cambio de hábitos	+	Indirecto	Largo	(8)
	Educación	Aplicación de conocimientos	+	Indirecto	Mediano	(5)
	investigación	Fuente de investigación	+	Indirecto	Largo	(5)
	investigación	Generación de nuevos proyectos	+	Indirecto	Corto	(5)
Ambiental	Aire	Reducción de gases efecto invernadero	+	Indirecto	Largo	(9)
		Generación de ruido	-	directo	corto	(2)
	Suelo	aguas residuales	-	directo	corto	(2)
	Agua	Abastecimiento de agua	-	directo	corto	(2)
		Aguas residuales	-	Directo	corto	(2)

Fuente: Elaboración propia

8.12.3. Resumen de la valuación de impactos

Al evaluar los impactos que tendrá el proyecto, la puntuación más alta se encuentra en los componentes ambientales y sociales por lo que la creación de los centros de acopios municipales y comercialización de material reciclado en el departamento de Izabal se presume, tendrá un impacto alto positivo, por lo que la puesta en marcha de esta propuesta es de vital importancia. En la Tabla 26 se muestra el resumen de la evaluación de impactos.

Tabla 26. Resumen de la evaluación de impactos

Niveles de impacto	Significancia	componentes
Impacto no significativo	Negativo	4
Impacto bajo moderado	Positivo	4
Impacto moderado alto	Positivo	4
Impacto alto significativo	Positivo	2

Fuente: Elaboración propia

9. CONCLUSIONES

9.1. Los principales beneficios obtenidos a través del establecimiento de los centros de acopio municipales son:

- Económicos; generación ingresos por la venta de materiales reciclables
- Sociales: mejoramiento del nivel de vida y generación de empleos
- Ambientales: disminución de la contaminación y reducción de la utilización de materia prima proveniente de los recursos naturales para la elaboración de nuevos productos.

9.2. Según los resultados presentados en el estudio financiero, el establecimiento de los 6 centros de acopio municipales en el departamento de Izabal, se presumen económica, social y ambientalmente viable.

10. RECOMENDACIONES

- 10.1 Promover y apoyar la comercialización de otros materiales inorgánicos reciclables.
- 10.2 Promover la investigación del reciclaje del poli estireno expandido por ser uno de los materiales desechables más utilizados y determinar la viabilidad de su reciclaje o prohibir su uso.
- 10.3 Se debe iniciar previo a la creación de centros de acopio programas de capacitación a través del MARN, DIDEDUC y municipalidades, en los centros educativos e instituciones públicas y privadas así como a la población en general sobre la importancia de la separación “In Situ” y aprovechamientos de residuos.
- 10.4 Fomentar la participación ciudadana a través de incentivos como pago por los residuos recolectados o el servicio gratuito de la recolección.
- 10.5 Se recomienda la aplicación de normativas municipales que obliguen, al productor y al consumidor, al cumplimiento del manejo integral de los desechos y residuos sólidos.

11. APÉNDICES

A. POLÍTICAS AMBIENTALES VIGENTES

Nombre	Objetivo	Instrumento Legal
Política Marco de Gestión Ambiental	Promover acciones para mejorar la calidad ambiental y de la conservación del patrimonio natural de la nación, así como el resguardo del equilibrio ecológico necesario para toda forma de vida a manera de garantizar el acceso a sus beneficios para el bienestar económico, social y cultural de las generaciones actuales y futuras.	Acuerdo Gubernativo número 791-2002 de fecha 8 de diciembre de 2003.
Política Nacional para el Manejo Integral de los Residuos y Desechos Sólidos	Reducir los niveles de contaminación ambiental que producen los residuos y desechos sólidos, para que Guatemala sea un país más limpio y ordenado que brinde a su población un ambiente saludable.	Acuerdo Gubernativo número 281-2015 de fecha 15 de diciembre, 2015.
Política de Equidad de Género en el Sector de la Gestión Ambiental y su Plan de Acción 2003-2008	Propiciar a lo interno de MARN, la inclusión del enfoque de género en el diseño y formulación de las políticas, programas, planes y proyectos.	Acuerdo Ministerial 136-2003.
Política de Conservación, Protección y Mejoramiento del Ambiente y los Recursos	Armonizar, definir y dar las directrices a los diferentes sectores para el mejoramiento del ambiente y la calidad de vida de los habitantes del país, el mantenimiento del equilibrio ecológico, y el uso sostenible de los recursos naturales.	Acuerdo Gubernativo No. 63-2007
Política Nacional de Cambio Climático	Que el Estado de Guatemala, a través del Gobierno Central, las municipalidades, la sociedad civil organizada y la ciudadanía en general, adopte prácticas de prevención de riesgo, reducción de la vulnerabilidad y mejora de la adaptación al cambio climático, y contribuya a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en su territorio, coadyuve a la mejora de la calidad de vida de sus habitantes y fortalezca su capacidad de incidencia en las negociaciones internacionales de cambio climático	Acuerdo Gubernativo número 329-2009

Continúa apéndice A

Política Nacional de Educación Ambiental	Promover en la población guatemalteca la construcción de una cultura ambiental mediante la transmisión, aplicación de conocimientos, formación de valores y actitudes que conduzcan al desarrollo sostenible del país.	Acuerdo Ministerial 5-2004 que crea la Unidad de Capacitación Ambiental, como parte del convenio suscrito entre el Ministerio de Educación y Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, en diciembre de 2004, en cumplimiento a los lineamientos del Acuerdo Gubernativo 791-2004.
Política Nacional de Producción Más Limpia.	Contribuir al bienestar social, el crecimiento económico, el aumento de la competitividad, el mejoramiento de la calidad del ambiente y el aprovechamiento racional de los bienes y servicios naturales, a través de la aplicación de Producción Más Limpia, como herramienta para la gestión socio ambiental.	Acuerdo Gubernativo número 258-2010
Política para el Manejo Integral de las Zonas Marino Costeras en Guatemala.	Los ecosistemas marino costeros y sus cuencas hidrográficas están protegidos, manejados y aprovechados para garantizar su permanencia y el desarrollo equitativo de la población en las zonas costeras.	Acuerdo Gubernativo Número 328-2009
Política Nacional para la Gestión Ambientalmente Racional de Producto Químicos y Desechos Peligrosos en Guatemala.	Lograr una gestión ambientalmente racional de los productos químicos y desechos peligrosos a nivel nacional.	Acuerdo Gubernativo Número 341-2013
Política para la Desconcentración y Descentralización de la Gestión Ambiental en Guatemala	Promover el traslado de competencias en materia de Gestión Ambiental, de manera desconcentrada y descentralizada progresivamente en el ámbito municipal, con la finalidad de mejorar las condiciones ambientales del país, la mitigación y adaptación al cambio climático mediante la participación activa de las instituciones de gobierno, municipalidades, mancomunidades y población en general, mediante de las delegaciones regionales y departamentales del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.	Acuerdo Ministerial número 250-2011

Fuente: Modificado de MARN (2015)

B. PRINCIPALES ESPECIES DE FLORA DE IZABAL

Nombre común	Nombre científico
Cocoteros	<i>Cocus nicifera</i>
Ceiba	<i>Ceiba pentandra</i>
Almendros	<i>Prunus sp</i>
Jocote de mico	<i>Rheedi intermedia</i>
Mango	<i>Manguifera indica</i>
Zapote	<i>Pouteria mimmosa</i>
Guayabo	<i>Psidium guajaba</i>
Aguacate	<i>Percea sp</i>
Limón	<i>Citrus limón</i>
Naranja	<i>Citrus sp</i>
Irayol	<i>Genipa americana L.</i>
Eucalipto	<i>Eucalyptus Spp.</i>
Palo de Jiote	<i>Bursera simaruba</i>
Almendra	<i>Prnus amygdalus L.</i>
Encino blanco	<i>Quercus spp.</i>
Cuje	<i>Inga radians.</i>
Laurel	<i>Laurus nobilis L.</i>
Nogal	<i>Juglans regia.</i>
Encino rojo	<i>Quercus rubra</i>
Hormigo	<i>Platymiscium dinorphadrum.</i>
Cola de coche	<i>Pithecellobium aboreum.</i>
Cedro	<i>Cedrela odorata L.</i>
Cenicero	<i>Pithecellobium saman</i>
Madre cacao	<i>Gliricidia sepium.</i>
Tamarindo	<i>Tamarindus indica</i>
Árbol de pan	<i>Artocarpus Altilis</i>
Mapola	<i>Papaver rhoeas</i>
Roble negro	<i>Quercus sp</i>
Mangle rojo	<i>Rizhophora mangle</i>
San Juan	<i>Vochysia guatemalensis Donn. Smith</i>
Pino del caribe	<i>Pinus caribaea Morelet</i>
Matilisguate	<i>Tabebuia rosea</i>
Caoba	<i>Swietenia macrophylla.</i>
Santa María	<i>Calophyll um brasilsnsis</i>
Teca	<i>Tectona grandis Linn. F.</i>

Fuente: Flora de Guatemala CATIE 1997

C. Principales especies de fauna de Izabal

Nombre común	Nombre científico
Mazacuata	<i>Boa constrictor</i>
Cocodrilo negro	<i>Crocodylus moreletii</i>
Lagarto	<i>Caiman crocodylus</i>
Tortuga Cabezona	<i>Caretta caretta</i>
Salamandra	<i>Oedipina elongata</i>
Rana	<i>Eleutherodactylus sp.</i>
Rana	<i>Ptychohyla panchoi</i>
Tigrillo	<i>Leopardus pardales</i>
Mono Araña	<i>Ateles geoffroyi</i>
Venado cola blanca	<i>Odocoileus virginianus</i>
Tapir centroamericano	<i>Tapirus bairdii</i>
Jaguar	<i>Panthera onca</i>
Mono aullador	<i>Alouata pigra</i>
Mono araña	<i>Ateles geoffroyi</i>
Aurora grande	<i>Trogon massena</i>
Gavilán pico de gancho	<i>Chondrohierax uncinatus</i>
Alcon peregrino	<i>Falco peregrinus</i>
Oropéndola	<i>Psaracalius wagleri</i>
Chacha	<i>Ortalis vetula</i>
Tucán Real	<i>Ramphastos sulfuratus</i>
Señorita	<i>Manacus candei</i>
Rey zope	<i>Sorcoramphus papa</i>
Manatí	<i>Trichechus manatus</i>
Mojarra	<i>Diplodus vulgaris</i>
Guabina	<i>Lebiasina bimaculata</i>
Chumbimba	<i>Sapindus saponaria L.</i>
Róbalo	<i>Centropomus undecimalis</i>

Fuente: Manual de especies de fauna de Guatemala

D. Áreas protegidas legalmente declaradas en Izabal

	Área protegida	Categoría de Manejo	Área (Ha)	Año
1	Río Dulce	Parque nacional	13000	1955
2	Bahía de Santo Tomas	Zona de veda definitiva	1,000	1956
3	Cuevas de Silvino	Parque nacional	8	1972
4	Chocón Machacas	Biotopo protegido	6,265	1990
5	Sierra Santa Cruz	Áreas de protección especial	46,000	(s.f)
6	Bocas del Polochic	Refugio de vida silvestre	20,760	1996
7	Punta de Manabique	Refugio de vida silvestre	151,878.45	2005
8	Cerro San Gil	Reserva protectora de manantiales	47,433	1996
9	El Higuero	Reserva natural privada	643.54	1995
10	Río Sarstún	Reserva de usos múltiple	35,202	2005
11	Santa Elena	Reserva natural privada	136	1997
12	Tapón Creek	Reserva natural privada	630	2001
13	Zavala	Reserva natural Privada	119.62	2002
14	Montaña Chiclera	Parque regional Municipal	1489.87	2003
15	Pataxte	Reserva natural privada	676.22	2006
16	Chanbilan Cerro	Reserva natural Privada	38.42	2006
17	Chanbilan Esquina	Reserva natural Privada	278.64	2007
18	Candilejas	Reserva natural Privada	74	2002
19	Castulo	Reserva natural Privada	570	2002
20	Las Cuevas	Reserva natural Privada	74	2002
21	Las Palmas	Reserva natural Privada	112	2002
22	Matriz Chocón	Reserva natural Privada	729	2002
23	Quebrada Azul	Reserva natural Privada	671	2002
24	Rio Azul	Reserva natural Privada	496	2002
25	Santa Rosa	Reserva natural Privada	675	2002
26	Rio Zarco Chiquito	Reserva natural Privada	62.88	2006
27	Selempin	Reserva natural Privada	35.24	2006
28	Lote 9	Reserva natural Privada	1318	2006
29	Quebrada seca	Reserva natural Privada	474.28	2006
30	Reserva Santuario de las Aves	Reserva natural Privada	450	2006
31	Rio bonito	Reserva natural Privada	815.72	2006
32	Lote 8	Reserva natural Privada	1360	2006
33	Lote 10	Reserva natural Privada	1326	2006
34	Lote 11	Reserva natural Privada	1260	2006
35	Lote 6	Reserva natural Privada	1,260	2006
36	Chajmaik	Reserva natural Privada	278.21	2007
37	El Pujol fracción B	Reserva natural Privada	90	2008
38	El Pujol fracción C	Reserva natural Privada	90	2008
39	Finca el Pujol fracción E	Reserva natural Privada	90	2008
40	Finca Setal	Reserva natural privada	617	2009
41	Reserva para la Conservación de Anfibios Sierra Caral	Reserva natural privada	2,134.27	2013
42	Sierra Caral	Reserva hídrica y forestal	19,013.44	2014
43	La Palmilla	Reserva natural Privada	919.57	2006

Fuente: Departamento de Unidades de Conservación Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Actualizado al 5 de enero (2015)

E. IMÁGENES DE ACTIVIDADES REALIZADAS EN LA ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA EFRAÍN VIDES LEMUS



F. IMÁGENES DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN BÁSICA EXPERIMENTAL “DR. LUIS PASTEUR”.





G. IMÁGENES DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL COLEGIO “MIXTO PRIVADO JUSTO RUFINO BARRIOS”.



H. IMÁGENES DE LA CAMPAÑA DE REFORESTACIÓN LAS BRISAS NACIMIENTO RIO LAS ESCOBAS.



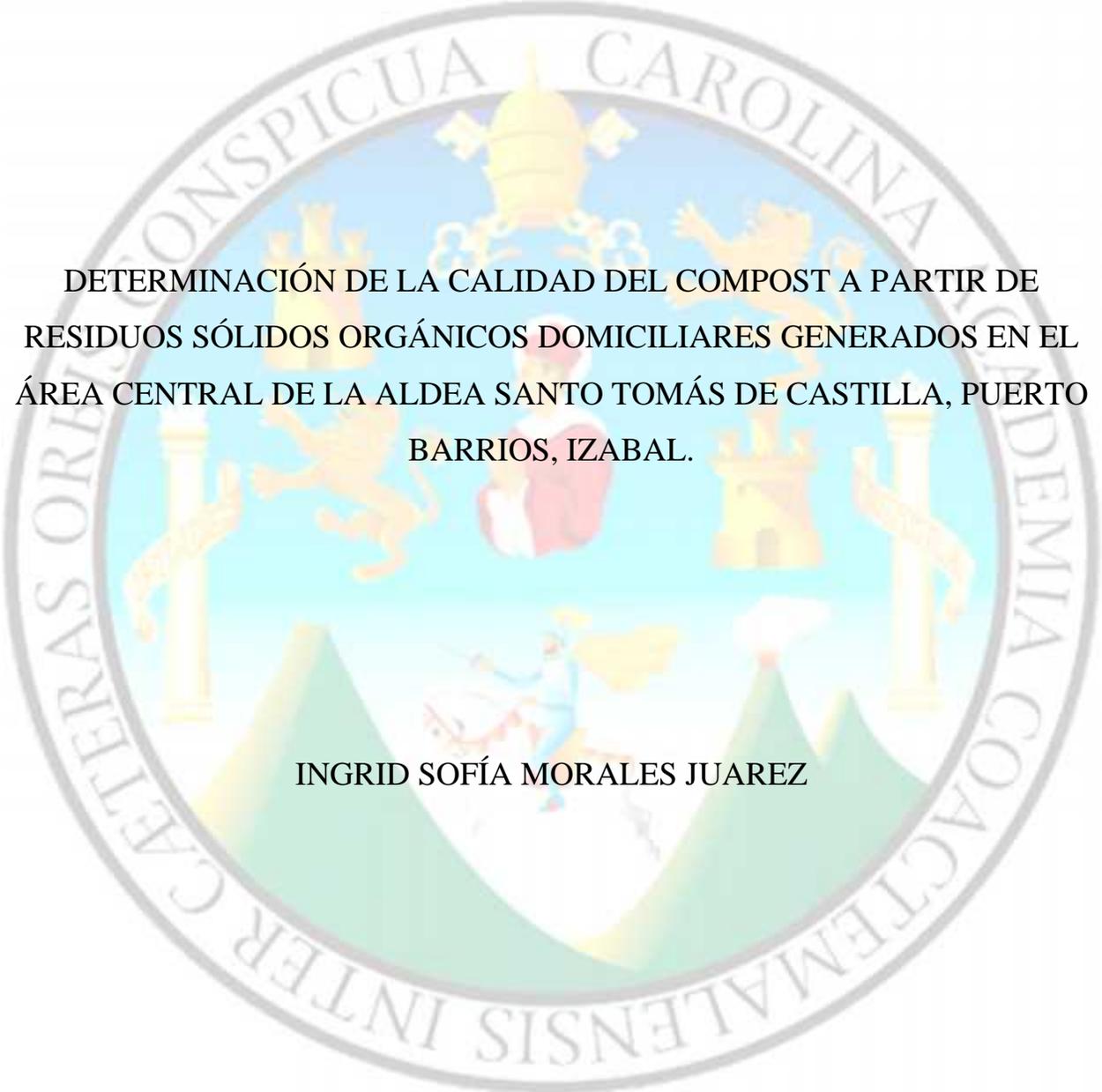
I. IMÁGENES DE ACTIVIDADES VARIAS



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

CENTRO UNIVERSITARIO DE IZABAL

INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central shield with a blue background, depicting a figure in a red and white robe. Above the shield is a golden crown. The shield is flanked by two golden lions. Below the shield are two green hills. The entire emblem is surrounded by a circular border containing the Latin text "UNIVERSITAS SAN CAROLINIENSIS" at the top and "ACADEMIA COACTEMALENSIS INTER CAETERAS ORBIS CONSPICUA" at the bottom.

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL COMPOST A PARTIR DE
RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DOMICILIARES GENERADOS EN EL
ÁREA CENTRAL DE LA ALDEA SANTO TOMÁS DE CASTILLA, PUERTO
BARRIOS, IZABAL.

INGRID SOFÍA MORALES JUAREZ

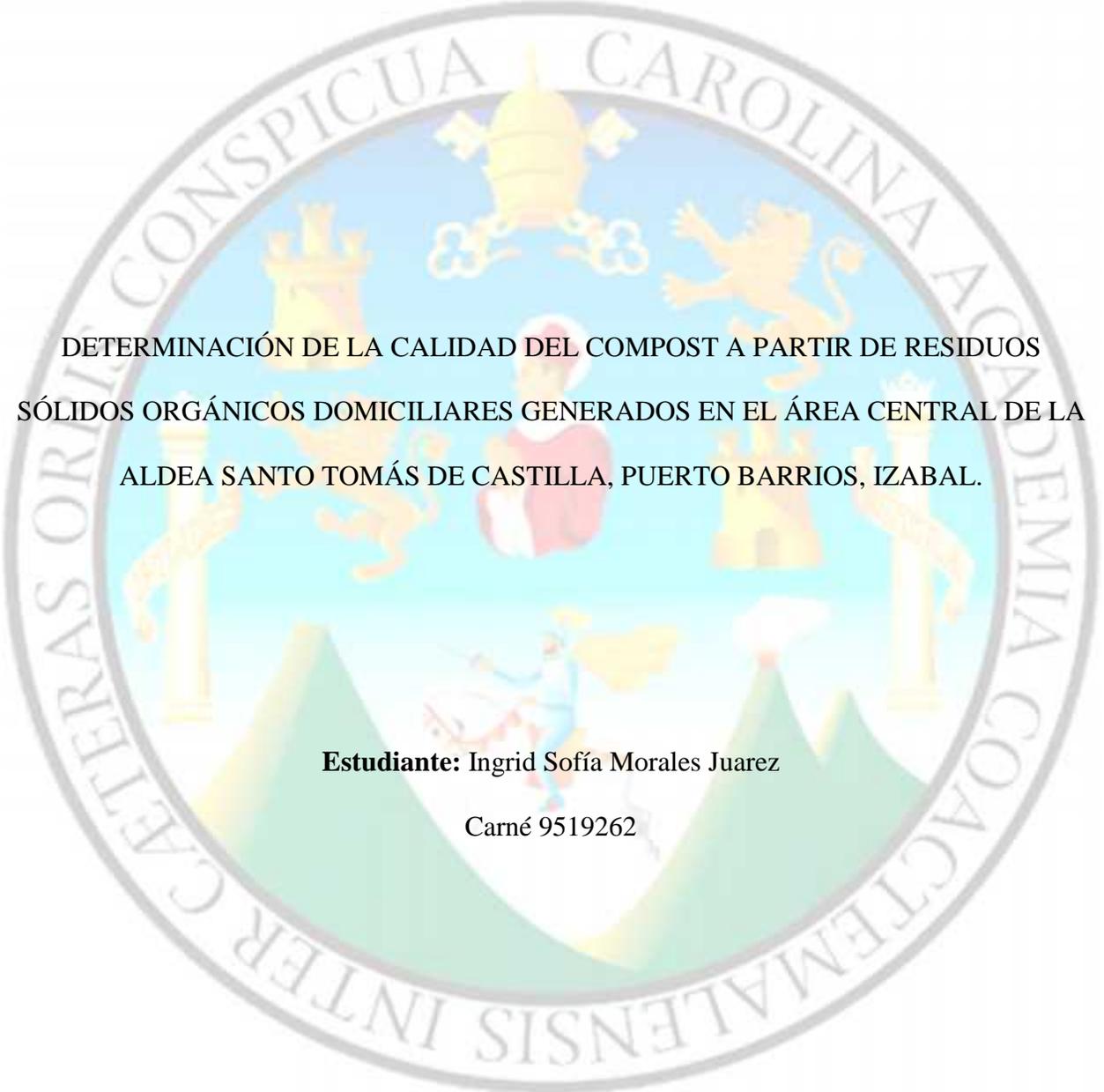
ASESOR PRINCIPAL: ING. AGR. ALBÍN JOSUÉ BARDALES DE PAZ

Izabal, Guatemala, Noviembre de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

CENTRO UNIVERSITARIO DE IZABAL

CARRERA DE INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central shield with a red and white figure, a golden crown above it, and a golden lion on the right. The shield is flanked by two golden columns. Below the shield are two green mountains. The entire emblem is surrounded by a circular border containing the Latin text "CETERAS ORIBUS CONSPICUA CAROLINA ACADEMIA COACTEMALENSIS INTER".

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL COMPOST A PARTIR DE RESIDUOS
SÓLIDOS ORGÁNICOS DOMICILIARES GENERADOS EN EL ÁREA CENTRAL DE LA
ALDEA SANTO TOMÁS DE CASTILLA, PUERTO BARRIOS, IZABAL.**

Estudiante: Ingrid Sofía Morales Juarez

Carné 9519262

Asesor: Ing. Agr. Albín Josué Bardales de Paz

Izabal, Guatemala, Noviembre, 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

CENTRO UNIVERSITARIO DE IZABAL

INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL COMPOST A PARTIR DE RESIDUOS
SÓLIDOS ORGÁNICOS DOMICILIARES GENERADOS EN EL ÁREA CENTRAL DE LA
ALDEA SANTO TOMÁS DE CASTILLA, PUERTO BARRIOS, IZABAL.**

Presentado al Honorable Consejo Directivo

Por:

Ingrid Sofía Morales Juárez

En el acto de investidura como

INGENIERA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL,

EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADA

Izabal, Guatemala, Noviembre de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

CENTRO UNIVERSITARIO DE IZABAL

CARRERA DE INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL

RECTOR

PhD. Carlos Alvarado Cerezo

CONSEJO DIRECIVO

Presidente

PhD. José Adiel Robledo Hernández

Representantes de Profesores

Lic. Humberto Teos Morales

Licda. Juana Isabel Galdámez Mendoza

Representantes de estudiantes

Luis Fernando Arias López

Roberto Gabino Barrera Castillo

Secretaria

Licda. Ana María de León Escobar

AUTORIDADES ACADEMICAS

Coordinador académico

Lic. Humberto Teos Morales

Coordinador de Carrera

Msc. Ing. Agr. Ricardo Barrientos Reneau

Izabal, Guatemala, Noviembre, 2017

Puerto Barrios Izabal, septiembre de 2017

Señor Director

PhD. José Adiel Robledo Hernández

Centro Universitario de Izabal

Universidad de San Carlos de Guatemala

Puerto Barrios, Ciudad

Señor Director:

En atención a la designación efectuada por el Programa de Trabajos de Graduación de la Carrera de Gestión Ambiental Local, para asesorar a la estudiante Ingrid Sofía Morales Juárez, en la realización del trabajo de investigación denominado "DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL COMPOST A PARTIR DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DOMICILIARES GENERADOS EN EL ÁREA CENTRAL DE LA ALDEA SANTO TOMÁS DE CASTILLA, PUERTO BARRIOS, IZABAL", tengo el agrado de dirigirme a usted para informarle que he procedido a revisar y orientar al sustentable, en todo el proceso de planificación, ejecución y evaluación.

En mi opinión, el trabajo presentado reúne los requisitos exigidos por las normas pertinentes ; razón por la cual recomiendo su aprobación para su discusión en el Examen General Publico de Graduación, previo a optar el título de Ingeniero en Gestión Ambiental Local, con el grado académico de Licenciado.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



Ing. Agr. Albin Josué Bardales de Paz

Asesor principal

Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro universitario de Izabal
Carrera: Ingeniería en gestión ambiental local
Comisión de tesis

Acta No. 10
Seminario II de tesis
Estudiante: Ingrid Sofía Morales Juárez

Con fecha 22 del mes Septiembre del 2017, se presentó seminario de tesis II a solicitud de la estudiante Ingrid Sofía Morales Juárez, identificada con número de carné: 9519262 quien luego de presentar el mismo, fue evaluada individualmente y calificada satisfactoriamente por la terna evaluadora, por lo que está APROBADO el seminario II con una nota de ochenta y tres (83) puntos, con la salvedad de incorporar las sugerencias inscritas en los documentos evaluados individualmente y a los acuerdos a los que se llegó de manera grupal en la reunión de presentación, entre los que destaca:

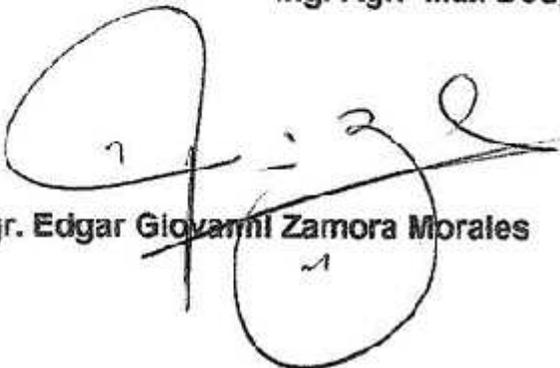
- Revisión de puntuación y estilo.
- Mejoramiento de figuras.
- Forma del documento.

Por lo que se insta al estudiante a concluir con su proceso de graduación.

Se finaliza la presente acta el 16 de octubre del 2017 y se entrega una copia certificada a la alumna para continuar con los trámites respectivos de seguimiento a su proceso de graduación.

Atentamente,


Ing. Agr. Max Douglas Ortiz Loyo


Ing. Agr. Edgar Giovanni Zamora Morales


Lic. Hugo Hidalgo Colindres



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE IZABAL
INGENIERIA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL

Dictamen de Revisora de Redacción y Estilo de tesis de Ingeniero en Gestión Ambiental Local, en el Grado Académico de Licenciado

Nombre del estudiante: **Ingrid Sofia Morales Juarez**

Título de la tesis: **Determinación de la Calidad del Compost a Partir de Residuos Sólidos Orgánicos Domiciliarios Generados en el Área Central de la Aldea Santo Tomás de Castilla, Puerto Barrios, Izabal.**

La Revisora de Tesis,

Considerando:

PRIMERO: Que ha leído el informe de tesis, donde consta que la estudiante en mención realizó la investigación de rigor atendiendo a un método, técnicas e instrumentos propios de su campo.

SEGUNDO: Que la estudiante realizó las correcciones que le fueron planteadas en su oportunidad.

TERCERO: Que dicho trabajo reúne las calidades necesarias de un trabajo de investigación de tesis para optar al título de **Ingeniera en Gestión Ambiental Local, en el Grado Académico de Licenciada.**

Por tanto,

En calidad de revisora de Redacción y Estilo de Tesis para optar al título de Ingeniero en Gestión Ambiental Local, en el Grado Académico de Licenciado, emite **DICTÁMEN FAVORABLE**, para que continúe con los trámites de rigor

Izabal, Guatemala, octubre 2017

MSc. Elena Elizabeth Suchite Garnica de Quintanilla
Revisora de Redacción y Estilo

Cc/estudiante
Archivo.

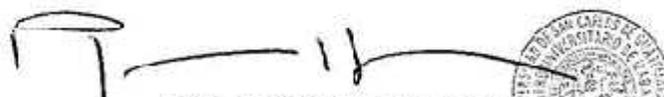


DICTAMEN DE IMPRESIÓN 084-2017

Con base en los requerimientos académicos y en cumplimiento de los reglamentos; según consta en punto CUARTO del acta 18-2017, de la sesión celebrada por el Consejo Directivo del Centro Universitario de Izabal, el miércoles ocho de Noviembre del dos mil diecisiete, se conoció el acta No. 10 de Examen Privado de Tesis de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local, de fecha 16 de Octubre de dos mil diecisiete y el trabajo de Tesis denominado "DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL COMPOST A PARTIR DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DOMICILIARES GENERADOS EN EL ÁREA CENTRAL DE LA ALDEA SANTO TOMÁS DE CASTILLA, PUERTO BARRIOS, IZABAL", que para su graduación profesional presentó la estudiante: INGRID SOFÍA MORALES JUAREZ. Por lo cual, posterior a la revisión respectiva y en cumplimiento de los normativos correspondientes, el Consejo Directivo APROBO lugar, fecha y hora para efectuar examen público de graduación y esta Dirección AUTORIZA la impresión del documento de Tesis.

Dado en la ciudad de Puerto Barrios, a los diez días del mes de Noviembre de dos mil diecisiete.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


PhD. José Adiel Robledo Hernández
Director
CUNIZAB



ACTO QUE DEDICO

A:

MI MADRE Por darme la vida y enseñarme que todo lo que soñamos lo podemos lograr,
por creer en mí y por su amor infinito.

A MI ESPOSO Por su apoyo incondicional y por enseñarme que el amor existe.

A MIS HIJOS Sofía Rebeca, Luis Eduardo, Dana Beatriz y Luis José, por ser las personas
más maravillosas, por llenar mi vida de felicidad.

Toda mi familia y amigos por ser mis compañeros de viaje en esta gran
aventura de la vida.

AGRADECIMIENTOS

A mis centros de estudio: escuela José María Fuentes, al Instituto América Latina, al instituto mixto de turismo COACTEMALAN

A la universidad de San Carlos de Guatemala USAC, el centro universitario de Izabal CUNIZAB por ser mi casa de estudio.

Al PhD. José Robledo, Licda. Juana Isabel Galdámez y Lic. Humberto Teos, por todo su apoyo, por su gestión y visión para aperturar la bella carrera “Ingeniería en Gestión Ambiental Local”.

Al MSc. Ing. Agr. Ricardo Barrientos Reneau, por todo su apoyo y su gestión como coordinador de la carrera.

Al MSc. Ing. Agr. Edgar Giovanni Zamora por apoyarnos y motivarnos desde el inicio de la carrera.

A cada uno de mis catedráticos por compartir sus valiosos conocimientos y sus buenos consejos.

Al Ing. Agr. Carlos Rodas, Ing. Sergio Salguero, Erick Aldana y Douglas Ortega, por su valiosa colaboración.

A mis amigos, George Boburg y Amanda Dibble por ser mi inspiración.

A mi amigo Bryan Ramos, porque sin importar las circunstancias me enseñó el verdadero valor de la amistad.

A cada uno de mis compañeros por su paciencia, apoyo y cariño, siempre estarán en mi mente y en mi corazón.

ÍNDICE GENERAL

INDICE DE CONTENIDO	i
INDICE DE TABLAS	v
INDICE DE FIGURAS	v
INDICE DE APÉNDICE	v
RESUMEN	vi

INDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	2
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
4. JUSTIFICACIÓN	4
5. OBJETIVOS	5
5.1. Objetivo general	5
5.2. Objetivos específicos	5
6. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	5
7. MARCO TEÓRICO	6
7.1. Los residuos sólidos	6
7.1.1. Los residuos sólidos urbanos	6
7.1.2. Los residuos sólidos orgánicos y su clasificación	6
A. Residuos sólidos orgánicos municipales	6
B. Residuos sólidos orgánicos institucionales	7
C. Residuos sólidos orgánicos de mercados	7
D. Residuos sólidos orgánicos comerciales	7
E. Residuos sólidos orgánicos domiciliarios	7

7.1.3. Desechos sólidos y su relación con la salud y el ambiente	7
7.2 . Situación de los desechos y residuos sólidos	8
7.2.1. A nivel mundial.....	8
7.2.2. En América Latina y el Caribe.....	8
7.2.3. En Guatemala.....	9
7.2.4. En Puerto Barrios, Izabal	10
7.3. Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos domiciliarios a través del compostaje .	11
7.3.1. Compostaje.....	11
7.3.2. Factores que intervienen en el proceso de compostaje	12
A. Temperatura	12
B. Humedad	12
C. Aireación	12
D. Relación carbono / nitrógeno	13
E. pH	13
F. Tamaño de las partículas.....	13
G. Control periódico	14
7.3.3. Fases del proceso de compostaje	14
A. Fase mesófila.....	14
B. Fase termófila o de higienización.....	14
C. Fase de enfriamiento o mesófila II	15
D. Fase de maduración.....	15
7.4. Compost	15
7.5. Calidad del compost.....	16
7.6. Producción de composta doméstica	17
7.6.1. Modelos de gestión posibles para elaboración de compost doméstico	17
A. Gestión centralizada	17
B. Gestión descentralizada.....	18

8. MARCO REFERENCIAL	19
8.1. Ubicación geográfica de Puerto Barrios Izabal	19
8.2. Población	19
8.3. Historia de Santo Tomás de Castilla, Puerto Barrios, Izabal.....	20
8.4. Finca experimental, Santo Tomás	21
8.4.1. Localización geográfica.....	21
8.4.2. Reseña histórica.....	21
8.4.3. Clima y zona de vida	21
8.4.4. Suelo	22
8.4.5. Hidrología.....	22
8.4.6. Flora.....	22
9. MARCO METODOLÓGICO	23
9.1. Metodología de proceso de realización del compostaje	23
9.1.1. Tipificación de los residuos sólidos orgánicos domiciliarios	23
A. Levantamiento preliminar de datos	23
B. Tipificación de los residuos sólidos orgánicos domiciliarios del área de estudio.....	24
9.1.2. Estimación de la generación diaria por persona	24
9.1.3. Determinación de la calidad del compost según parámetros fisicoquímicos	25
A. Construcción de camas de compostaje	25
B. Recolección de la muestra	26
C. Control de parámetros físicos del proceso del compostaje	26
D. Análisis de la composición química	28
E. Análisis físico.....	28
9.2. Área de estudio	29
9.3. Diseño estadístico	32
9.4. Modelo estadístico	33
9.5. Factor de estudio.....	33
9.6. Tratamientos y repeticiones.....	34

9.7. Definición de los tratamientos	34
9.8. Arreglo espacial	35
9.9. Variables de respuesta / tratamiento	35
9.10. Análisis de la información	35
10. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
10.1. Tipificación de los residuos orgánicos domiciliarios	36
10.2. Estimación de la generación diaria por persona de residuos orgánicos domiciliarios expresada en kg/p/día.....	38
10.3. Determinación la calidad del compost según parámetros fisicoquímicos	38
10.3.1. Control y evaluación de parámetros físicos, del proceso de compostaje.....	38
A. Control de la aireación	38
B. Evaluación de la humedad.....	38
C. Evaluación de la temperatura	41
D. Evaluación de la evolución del volumen	43
10.3.2. Resultados de los parámetros físicos del compost, de color y olor.....	46
10.3.3. Resultados de análisis químicos del compost	46
11. CONCLUSIONES	49
12. RECOMENDACIONES	50
13. RERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	51
14. APÉNDICES.....	54

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Porcentaje de generación diaria por persona de residuos sólidos orgánicos municipales en algunos países de América Latina y el Caribe	9
Tabla 2. Definición de tratamientos	34
Tabla 3. Aleatorización de los tratamientos	35
Tabla 4. Tipificación de los residuos sólidos orgánicos domiciliarios	36
Tabla 5. Residuos orgánicos vegetales de cocina.....	37
Tabla 6. Registro de humedad	39
Tabla 7. Análisis de varianza para la variable humedad	40
Tabla 8. Registro de la temperatura en °C.....	41
Tabla 9. Análisis de varianza para la variable temperatura	43
Tabla 10. Registro del volumen de los Tratamientos expresados en m ³	44
Tabla 11. Análisis de varianza para la variable de volumen	45
Tabla 12. Análisis químico de los tres tratamientos evaluados	47

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localización y ubicación geográfica de la zona de estudio	30
Figura 2. Mapa de localización y ubicación geográfica de la finca Santo Tomás	31
Figura 3. Porcentaje de humedad	39
Figura 4. Registro de temperatura	42
Figura 5. Registro del volumen	44

INDICE DE APÉNDICE

Apéndice A. Datos obtenidos del estudio preliminar	54
Apéndice B. Ficha de obtención de datos	55
Apéndice C. Hoja de registro, generación de residuos sólidos orgánicos domiciliarios	55
Apéndice D. Análisis químico de los tratamientos	58
Apéndice E. Imágenes	59

RESUMEN

El presente estudio tuvo como finalidad, determinar la calidad del compost, a partir de los residuos sólidos orgánicos domiciliarios recolectados en el área central de la Aldea Santo Tomás de Castilla del municipio de Puerto Barrios, Izabal, a través de la evaluación de las características fisicoquímicas del producto final.

Para el logro de los objetivos se obtuvo una muestra representativa de 102 viviendas de las cuales se recolectaron sus residuos (mismos que fueron separados en la fuente) se identificaron y pesaron para definir los tratamientos que fueron sometidos a experimentación.

Para el adecuado proceso de compostaje se llevó a cabo el control del parámetro de aireación por medio de volteos manuales, el primero al descender la temperatura, luego cada tres días durante 8 semanas y cada siete hasta completar el proceso de 12 semanas, otros parámetros medidos y registrados fueron humedad, temperatura y volumen.

El mejor resultado fue el de la formula equilibrada de vegetales, hojas secas, verdes, ramas, flores, frutos, restos de café y cascaras de huevo, que obtuvo un pH y una relación C/N final óptimos, temperatura ambiente, color negro y olor a tierra húmeda características de un compost maduro.

Por lo que se propone aprovechar la porción orgánica de los residuos sólidos domiciliarios para la elaboración de compost, a través de la técnica de compostaje y con ello reducir la cantidad que llega a diferentes destinos y por ende contribuir a la reducción de la contaminación ambiental.

Palabras clave: residuos sólidos, orgánicos, domiciliarios, compostaje, compost.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente en la Aldea y Puerto Santo Tomás de Castilla del municipio de Puerto Barrios, Izabal, la generación de desechos y residuos sólidos aumenta con el tamaño de su población y estos aún son tratados de forma inadecuada. Una pequeña parte se trasladada al basurero municipal de Piteros, otra es quemada en las mismas viviendas, tirada en las calles, sitios baldíos, ríos y por su proximidad llegan al mar, causando serios problemas ambientales, económicos y sociales.

Los desechos son la parte de la basura que no tienen valor o utilidad y los residuos son la parte que se abandona y que son susceptibles de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien, tal es el caso de los residuos sólidos orgánicos con los cuales se puede hacer compost, un excelente acondicionador del suelo (Soto, 2003).

Por este motivo se pretende demostrar que los residuos sólidos orgánicos de origen domiciliar pueden ser aprovechados para la elaboración de compost de buena calidad, por lo que se realizó el presente estudio.

Para conocer cuáles son los residuos y que cantidades se generan por persona en el área establecida, se inició con un estudio preliminar para determinar el tamaño de la muestra, posteriormente se realizó una tipificación de los residuos sólidos domiciliarios.

Para determinar la calidad del compost se realizaron tres tratamientos los que se definieron como: residuos orgánicos vegetales de cocina, residuos orgánicos de jardín y la mezcla de los dos anteriores, más residuos no vegetales de cocina (cascara de huevo), mismos que se obtuvieron de las viviendas seleccionadas, el proceso de compostaje se llevó a cabo en la Finca experimental Santo Tomás.

Durante el proceso de compostaje se realizaron controles de aireación y se llevó a cabo un registro de los parámetros de humedad, temperatura y reducción del volumen para conocer su comportamiento en campo así como determinar a través de un análisis de laboratorio que tratamiento presento mejores resultados en la elaboración de compost.

2. ANTECEDENTES

El compostaje es una actividad practicada hace millones de años por los humanos y desde siempre por la naturaleza ya que se trata de un proceso biológico aeróbico mediante el que los microorganismos actúan sobre la materia orgánica, biodegradandola y cuyo resultado es la obtención del compost (Rodríguez, 2007).

En el siglo pasado diversas escuelas agronómicas pusieron en práctica la técnica del compostaje, denominando al producto final compost. El término procede del latín y significa “poner juntos” (Alvarez, s.f).

En la actualidad la generación de nuevas prácticas que mejoren la forma de manejar los residuos orgánicos ha puesto al compostaje como una forma práctica de aprovecharlos, lo que aumenta la experimentación e investigación de dicho proceso; pero también en este ámbito se han repetido errores por el poco aprovechamiento de la información acumulada. Probablemente haya poco por descubrir sobre los fundamentos biológicos del proceso y la interacción con las condiciones fisicoquímicas, pero queda mucho por investigar respecto al rendimiento, beneficio y efectos del uso de abonos orgánicos sobre el suelo. Además la manera correcta de reciclar determinados residuos (Acosta & Peralta, 2015).

Se desconoce si en la Aldea Santo Tomás del municipio de Puerto Barrios Izabal, se han realizado estudios acerca del proceso de compostaje de los residuos sólidos domiciliarios, lo que si es cierto es que aún no son aprovechados.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la naturaleza existe todo un sistema de ciclo cerrado en el cual la materia orgánica se transforma para ser útil una y otra vez reciclándose constantemente, por lo que no hay basura, desafortunadamente con la intervención del ser humano, esta situación cambia puesto que genera y tira grandes cantidades de desechos y residuos sólidos de forma inadecuada.

A estos desechos y residuos sólidos comúnmente los llamamos basura; por su origen se clasifican en orgánicos e inorgánicos, los primeros provienen de la naturaleza y se descomponen fácilmente los segundos tardan muchos años en hacerlo, por lo que se debe de tener un tratamiento especial para cada uno de ellos.

Actualmente los desechos de origen domiciliario, en el área central de la aldea Santo Tomas de Castilla, son mezclados orgánicos e inorgánicos, unos son quemados en las mismas viviendas, otros depositados en basureros clandestinos, calles, ríos, etc. Y otra parte es trasladada al basurero municipal donde no reciben tratamiento adecuado y se desperdician los residuos que pueden ser aprovechados.

Los desechos y residuos sólidos ocasionan deterioro de los sistemas naturales aire, agua, suelo, además de afectar la salud y calidad de vida de la población (Contreras., 2008).

El manejo inadecuado de desechos trae consigo dificultades sociales, económicas y ambientales por lo que se hace necesario proponer medidas de mitigación que permitan reducir la contaminación y los costos económicos para su tratamiento.

La técnica conocida como el compostaje, es la que se propone para tratar los residuos orgánicos de origen domiciliario, como una alternativa para minimizar los problemas que el actual manejo provoca y aprovecharlos para la elaboración de compost.

4. JUSTIFICACIÓN

En la Aldea y Puerto Santo Tomás de Castilla del municipio de Puerto Barrios Izabal, la población ha crecido considerablemente y con ello también la generación de desechos y residuos sólidos, los cuales son llevados sin clasificar orgánicos e inorgánicos al basurero municipal de Piteros, en el cual aún se utiliza el sistema de botadero a cielo abierto.

Algunos de estos residuos son quemados o enterrados directamente en las viviendas o tirados en lugares no autorizados, calles, ríos los que finalmente llegan al mar, provocando serios problemas ambientales, sociales y económicos.

Según estudios realizados en América Latina y el Caribe se generan 0,91 kilogramos de desechos y residuos sólidos por persona al día, de los cuales el 70% corresponde a los residuos orgánicos de los cuales solamente se recuperan el 2.2% del total generado, el 1,9 % corresponde a la fracción inorgánica y solamente el 0,3 de la fracción orgánica (OPS/OMS, 2005).

Otros estudios realizados recientemente, demuestran que en Puerto Barrios, se generan el 0.97 lb/hab/día, de los cuales el 50% del total generado corresponde a la fracción orgánica (Alianza de Derecho Ambiental y Agua., 2016).

Lo que indica que la mayor parte los residuos generados corresponden a la fracción orgánica y es muy poco o casi nula su recuperación. Por lo que nos encontramos frente a una gran oportunidad para su aprovechamiento, para reducir el volumen en el lugar donde son depositados además de contribuir con la disminución de la contaminación ambiental.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo general

Determinar la calidad del compost a partir de residuos sólidos orgánicos domiciliarios generados en el área central de la Aldea Santo Tomás de Castilla, Puerto Barrios, Izabal.

5.2. Objetivos específicos

1. Tipificar los residuos sólidos orgánicos domiciliarios del área de estudio.
2. Estimar la generación diaria por persona, de residuos orgánicos domiciliarios del área de estudio.
3. Determinar la calidad del compost elaborado a base de residuos sólidos orgánicos domiciliarios por medio de diferentes tratamientos según parámetros fisicoquímicos.

6. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

La mezcla de los residuos orgánicos domiciliarios dará como resultado un compost de mejor calidad según parámetros fisicoquímicos.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Los residuos sólidos

El (Ministerio de Desarrollo Económico, 2005) define residuo sólidos como: cualquier elemento, material, sustancia u objeto sólido que resulta del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales o de servicios, que el generador abandona, rechaza o entrega y que es susceptible de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien, con valor económico.

7.1.1. Los residuos sólidos urbanos

“Son aquellos elementos, objetos o sustancias que como consecuencia de los procesos de consumo y desarrollo de las actividades humanas, son desechados o descartados. Se generan a través de distintas actividades de viviendas, establecimientos e instituciones, etc.” (Parodi, 2013).

7.1.2. Los residuos sólidos orgánicos y su clasificación

Según (Jaramillo & Zapata, 2008) se le denomina residuos sólidos orgánicos a aquellos que provienen de la naturaleza, que son biodegradables y se pueden desintegrar o degradar rápidamente, transformándose en otro tipo de materia orgánica. Según su procedencia se pueden clasificar en: residuos sólidos orgánicos municipales, institucionales, de mercados, comerciales y domiciliarios, estos últimos son los que se propone, su aprovechamiento para la elaboración de compost, para el presente estudio.

A. Residuos sólidos orgánicos municipales

“Estos Proviene del barrido de las calles, parques, playas, etc. Sus posibilidades de aprovechamiento son limitadas debido a que su contenido es variado por lo que presenta dificultad en el proceso de separación física” (Jaramillo & Zapata, 2008).

B. Residuos sólidos orgánicos institucionales

Estos provienen de instituciones públicas gubernamentales y privadas. Su mayor característica es su contenido de papeles y cartones además de residuos de alimentos provenientes de los comedores institucionales (Jaramillo & Zapata, 2008).

C. Residuos sólidos orgánicos de mercados

Son residuos que provienen de mercados de abastos y otros centros de venta de productos alimenticios. Es una buena fuente para el aprovechamiento de orgánicos y en especial para la elaboración de compost y fertilizante orgánico (Jaramillo & Zapata, 2008).

D. Residuos sólidos orgánicos comerciales

Son aquellos residuos provenientes de tiendas, hoteles, restaurantes, imprentas, estaciones de servicio, etc. Los restaurantes son fuente de generación de residuos orgánicos debido al tipo de servicio que ofrecen, la venta de alimentos” (Jaramillo & Zapata, 2008).

E. Residuos sólidos orgánicos domiciliarios

“Son residuos provenientes de hogares, cuya característica puede ser variada, pero que mayormente contienen restos de verduras, frutas, residuos de alimentos preparados, podas de jardín y papeles. Representa un gran potencial para su aprovechamiento” (Jaramillo & Zapata, 2008).

7.1.3. Desechos sólidos y su relación con la salud y el ambiente

La salud humana es afectada por el manejo de los desechos, por ejemplo: la transmisión de enfermedades bacterianas y parasitarias tanto por agentes patógenos transferidos por los desechos como por vectores que se alimentan y se reproducen de los mismos, el riesgo de lesiones e infecciones ocasionados por los objetos punzocortantes encontrados en los desechos, poniendo en

alto riesgo la salud de las personas que recuperan materiales en los vertederos; además la quema de estos, afecta el sistema respiratorio de las personas (Contreras., 2008).

Los desechos sólidos también ocasionan deterioro de los sistemas naturales aire, agua y suelo. La disposición y acumulación de estos desechos inutiliza las tierras para otros usos; así mismo se contaminan con nitratos y metales pesados que se filtran por el suelo hasta llegar a la capa freática, se contaminan también las aguas superficiales además de intervenir en el desarrollo de la vida acuática; durante el proceso de descomposición se emana metano y juntamente con los gases tóxicos generados por la quema de materiales plásticos se ocasiona deterioro del aire (Contreras., 2008).

El inadecuado manejo de los desechos sólidos interviene en el desarrollo de una región o país, se presenta al desmejorar la calidad de vida de sus habitantes, reduciendo su productividad y por ende su contribución al desarrollo económico; adicionalmente la formación de problemas ambientales conlleva a pagar elevados costos económicos y sociales (Contreras., 2008).

7.2. Situación de los desechos y residuos sólidos

7.2.1. A nivel mundial

Los desechos y residuos sólidos generan un problema a nivel mundial, debido a los altos volúmenes que son generados por los ciudadanos y el manejo inadecuado de estos, lo que afecta la salud de las personas y al medio ambiente (Saez & Urdaeta G, 2014).

7.2.2. En América Latina y el Caribe

La Organización Panamericana para la Salud (OPS) señala que para el 2005 la generación de desechos y residuos sólidos en América Latina y el Caribe se estimó una tasa media por persona de 0,91 Kg al día, de los cuales el 70% en la mayoría de países corresponde a la porción de la materia orgánica (Saez & Urdaeta G, 2014). En la Tabla 1 se muestran los porcentajes de generación de la materia orgánica de algunos países de América Latina y el Caribe.

La recuperación de materiales aprovechables es apenas del 2,2% del total generado (0,91 kg) de los cuales el 1,9% corresponde a reciclaje de materiales inorgánicos y un 0,3% al reciclaje de productos orgánicos. Generalmente las actividades de separación de residuos aprovechables para reutilización y reciclaje son realizadas a través de personas denominadas “segregadores”, quienes no cuentan con la preparación para desarrollar esta actividad y se exponen a peligros (Silgado R, 2006), (Saez & Urdaeta G, 2014).

“La realidad para América Latina y el Caribe es que la separación de residuos desde el origen se encuentra en estado incipiente, algunos países han regulado a través de leyes la implementación del sistema por parte de los generadores de residuos pero en la práctica no ha sido aplicado” (Saez & Urdaeta G, 2014).

Tabla 1. Porcentaje de generación diaria por persona de residuos sólidos orgánicos municipales en algunos países de América Latina y el Caribe

PAIS	% DE MATERIA ORGANICA
Costa Rica	58
México	43
El salvador	42
Perú	50
Chile	49
Guatemala	63,3
Colombia	52,3
Uruguay	56
Bolivia	59,5
Ecuador	71,4

Fuente: OPS/OMS, 1997

7.2.3. En Guatemala

De acuerdo al el Perfil Ambiental 2006, en el país se generan diariamente entre 6,000 a 7,000 toneladas de desechos sólidos, de las cuales, el 54% se producen en las zonas urbanas y el restante 46% en las zonas rurales. Los actuales hábitos de consumo promueven una creciente generación de residuos y desechos sólidos.

Los desechos no recolectados constituyen un 65 % de los desechos domiciliarios generados en el país, siendo uno de los grandes factores que ejercen presión al ambiente. Esta situación promueve un aumento de botaderos ilegales tanto del área rural como urbana, además existen hogares con el hábito de quemarlos o enterrarlos (Perfil Ambiental de Guatemala, 2006).

Según el primer informe sobre desechos sólidos domiciliarios, de los botaderos del país, el 88.38% no se encuentran autorizados y se pueden considerar clandestinos; el 11.62% se definen como de origen municipal, porque cuentan con autorización de la municipalidad únicamente y el 100% no tienen autorización por parte del MARN (no cuentan con Instrumento Ambiental aprobado) (Perfil Ambiental de Guatemala, 2006).

7.2.4. En Puerto Barrios, Izabal

El basurero municipal de Puerto Barrios está ubicado en el caserío Piedra Parada entrada a Piteros en aldea Entre Ríos a este lugar llegan toneladas diarias de basura provocando un problema de contaminación ambiental y de salud a la población (Vargas, 2006).

Actualmente se carece de plantas de tratamiento o relleno sanitario para el destino final de los desechos y residuos sólidos, además tampoco se cuenta con un sistema eficiente de recolección, por lo que proliferan basureros clandestinos (SEGEPLAN, 2011).

Un estudio realizado recientemente en Puerto Barrios, Izabal indica que actualmente se generan la cantidad de 0.97 libras de desechos y residuos sólidos domiciliarios por persona al día, de los cuales el 50 % corresponde a la fracción orgánica (Alianza de Derecho Ambiental y Agua., 2016).

7.3. Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos domiciliarios a través del compostaje

“Se entiende por aprovechamiento a la recuperación eficiente de diferentes materiales presentes en los desechos, la cual puede realizarse mediante la reutilización, reciclaje, la incineración con recuperación de energía y el compostaje” (Aristizabal & Sáchica, 2001).

La importancia del aprovechamiento de los residuos generados, reside en que contribuye a la conservación y reducción de la demanda de recursos naturales, además de disminuir el consumo de energía, se preservan los sitios de disposición final y se reduce la cantidad de residuos que son depositados en los basureros municipales o clandestinos, en general se disminuye la contaminación ambiental (Jaramillo & zapata, 2008).

7.3.1. Compostaje

El compostaje es un proceso biológico, aeróbico que con adecuada humedad y temperatura, se asegura una transformación higiénica de los restos orgánicos en un material homogéneo y asimilable para las plantas (FAO, 2013).

El compostaje se puede interpretar como sumatorio de procesos metabólicos complejos realizados por una variedad de microorganismos, y que en presencia de oxígeno, aprovechan el nitrógeno (N) y el carbono (C) presentes, para producir su propia biomasa. En este proceso, adicionalmente los microorganismos generan calor y un sustrato sólido, con menos C y N, pero más estable, que es llamado compost (FAO, 2013).

7.3.2. Factores que intervienen en el proceso de compostaje

Los factores que intervienen en el proceso del compostaje son variados y complejos, es necesario mencionar que las condiciones ambientales, el tipo de materiales o residuos a tratar y la técnica a emplear influyen en la calidad del producto final (Estrada, 2010). Algunos autores mencionan los principales factores de temperatura, humedad, aireación, relación carbono/nitrógeno, pH, tamaño de las partículas y control periódico.

A. Temperatura

Durante el proceso de compostaje intervienen una gran cantidad de microorganismos y a esto se debe la elevación de la temperatura, mayor a los 55 °C maximiza la sanidad del proceso, estas temperaturas son necesarias en el tratamiento de gallinaza u otras excretas de animales, pero no en el caso de desechos vegetales (Soto, 2003).

En el proceso de compostaje, la mayoría de los microorganismos se desarrollan a temperaturas entre 35 y 55 C (Silva, Lopez, & Valencia, s,f).

B. Humedad

El rango de humedad óptimo para el crecimiento microbiano está entre el 50-70%; la actividad biológica disminuye cuando la humedad está por debajo del 30%; por encima del 70% el agua desplaza al aire en los espacio libres existentes entre las partículas, reduciendo la transferencia de oxígeno y produciéndose una anaerobiosis. Cuando las condiciones se hacen anaerobias se originan malos olores y se acorta la velocidad del proceso (Bueno, Díaz, & Cabrera, 2008).

C. Aireación

El proceso de compostaje es aeróbico, el aire es necesario para que los microorganismos aeróbicos se desarrollen adecuadamente, se debe tener cuidado de no compactar los materiales; si no hay buena aireación en el montón, sale un producto de mala calidad (Estrada, 2010).

D. Relación carbono / nitrógeno

Son dos componentes básicos de la materia orgánica y para obtener buena calidad de compost, debe existir una relación equilibrada entre ambos elementos. Esta relación depende del tipo de materiales iniciales y sus proporciones; los de tejido leñoso, son fibrosos y secos se descomponen lentamente y son ricos en carbono. Los verdes, frescos y que se descomponen con rapidez, incluidas las leguminosas son ricos en nitrógeno. La relación ideal esta entre 25 a 35 partes de carbono por una parte de Nitrógeno (Estrada, 2010).

Durante el proceso de compostaje se producen pérdidas de carbono en forma de dióxido de carbono (CO₂), por lo que la relación C/N irá disminuyendo hasta alcanzar un valor entre 12 y 8 en el producto final, valor que también depende del material inicial. Si el valor final de C/N es inferior, indica que la composta se ha mineralizado excesivamente y, si es muy alto, puede indicar que no se ha descompuesto suficientemente. La estabilidad de este valor es un buen indicador de que la degradación ha finalizado y la composta ha madurado (Rodríguez & Cordova, 2006).

“Terminado el proceso de compostaje la relación C/N ideal para un compost totalmente maduro es cercana a 10, similar a la del humus” (Bueno, Díaz, & Cabrera, 2008).

E. pH

Los autores Suler y col (1977) establecieron una relación entre los cambios de pH y la aireación de la mezcla, donde se concluye que un compostaje con la aireación adecuada conduce a productos finales con un pH entre 7 y 8; valores más bajos indican que el pH tuvo fenómenos anaeróbicos y de que el material aún no está maduro (Bueno, Díaz, & Cabrera, 2008).

F. Tamaño de las partículas

Si los materiales iniciales son muy grandes, más tiempo tardan en descomponerse. Picar los materiales y organizarlos en capas intercaladas, requiere más trabajo pero permite mejor calidad y acelera el proceso de descomposición (Estrada, 2010).

G. Control periódico

Según las condiciones climáticas el proceso puede durar de tres a cuatro meses por lo que se debe revisar periódicamente para que todas las fases se lleven a cabo de mejor manera. Este control puede ser diario si la abonera está cerca de la casa, o cada dos a tres días a la semana si se ubica más lejos (Estrada, 2010).

7.3.3. Fases del proceso de compostaje

Según la temperatura generada durante el proceso del compostaje, se reconocen tres fases o etapas principales, además de una etapa de maduración de duración variable (FAO, 2013). Las fases por las que pasa el proceso son descritas a continuación por variados autores.

A. Fase mesófila

Al inicio del proceso de compostaje los residuos se encuentran a temperatura ambiente y por la acción de los microorganismos la temperatura sube considerablemente, a pocos días se alcanzan los 40°C, hay una descomposición de los compuestos solubles que ocurre durante los dos o tres primeros días (Peña, Carrión, Martínez, & Rodríguez, 2002).

B. Fase termófila o de higienización

Al alcanzar temperaturas mayores a los 45°C, los microorganismos mesófilos son reemplazados en su mayoría por bacterias termófilas que crecen a mayores temperaturas, que actúan facilitando la degradación de fuentes más complejas de C, como la celulosa y la lignina. Esta fase puede durar desde unos días hasta meses, dependiendo del material inicial, las condiciones climáticas, entre otros factores (FAO, 2013).

Esta fase es conocida como fase de higienización puesto que al elevarse las temperaturas por encima de los 55°C el calor generado destruye bacterias y contaminantes de origen fecal como *Esche richa coli* y *Salmonella spp*, quistes y huevos de helminto, esporas de hongos fitopatógenos y semillas de malezas que pueden encontrarse en el material inicial, dando lugar a un producto higienizado (FAO, 2013).

C. Fase de enfriamiento o mesófila II

Al agotarse las fuentes de carbono y en especial el nitrógeno en el material en compostaje, la temperatura desciende nuevamente hasta los 40-45°C, durante esta fase, continúa la degradación de polímeros como la celulosa, y aparecen algunos hongos visibles a simple vista (FAO, 2013).

En este período la tasa de descomposición decrece y disminuye la temperatura, estabilizándose en valores próximos a la del medio ambiente; posteriormente se produce la recolonización del compost por los organismos que no soportan el calor (hormigas, lombrices, insectos, etc.) (Peña, Carrión, Martinez, & Rodriguez, 2,002).

D. Fase de maduración

Este período puede demorar meses a temperatura ambiente, en donde se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados para la formación de ácidos húmicos y fúlvicos (FAO, 2013).

7.4. Compost

“El compost maduro es el producto final del proceso de compostaje, es un producto estabilizado y rico en microorganismos útiles” (Silva, López, & Valencia, s,f).

“Es una forma de reciclaje de material orgánico, es un producto negro parecido a la tierra y por lo general de forma granular, sin restos gruesos y sin mal olor. Por sus características puede usarse como estabilizador del suelo” (Villatoro, 2004).

7.5. Calidad del compost

“Los criterios de calidad van a estar definidos por el uso que se le dé al compost y el objetivo que se busque con el mismo” (Soto & Melendez, 2003).

La calidad de un compost usualmente es determinado por parámetros químicos, estos dan una especificación exacta de cada sustancia, y permiten evaluar la estabilidad del compuesto como un todo. Sin embargo, desde el punto de vista práctico la madurez del compost puede ser medido basándose en el potencial de utilización para el propósito agrícola, lo que significa que la calidad del compost puede ser evaluado en función a la producción agrícola y en el mejoramiento de las propiedades del suelo (Soto & Melendez, 2003).

“Los laboratorios de análisis de suelos y foliares han optado por ofrecer como análisis de compost la digestión total, que permite dar información sobre contenidos totales de nutrimentos. Sin embargo se sabe que estos análisis sobreestima la disponibilidad de nutrimentos al corto plazo, ya que las tasas de liberación van a ser más lentas” (Soto & Melendez, 2003).

Algunos criterios para definir la calidad son:

(N) Nitrógeno (%) 2

(K) Potasio (%) 1

(P) Fosforo (%) 0,15-1,5

(C: N) Relación carbono: nitrógeno < 20 optima 10

(pH) Potencial de Hidrógeno 6.5-8

(Soto & Meléndez, 2003).

7.6. Producción de composta doméstica

“La valorización de los residuos sólidos orgánicos domiciliarios (residuos de verduras, podas y jardín) se alcanza cuando el residuo es procesado y transformado en un nuevo producto como lo es el compost”, para ello es necesario la modificación de hábitos personales y colectivos de las personas que habitan en el hogar, para poder efectuar la separación en la fuente (Rodríguez & Cordova, 2006).

Para hacer efectiva la separación desde la fuente de los residuos sólidos, se requiere educar al generador y ocasionar en él un nuevo hábito y lograr la labor de separarlos, de tal forma que no se contaminen con otros residuos. (Alcaldía de Envigao, Secretaria de Medio Ambiente y Desarrollo Rural., 2011).

7.6.1. Modelos de gestión posibles para elaboración de compost doméstico

Según el autor se presenta dos modelos de gestión para la elaboración de compost doméstico, dependiendo del grado de centralidad y de participación ciudadana, pueden clasificarse en: gestión centralizada y gestión descentralizada (Parodi, 2013).

A. Gestión centralizada

Para este modelo, cada hogar debe tener un recipiente para disponer sus residuos orgánicos y separarlos del resto. El sistema de recolección de los residuos debe ser diferenciado, por lo que el camión retirará los residuos sólidos orgánicos domiciliarios y los llevará a una planta de tratamiento, donde se realizará a través de la técnica de compostaje todo el proceso hasta obtener como producto final compost, el que puede ser aplicado al suelo para mejorar sus características físicas, químicas y biológicas. Este puede ser utilizado por la municipalidad en las áreas verdes, viveros forestales u ornamentales que le permita disponer de material necesario (Parodi, 2013).

B. Gestión descentralizada

El proceso de compostaje es el mismo de un sistema de gestión centralizada, pero en este caso se realiza a pequeña escala, en cada vivienda. El producto obtenido, si el proceso fue realizado de manera correcta, se convierte en abono de excelente calidad para las plantas del hogar, ya sea como sustrato para macetas o para abonar plantas u hortalizas del jardín (Parodi, 2013).

Este sistema ofrece, muchas ventajas, es fácil de realizar solo requiere de la voluntad y adquisición de nuevos hábitos por parte del generador y se obtienen muchos beneficios.

Según lo indica (Parodi, 2013) las ventajas de la utilización del modelo de gestión descentralizada (en cada hogar) para la elaboración de compost a través de la técnica del compostaje doméstico son:

- ✓ Reducción de los volúmenes de residuos orgánicos (de jardín y de la cocina) recolectados y los costos de traslado y de disposición final.
- ✓ Reducción de los volúmenes y la generación de lixiviados en el sitio de disposición final, y también la posibilidad de proliferación de agentes patógenos, tales como: ratas, cucarachas, moscas, mosquitos, etc.
- ✓ Reducción de las emisiones de gases con efecto invernadero, en especial de metano, en los sitios de disposición final.
- ✓ Obtención de abono útil para las plantas de los jardines, ya que mejora la fertilidad, porosidad y en general la vida del suelo. También aumenta la capacidad de retener y mantener disponible por más tiempo el agua y nutrientes para las plantas.

8. MARCO REFERENCIAL

8.1. Ubicación geográfica de Puerto Barrios Izabal

Puerto Barrios es la Cabecera del departamento de Izabal, se encuentra ubicado a 300 km de la ciudad de Guatemala, al nororiente de la república, en los recodos de la Bahía de Amatique, en el Océano Atlántico, con una extensión territorial 1,292 km² colinda al norte con el Mar Caribe, al oeste con el municipio de Livingston, al sur y este con Honduras, y al oeste con Morales y Livingston (SEGEPLAN, 2011).

Puerto Barrios, cabecera departamental, se localiza en las coordenadas geográficas: Latitud Norte 15°44'06'', Longitud Oeste 88°36'17''. Está constituido por 5 aldeas estas son: Puerto Barrios, Santo Tomas de Castilla, Entre Ríos, Chachagualilla y El Cinchado, 41 barrios, 23 fincas y 13 parajes (SEGEPLAN, 2011).

8.2. Población

Para Puerto Barrios el Instituto Nacional de Estadística reportó en el 2002 un total de 84,725 habitantes, así mismo proyectó una población para el 2009 de: 100,374 habitantes de los cuales 48,902 son hombres (49.7%) y 49,404 (51.30%) son mujeres. Se considera que el crecimiento poblacional entre 2002 y 2009 ha sido de 21% (un promedio por año de 3 por cada 100 habitantes). Según proyección del censo para 2009 la densidad poblacional es de 77 habitantes por km², es uno de los municipios más poblados de Izabal, en este municipio se puede observar que la mayor concentración poblacional se encuentra en las áreas urbanas, principalmente en el casco urbano y la aldea de Santo Tomás de Castilla (SEGEPLAN, 2011).

Según Estimaciones de población por municipio del Instituto Nacional de Estadística (INE), para el año 2017 la población de Puerto Barrios es de aproximadamente 115,260 personas (INE, 2002).

8.3. Historia de Santo Tomás de Castilla, Puerto Barrios, Izabal

“La historia de Santo Tomas de Castilla se remonta al tiempo en que los antiguos nativos mayas, comercializaban, haciendo uso del sistema interconectado: Lago de Izabal, Rio Dulce, bahía de Amatique y Rio Motagua” (Chang, 2006).

El periodo histórico más importante de la región inicio con el descubrimiento de Gil Gonzales de Ávila, quien partiendo de Santo Domingo en el caribe llego a estos litorales en los primeros meses de 1,524, recuerdo de su visita lo constituye el cerro San Gil (Chang, 2006).

El 7 de marzo de 1604, el navegante Francisco Navarro y el alcalde mayor de Guatemala Don Esteban de Alvarado fundan el puerto de Santo Tomás de Castilla, en honor a Santo Tomás de Aquino y al presidente de la Real Audiencia el Dr. Alonso Criado de Castilla (Gutierrez, 2017).

Este nombre se conservó a lo largo de 238 años, hasta que en 1942 se le cambio el nombre por primera vez y se le llamo Santo Tomas de Guatemala, en razón de un contrato celebrado por los gobiernos de Bélgica y Guatemala. En el gobierno del dictador Manuel Estrada Cabrera tomo su nombre, como “Puerto Estrada Cabrera.” Durante algún tiempo recibió el nombre de Distrito Portuario Centro Americano “Matías de Gálvez” nombre que tuvo durante unos años y el 06 de marzo de 1969 le volvió a cambiar a “Distrito Portuario Santo Tomas de Castilla” (Chang, 2006).

“Durante 75 años Santo Tomas fue municipio del departamento de Izabal desde 1,846 hasta 1921, siendo Jean S. Aguet su primer alcalde” (Chang, 2006).

8.4. Finca experimental, Santo Tomás

8.4.1. Localización geográfica

La finca Santo Tomás se encuentra localizada en el Km 277.5 aldea Champona carretera CA.9 Norte Morales Izabal, dentro de las coordenadas 15°36'32" latitud norte y 88° 34'53" longitud oeste ((IGN-1987), posee una extensión de 25 hectáreas actualmente solo una pequeña parte es utilizada por estudiantes que realizan sus prácticas agrícolas y otra es utilizada para crianza de ganado bovino. La administración de la finca está a cargo del Centro Universitario de Izabal (Xiloj & Cruz, 2006).

Según plano de ubicación de fecha 1999, la finca colinda al norte con Juan Carlos Roldan y Edgar Villanueva al sur con el Sr. Oscar Isaales, al oeste con Cristian Guipola y al oeste con la carretera al atlántico CA-9.

8.4.2. Reseña histórica

La finca fue cedida mediante convenio de cooperación técnica No. 343-98 a la Universidad de San Carlos de Guatemala, directamente al Centro Universitario de Izabal –CUNIZAB- en el año de 1999 por el Ministerio de Agricultura y Alimentación -MAGA- Para un periodo de 30 años (Hernández et al 1999), y en el año de 2002 el CUNIZAB obtuvo la finca en calidad de usufructo por 50 años. (Xiloj & Cruz, 2006).

8.4.3. Clima y zona de vida

La finca se encuentra dentro de la zona de vida del bosque muy húmedo tropical (bmh-t) según sistema de clasificación de Holdridge. Esta zona se ubica en una región con clima húmedo, con invierno benigno, vegetación bosque natural, sin una estación seca bien definida (Xiloj & Cruz, 2006).

El clima es generalmente caluroso, según datos obtenidos en el instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología -INSIVUMEH-ubicada en la estación de Puerto Barrios, la temperatura máxima es de 30,5 °C, la media es de 26,5 °C y la mínima de 22°C; los días de lluvia son entre 180 y 230 en el año; la precipitación promedio anual es de 3,375 mm y su humedad relativa es de 80 % (Gutierrez, 2017).

8.4.4. Suelo

Según la clasificación de Simmons et al. (1959) los suelos correspondientes a esta área son de tipo Champona, los que se caracterizan por tener un relieve escarpado, un drenaje moderado, una textura franco limosa de color café, una profundidad de 20 a 40 cm y su material de origen es de sedimentos marinos. Según el INAB (2000) la región natural a la que pertenece la finca es de tierras de las llanuras de inundación del norte (Xiloj & Cruz, 2006).

8.4.5. Hidrología

La finca es atravesada por un río, al cual se le unen dos quebradas que hacen abundar su caudal (Xiloj & Cruz, 2006).

8.4.6. Flora

Algunas especies identificadas en la finca son: Madre cacao (*Gliricidia sepium*), San Juan (*Voschisia hondurensis*), Zapoton (*Pachira acústica*), Matiliguat (*Tabebuia rosea*), Cablote (*Guazuma ulmifolia*) Mazapan (*Artocarpus integrifolia*) Cedro (*Cedrella odorata*) entre otras (Xiloj & Cruz, 2006).

9. MARCO METODOLÓGICO

9.1. Metodología de proceso de realización del compostaje

Se estableció la metodología empleada para alcanzar cada uno de los objetivos planteados en el presente estudio.

9.1.1. Tipificación de los residuos sólidos orgánicos domiciliarios

Para poder realizar este objetivo se realizó un estudio preliminar para determinar el tamaño de la muestra.

A. Levantamiento preliminar de datos

Esta fase, fue importante para la definición del número total de muestras. Se realizó un estudio preliminar para determinar la media, la varianza y el error de la muestra piloto, el cual se hizo a través de un muestreo simple aleatorio.

Para obtener la información requerida se procedió a pasar a 30 viviendas del área central de la Aldea Santo Tomás de Castilla, Izabal, correspondiente a las colonias: Quebrada Seca, Colina 1 y 2, Portuaria, BANVI 1 y 2, Barrio El Pueblito, El Manantial, San Agustín, 15 de Abril y San Andrés.

Se proporcionó una bolsa plástica y se solicitó a cada una de las familias que separaran sus residuos sólidos orgánicos, los cuales fueron pesados e identificados, se recolectaron por el periodo de 1 día y para ello se llenó una ficha de obtención de datos, que contenía la información siguiente: fecha, dirección, número de habitantes por familia, peso y composición de los residuos orgánicos (Ver resultados en apéndice A).

Materiales: pesa, ficha de obtención de datos, lapicero, bolsas.

B. Tipificación de los residuos sólidos orgánicos domiciliarios del área de estudio

Según los datos obtenidos en el estudio preliminar el número total a muestrear fue de 102 viviendas, las cuales fueron elegidas al azar, en cada una de las colonias del área de estudio. Tomando en cuenta dos únicos requisitos que estuvieran dispuestos a colaborar y que cocinaran, puesto que hay muchas personas compran su comida, esto con el propósito de obtener datos más precisos.

Los residuos fueron separados en cada hogar, fueron recolectados y pesados diariamente por el periodo de siete días para poder tipificarlos, para ello se llenó una ficha de obtención de datos con la información requerida: fecha, dirección, número de habitantes por familia y anotación de los diferentes tipos de residuos orgánicos generados en cada domicilio (Ver ficha en apéndice B).

Posteriormente se redujo el tamaño de los residuos, aproximadamente entre de 5 a 10 centímetros, luego se depositaron en cubetas plásticas y fueron trasladados a la finca experimental “Santo Tomas” del Centro Universitario de Izabal (CUNIZAB), donde se llevó a cabo el proceso de compostaje.

El muestreo ayudo a determinar el tipo o tipos de desechos orgánicos generados por las viviendas y por ende a definir cada uno de los tratamientos.

Materiales: fichas de obtención de datos, lapicero, bolsas plástica, balanza, cubetas plásticas, cuchillo, residuos orgánicos.

9.1.2. Estimación de la generación diaria por persona

Durante la tipificación de los residuos sólidos orgánicos domiciliarios, se pesaron los mismos, para poder determinar en base al número de habitantes por familia cuánto se genera en kilogramos una persona al día.

Para estimar el peso de los residuos sólidos domiciliarios se procedió a realizar los siguientes pasos:

- a. Las personas de las 102 viviendas muestreadas, tuvieron a bien separar los residuos orgánicos. Se dispuso para cada familia de bolsas según el tratamiento es decir: 1 bolsa para la fracción orgánica restos de cocina (vegetales y frutales), 1 bolsa para restos de jardín, dos bolsas pequeñas para el resto que corresponde a cascaras de huevo y pulpa de café.
- b. La recolección de las muestras se realizó diariamente por el periodo de siete días.
- c. Los residuos orgánicos fueron pesados diferenciadamente.
- d. Posteriormente los datos se tabularon en Excel y se obtuvieron los resultados de la generación de desechos sólidos orgánicos domiciliarios por persona al día.

9.1.3. Determinación de la calidad del compost según parámetros fisicoquímicos

Para determinar la calidad del compost generado a partir de los residuos sólidos orgánicos domiciliarios, se realizaron una serie de actividades descritas a continuación.

A. Construcción de camas de compostaje

Se determinó un lugar adecuado en la “Finca Experimental Santo Tomás” del Centro Universitario de Izabal –CUNIZAB- para realizar las camas de compostaje, se procedió a delimitar el espacio y quitar la maleza para despejar el área y se adecuaron las dimensiones de la misma, según las características de los residuos a compostar.

Conociendo los tipos de residuos generados en cada vivienda los cuales fueron obtenidos en el muestreo, permitió hacer una diferenciación de los mismos, los cuales fueron la materia prima para cada uno de los tratamientos. El diseño de las composteras se hizo tipo trinchera, en el suelo, a cielo abierto, con las dimensiones siguientes: 40 cm de largo, 40 de ancho, 40 cm de altura.

B. Recolección de la muestra

Se recolectaron las muestras de los residuos sólidos orgánicos domiciliarios producidos durante el periodo de siete días, separados en cada hogar , posteriormente fueron reducidos de tamaño de 5 a 10 cm aproximadamente y trasladados a la Finca Experimental del Centro Universitario de Izabal CUNIZAB en donde se llevó a cabo el proceso de compostaje.

C. Control de parámetros físicos del proceso del compostaje

Se realizaron observaciones, controles y mediciones, en campo, de cada uno de los parámetros de humedad, aireación, temperatura y reducción del volumen, de cada tratamiento con sus respectivas repeticiones, se llevaron a cabo cada tres días por el periodo de ocho semanas y luego cada semana hasta terminar el proceso de compostaje que duro doce semanas. Los registros tomados en campo, fueron posteriormente tabulados y graficados con el software Excel. Las variables a observar, controlar y medir fueron las siguientes:

a) Aireación

Se estableció en el área de cada unidad experimental, un espacio de igual tamaño para proporcionar aire a través de volteos manuales, el primero se realizó a los 12 días de iniciado el proceso de compostaje, al bajar la temperatura, luego una vez cada tres días por 8 semanas para terminar haciéndolos una vez a la semana hasta completar las 12 semanas.

Materiales: pala, cuchara, pujaguantes.

b) Humedad

Para el control del contenido de humedad se utilizó el método manual a través del procedimiento empírico, basado en el “Manual para la elaboración de compost bases conceptuales y procedimientos” de la OPS/OMS que indica:

1. Tomar con la mano una muestra de material.
2. Cerrar la mano y apretar fuertemente.
3. Verificar si sale un hilo de agua continuo del material, entonces se establece que el material contiene más de un 40% de humedad.
4. Si no se produce un hilo continuo de agua y el material gotea intermitentemente, se puede establecer que su contenido en humedad es cercano al 40%.
5. Sin el material no gotea y cuando abrimos el puño de la mano permanece moldeado, estimamos que la humedad se presenta entre un 20 a 30 %
6. finalmente si abrimos el puño y el material se disgrega, asumimos que el material contienen una humedad inferior al 20 %

Materiales: guantes, garrafones de agua entubada sin clorar, manguera, regadera.

c) Volumen del material en descomposición

Para conocer el desarrollo y evolución de la reducción del volumen se tomaron medidas periódicas para estimar el porcentaje de reducción al final del proceso de compostaje. Las medidas se registraron en m³.

Al inicio cada unidad experimental, tenía un volumen de 0.064 m³, el cual se fue reduciendo considerablemente, se tomaron medidas de la profundidad a cada una, para conocer el volumen en día muestreado, posteriormente este se restó al volumen inicial obteniéndose datos del material restante, estos se registraron en una hoja de datos en campo, luego se tabularon y se promediaron los datos de cada repetición para poder determinar el porcentaje de reducción de cada uno de los tratamientos.

Material: metro, hoja de registro, lapicero, computadora.

d) Registro de la temperatura

Se tomaron medidas de la temperatura durante todo el proceso, en cada una de las unidades experimentales (camas de compostaje), introduciendo el termómetro en el centro de la mezcla a una profundidad de 20 cm aproximadamente. Se promediaron las temperaturas de cada repetición para obtener datos de cada uno de los tratamientos.

Materiales: termómetro de suelos marca Hanna instrument, con un rango que va desde -50 hasta 150 °C.

D. Análisis de la composición química

Pasadas las 12 semanas del proceso de compostaje se procedió a la toma de las muestras de la siguiente manera:

1. Se homogenizo cada unidad experimental (12).
2. Se tomó una muestra de cada repetición (4), con un peso aproximadamente un kilo.
3. Se mezclaron las cuatro muestras hasta homogenizarlas a manera de obtener una representativa de cada tratamiento con peso de un kilo.
4. Las tres muestras debidamente etiquetadas fueron enviadas para su análisis químico al laboratorio de suelo-planta-agua “Salvador Castillo Orellana” de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Materiales: cuchara, pala, pesa, contenedores, bolsa plástica, papel, rotulador.

E. Análisis físico

Al momento de tomar la muestra de cada uno de los tratamientos se dispuso de la metodología del test de tipo físico en el que se observaron los aspectos de color, olor.

9.2. Área de estudio

Se determinó el zona de estudio en el área central de la Aldea Santo Tomas de Castilla, Puerto Barrios, Izabal que corresponde a las colonias, Quebrada Seca, Colina I y II, Portuaria, BANVI I y II, Barrio El Pueblito, El Manantial, San Agustín, 15 de Abril y San Andrés. Según información proporcionada por catastro municipal el número correspondiente al total de colonias es de 4,494 domicilios. En la Figura 1 se muestra el mapa de localización y ubicación geográfica del área de estudio.

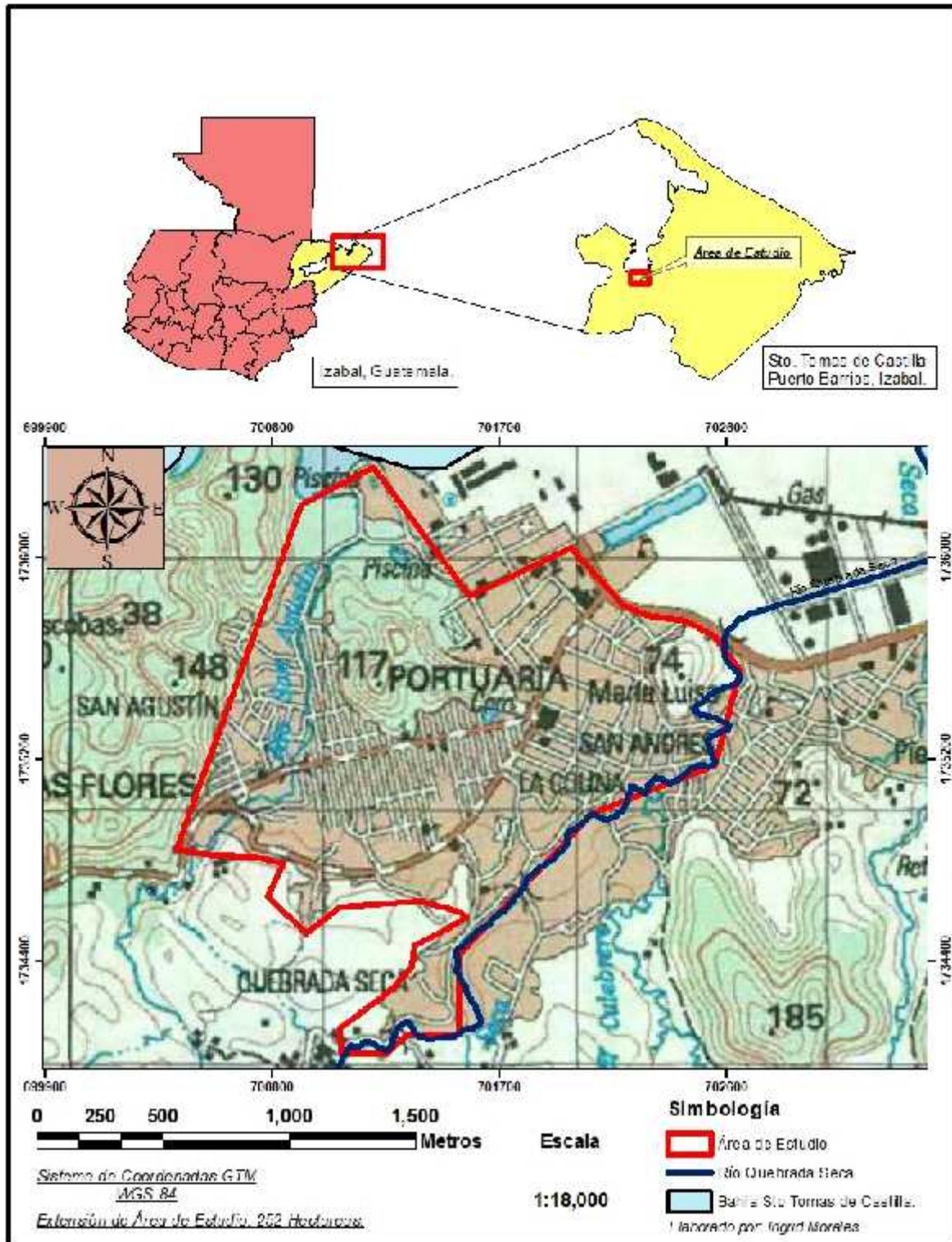


Figura 1. Mapa de localización y ubicación geográfica de la zona de estudio, modificado de MAGA, Ortofoto 2006.

Para la realización del trabajo de campo, que corresponde a la elaboración de las composteras y control del proceso de compostaje, se determinó el lugar en la finca experimental Santo Tomás, ubicado en aldea Champona, Morales, Izabal. En la Figura 2 se muestra el mapa localización y ubicación geográfica.

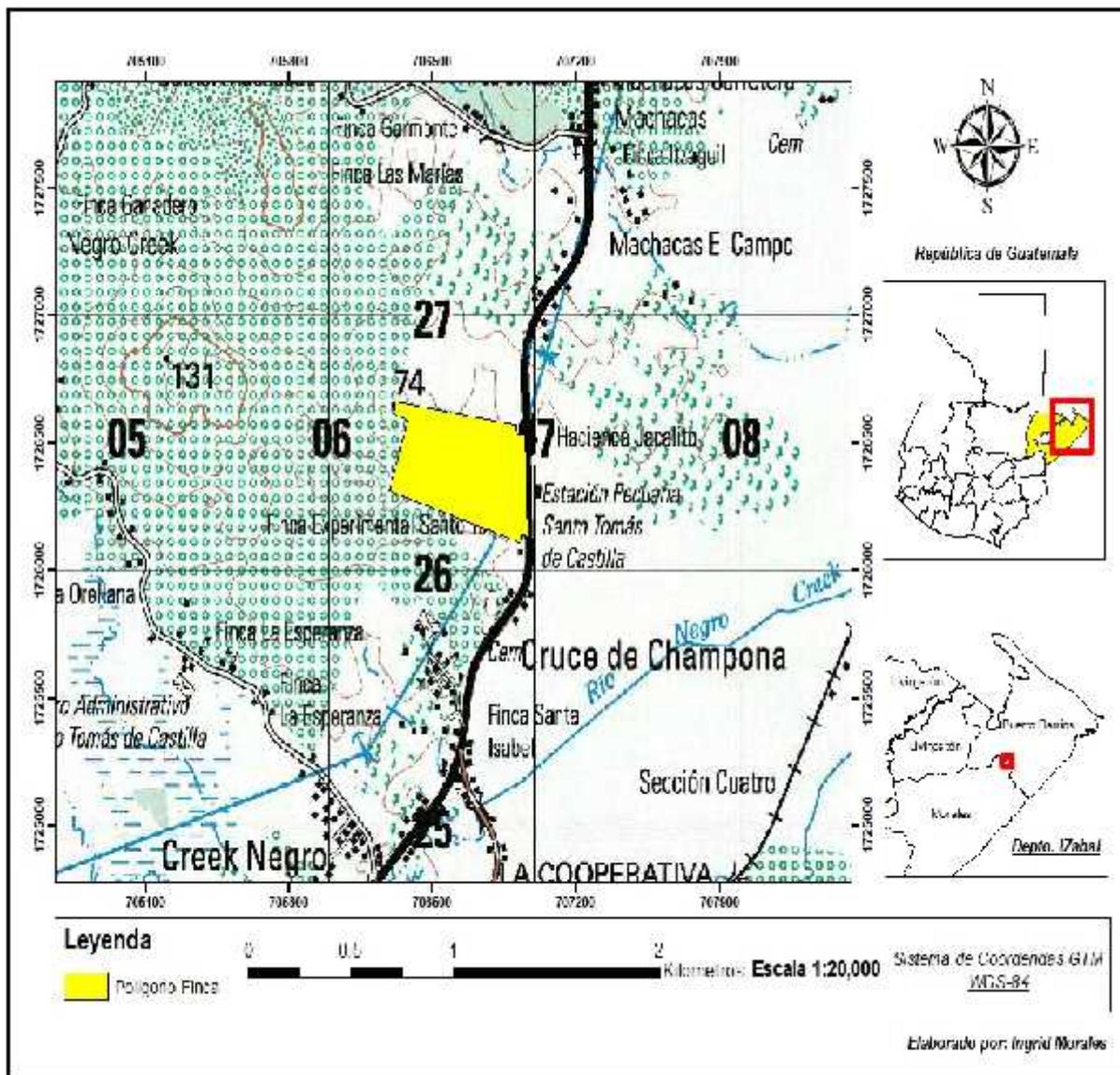


Figura 2. Mapa de localización y ubicación geográfica de la finca Santo Tomás, modificado de MAGA 2006

9.3. Diseño estadístico

Para la selección de la muestra a partir de una población se utilizó la técnica de Muestreo simple aleatorio (MSA).

Para la obtención de datos más precisos se realizó un pre muestreo donde se seleccionó al azar 30 domicilios de la población en el área de estudio para poder determinar la media, la varianza y el error de la muestra piloto, y así definir el tamaño de la muestra a utilizar. (Ver resultados en el apéndice A.

Utilizando la premuestra de 30 predios del total de la población (4,494 predios) y obteniendo datos promedios de la cantidad de residuos orgánicos que salen de las viviendas se obtuvieron los datos siguientes:

$$\bar{X} = 2.47$$

$$S^2 = 1.66$$

$$d = (\text{Media de la muestra} * \text{precisión}) = 0.247$$

Para calcular la muestra se utilizara la fórmula siguiente:

$$n = \frac{N * S^2 * Z^2}{(N*d^2) + (S^2*Z^2)}$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra definitiva

N = Tamaño de la población.

S² = Varianza obtenida con la muestra piloto.

Z² = Nivel de confianza

d = Precisión del estimador de interés o error de diseño.

Para media: Media de la muestra piloto*Precisión ($\bar{X} \times \% \text{Error}$)

$$n = \frac{N * S^2 * Z^2}{(N*d^2) + (S^2*Z^2)}$$

$$n = \frac{4494 * 1.66 * 1.96^2}{(4494*0.247^2) + (1.66 * 1.96^2)}$$

$$n = \frac{28658.49}{280.55} = 102 \text{ muestras}$$

9.4. Modelo estadístico

Se utilizó el diseño experimental denominado “Diseño bloques completos al azar” para los tres tratamientos con cuatro repeticiones. Cada unidad experimental fue de 12 aboneras. El modelo estadístico es a emplear fue:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Donde

(Y_{ij}) = es la variable de respuesta en cuestión en la ij ... ésima observación.

(μ) = Efecto general de la media poblacional

(τ_i) = Efecto del i-ésimo tratamiento

(β_j) = Efecto del j- ésimo bloque

(ϵ_{ij}) = del efecto del j-ésimo bloque y del error experimental asociado a la ij-ésima unidad experimental.

9.5. Factor de estudio

Muestra representativa de la porción orgánica de los residuos sólidos domiciliarios, de las colonias: Quebrada Seca, Colina I y II, Portuaria, BANVI I y II, Barrio El Pueblito, El Manantial, San Agustín, 15 de Abril y San Andrés.

9.6. Tratamientos y repeticiones

La enumeración de los tratamientos, bloques o repeticiones y de las unidades experimentales es la siguiente: T= 3 R= 1, 2, 3, 4

Número total de unidades experimentales = 12

9.7. Definición de los tratamientos

La tipificación de los residuos sólidos orgánicos generados en las 102 viviendas muestreadas, permitió definir los tratamientos puestos a observación. En la Tabla 2 se muestra la definición de cada tratamiento.

Tabla 2. Definición de tratamientos

Tratamiento	Descripción
T 1	El 90 % de la mezcla de todos los residuos orgánicos de cocina y jardín (restos de verduras y frutas, flores, ramas, hojas verdes y secas, cascara de huevo y restos de café) más el 10 % de tierra. Para el inicio del proceso se colocó una capa inicial de ramas pequeñas y hojas secas, luego otra capa de vegetales de cocina, cascara de huevo, café, y en su orden una capa más de hojas secas, hojas verdes, hojas secas y vegetales de cocina, en la parte final se cubrió con tierra.
T 2	El 90 % de residuos orgánicos vegetales de cocina más 10% de tierra. Para el inicio del proceso, se colocaron los vegetales y al final una fina capa de tierra.
T 3	El 90 % de los residuos orgánicos vegetales de Jardín (Flores, frutos, ramas, hojas verdes y secas) más el 10% de tierra. Para el inicio del proceso, se colocaron los residuos de jardín y al final una capa fina de tierra.

Fuente: Elaboración propia

La tierra utilizada en cada uno de los tratamientos es la misma que se sacó al realizar las aboneras, donde se llevó a cabo el proceso de compostaje en de finca experimental Santo Tomas y se utilizó una capa fina en la parte superior para cubrir los residuos.

9.8. Arreglo espacial

La distribución de los tratamientos fueron aleatorizados, en la Tabla 3 se muestra el arreglo espacial de los mismos.

Tabla 3. Aleatorización de los tratamientos

T2	Volteo	T3	Volteo
T2	Volteo	T1	Volteo
T1	Volteo	T2	Volteo
T3	Volteo	T3	Volteo
T2	Volteo	T1	Volteo
T1	Volteo	T3	Volteo

Fuente: Elaboración propia

9.9. Variables de respuesta / tratamiento

- a. Volumen del material descompuesto
- b. Temperatura
- c. Humedad
- d. Relación C/N
- e. pH
- f. Macronutrientes
- g. Color
- h. Olor

9.10. Análisis de la información

Se realizó un análisis de varianza ANDEVA para los parámetros físicos del proceso de compostaje lo que nos permitió observar si existen diferencias significativas dentro de los tratamientos evaluados, para cada una de las variables, para lo cual se utilizó el software estadístico INFOSTAT.

10. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

10.1. Tipificación de los residuos orgánicos domiciliarios

Según trabajo de campo realizado en las colonias: Quebrada Seca, Colina I y II, Portuaria, BANVI I y II, Barrio El Pueblito, El Manantial, San Agustín, 15 de Abril y San Andrés, de la Aldea Santo Tomas de castilla, Puerto Barrios, Izabal, de las cuales se tomaron 102 muestras de residuos sólidos orgánicos, representativas del área de estudio que corresponde a 4,494 domicilios.

El porcentaje se estimó en relación al peso de los residuos, el total recolectado fue de 757 kg. En la Tabla 4 se muestran la tipificación de los residuos sólidos orgánicos de origen domiciliar.

Tabla 4. Tipificación de los residuos sólidos orgánicos domiciliarios

Residuos	Porcentaje (en relación al peso)
Residuos orgánicos no vegetales	
Cascaras de huevo	3%
Residuos orgánicos vegetales de jardín	
Hojas secas	17%
Hojas verdes	8%
Cascara de coco	1%
Flores	1%
Frutos	4%
Residuos orgánicos vegetales de cocina	
Restos, cascaras y semillas	66%

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la Tabla 4, los residuos sólidos orgánicos domiciliarios en su gran mayoría son vegetales de cocina y jardín por lo que se cuenta con buena cantidad de materia prima para la realización de compost.

Los residuos orgánicos vegetales de cocina más sobresalientes que se observaron durante la tipificación, en el área de estudio se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5. Residuos orgánicos vegetales de cocina

Nombre común	Nombre científico	Nombre común	Nombre científico
Repollo	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>Capitata</i>	Ejote	<i>Phaseolus vulgaris</i>
Plátano	<i>Musa paradisiaca</i>	Rábano	<i>Raphanus raphanistrum</i> subsp. <i>Sativus</i>
Limón	<i>Citrus limón</i>	Calabacín	<i>Cucurbita pepo</i>
Güisquil	<i>Sechium edule</i>	Berenjena	<i>Solanum melongena</i>
Zanahoria	<i>Daucus carota</i>	Perejil	<i>Petroselinum crispum</i>
Tomate	<i>Solanum lycopersicum</i>	Coco	<i>Cocos nucifera</i>
Chile dulce	<i>Capsicum annum</i>	Paterna	<i>Inga paterno</i>
Macuy	<i>Solanum nigrescens</i>	Lechuga	<i>Lactuca sativa</i>
Ocra	<i>Abelmoschus esculentus</i>	Piña	<i>Ananas comosus</i>
Fresas	<i>Fragaria ananassa</i>	Yuca	<i>Manihot esculenta</i>
Sandia	<i>Citrullus lanatus</i>	Pepino	<i>Cucumis sativus</i>
Naranja	<i>Citrus sinensis</i>	Mango	<i>Mangifera indica</i>
Zapote	<i>Pouteria sapota</i>	Brócoli	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>Itálica</i>
Maíz	<i>Zea mays</i>	Pacaya	<i>Chamaedorea tepejilote</i>
Granadilla	<i>Passiflora ligularis</i>	Mamey	<i>Mammea americana</i>
Papaya	<i>Carica papaya</i>	Cebolla	<i>Allium cepa</i>
Melón	<i>Cucumis melo</i>	Alverja	<i>Pisum sativum</i>
Loroco	<i>Fernaldia pandurata</i>	Jocote	<i>Spondias purpurea</i>
Apio	<i>Apium graveolens</i>	Rosa de Jamaica	<i>Hibiscus sabdariffa</i>
Chipilín	<i>Crotalaria longirostrata</i>	Acelga	<i>Beta vulgaris</i> subsp. <i>Vulgaris</i>
Remolacha	<i>Beta vulgaris</i>	Papa	<i>Solanum tuberosum</i>
Culantro	<i>Coriandrum sativum</i>	Yerba buena	<i>Mentha spicata</i>
Café	<i>Coffea</i>	Canela	<i>Cinnamomum verum</i>

Fuente: Elaboración propia

10.2. Estimación de la generación diaria por persona de residuos orgánicos domiciliarios expresada en kg/p/día

Según datos obtenidos en trabajo de campo, se tiene como resultado que, una persona genera, 0.21 kilogramos de residuos sólidos orgánicos diariamente. (En apéndice C, se muestran los resultados).

10.3. Determinación la calidad del compost según parámetros fisicoquímicos

Para poder determinar la calidad del compost además del análisis químico, fue necesario conocer el comportamiento de los parámetros físicos del proceso de compostaje, de cada uno de los tratamientos.

10.3.1. Control y evaluación de parámetros físicos, del proceso de compostaje

A. Control de la aireación

En cada cama de compostaje se dejó un espacio de igual tamaño para realizar los volteos, los cuales se iniciaron a los 12 días, al empezar a descender la temperatura, después cada tres días hasta completar las 8 semanas y posteriormente cada siete días hasta finalizar el proceso de compostaje (12 semanas).

B. Evaluación de la humedad

Las condiciones de cada tratamiento fueron variadas en relación a cada uno de sus componentes, el tratamiento 2 mostro más humedad debido a su composición, puesto que contenía solamente vegetales. Los tres tratamientos se vieron afectados por las condiciones climáticas del área, (lluvias continuas). En la Tabla 6 se muestran los registros tomados en campo, de cada uno de los tratamientos.

Tabla 6. Registro de humedad

		Numero de lecturas																
Tratamiento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
s	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8
T1	5	5	4	5	6	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4
T2	5	0	5	7	5	8	5	5	0	8	5	0	0	8	5	2	0	0
T3	7	6	5	6	7	6	6	6	5	6	6	5	5	5	5	4	4	4
	0	0	5	3	0	5	0	0	5	2	0	5	5	4	0	5	5	5
	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3
	5	5	5	9	8	9	7	6	5	7	5	5	5	5	5	0	5	5

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 3 se observa el comportamiento de la humedad de cada tratamiento.

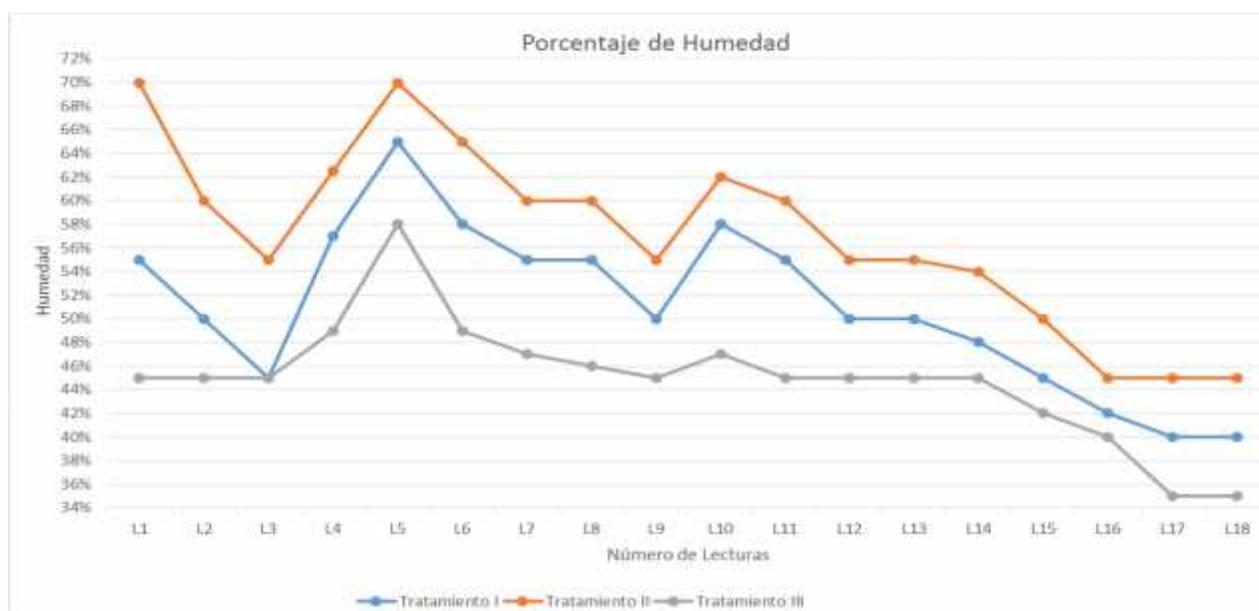


Figura 3. Porcentaje de humedad, elaboración propia

En la Figura 3 se observa que el tratamiento 2, al inicio tiene en su composición un alto porcentaje de agua, el cual va descendiendo a medida que el proceso de compostaje avanza, el incremento de la humedad en la lectura 5 se debió a las intensas lluvias, luego siguió descendiendo hasta la lectura 10 donde se incremento por el mismo motivo, por lo que se concluye que la humedad estuvo definida por las condiciones climáticas del lugar, el rango de que se mantuvo entre 45% y 70%. El tratamiento I estuvo en un rango entre 40% y 65%.

El tratamiento III por las características de los materiales usados, permitió una mejor filtración del agua en los días de lluvia y tuvo una mejor humedad en los días secos, el rango fue entre 35% a 58%.

Para conocer la diferencia significativa entre los tres tratamientos evaluados, se realizó un análisis Post-andeva, prueba de medias de tukey. En la Tabla 7 se presentan los resultados.

Tabla 7. Análisis de varianza para la variable humedad

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Humedad	216	0.36	0.34	13.21

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.53	5	0.11	23.41	<0.0001
Bloque	4.0E-03	3	1.3E-03	0.30	0.8272
Tratamiento	0.53	2	0.26	58.07	<0.0001
Error	0.95	210	4.5E-03		
Total	1.48	215			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.02632

Error: 0.0045 gl: 210

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T2	0.57	72	0.01	A
T1	0.51	72	0.01	B
T3	0.45	72	0.01	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Fuente: Elaboración propia

Según el análisis de varianza para la variable humedad, se muestra que, estadísticamente si existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados, en donde se obtuvo como resultado que los tres tratamientos son diferentes estadísticamente, el uno del otro, ya que pertenecen a diferente grupo tukey, el tratamiento 2 (residuos orgánicos vegetales de cocina) fue el que presentó mayor porcentaje de humedad.

C. Evaluación de la temperatura

El material inicial y su relación C/N intervienen en este proceso ya que los materiales frescos tienen más nitrógeno como es el caso del tratamiento 2 y los materiales secos, marrones son ricos en carbono como es el caso del tratamiento 3. La relación equilibrada C/N es fuente de alimento para los microorganismos benéficos en la degradación de la materia orgánica y producen calor, tal el caso del tratamiento 1.

Las temperaturas ascendieron y permanecieron por 9 días y luego descendieron a partir de la lectura 5, hasta la 7 pudo ser posible por las lluvias continuas, luego se mantuvieron a temperatura ambiente. En la Tabla 8 se muestran los registros tomados en campo de cada uno de los tratamientos.

Tabla 8. Registro de la temperatura en °C

	Numero de lecturas																	
Tratamiento	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18
T1	30	42	43	42	36	35	34	32	32	32	28	30	50	29	27	29	29	27
T2	30	41	41	40	34	34	33	32	32	32	28	30	55	29	27	29	29	27
T3	30	37	38	35	33	32	32	31	31	31	27	29	45	29	27	29	29	27

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4 se observa el comportamiento de la temperatura de cada tratamiento

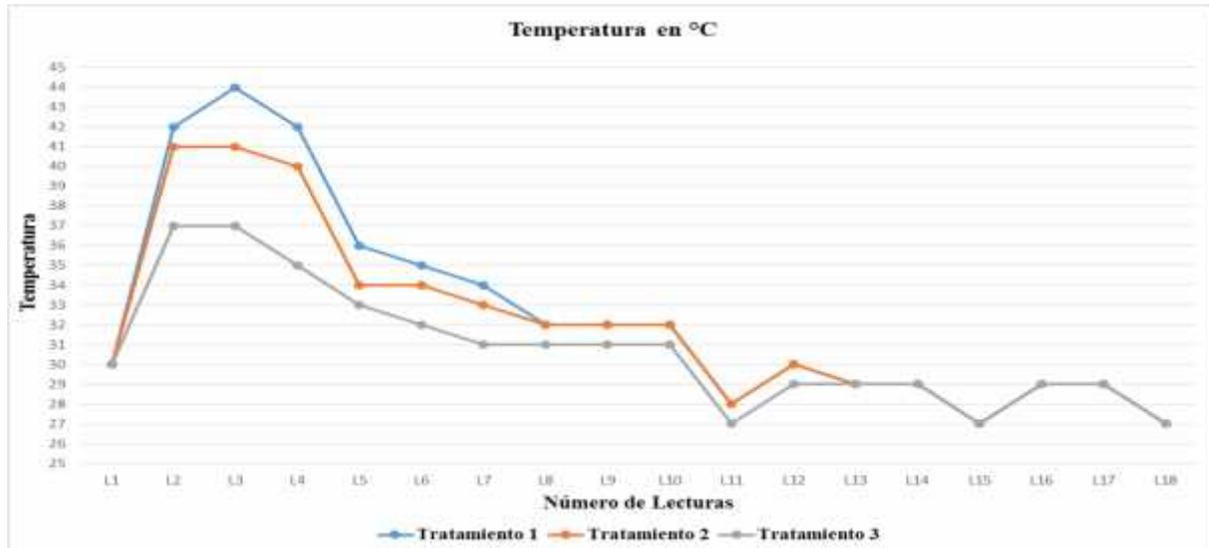


Figura 4. Registro de temperatura, elaboración propia

Se observan los registros de temperatura tomadas en campo, de cada uno de los tratamientos, mostrando un comportamiento diferente. En el tratamiento 1 la temperatura se elevó hasta alcanzar los 44 °C y el tratamiento 2 alcanzó los 41 °C mientras que el tratamiento 3 se mantuvo constante, siendo su temperatura más alta los 37 °C.

Ninguno de los tres tratamientos alcanzó temperaturas mayores a los 45 °C, por lo que no pasaron por su etapa termofílica o de higienización, sin embargo por el tipo de residuos, no fue necesario, puesto que su composición fue de vegetales orgánicos mismos que fueron separados en la fuente. La temperatura empezó a descender hasta llegar a temperatura ambiente, lo que indica que el proceso llegó a su etapa de maduración.

Durante el proceso de compostaje, se considera la evolución de la temperatura, como reflejo de la actividad de la población microbiana involucrada en el proceso, que decrece considerablemente al final del mismo, determinando una disminución de la temperatura del material compostado hasta temperatura ambiente. En este sentido, un compost se considera maduro cuando la curva de temperatura del mismo se ha estabilizado y no varía con el volteo del material (Peña, Carrión, Martínez, & Rodríguez, 2,002).

Se realizó análisis de varianza Post-andeva y prueba de medias de tukey, en la Tabla 9 se muestran los resultados.

Tabla 9. Análisis de varianza para la variable temperatura

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Temperatura	216	0.04	0.02	13.75

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	167.8	5	33.57	1.77	0.1204
Bloque	39.00	3	13.00	0.69	0.5620
Tratamiento	128.86	2	64.43	3.40	0.0354
Error	3984.14	210	18.97		
Total	4152.00	215			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.70395

Error: 18.9721 gl: 210

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
T1	32.47	72	0.51	A	
T2	31.90	72	0.51	A	B
T3	30.63	72	0.51		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 9 se observan los resultados, que indica que entre los tratamientos evaluados si existen diferencia estadística significativa, el tratamiento 1 (Mezcla de todos los residuos orgánicos domiciliarios) fue el que presento mayor temperatura en el proceso de compostaje, el tratamiento 2 no tuvo mucha diferencia con el tratamiento 1 y 3, mientras que el tratamiento 3 si tuvo diferencia significativa con el tratamiento 1 y fue el que presento menor temperatura.

D. Evaluación de la evolución del volumen

El volumen inicial de los residuos a compostar fue de 0.064 m³ en cada uno de los tratamientos, el cual fue descendiendo durante todo el proceso del compostaje. El tratamiento 2 fue el que más descendió, debido a su alto contenido de agua y el material inicial (vegetales) que en su relación C/N inicial tiene un alto contenido en nitrógeno.

El tratamiento 3 por su alto contenido de carbono (C), fue el que menos se redujo en volumen. El tratamiento 1 tuvo una equilibrada relación C/N en su material inicial, este se redujo más de la mitad. En la Tabla 10 se muestran los registros de las lecturas tomadas en campo de cada uno de los tratamientos.

Tabla 10. Registro del volumen de los Tratamientos expresados en m³

Número de lecturas									
Tratamiento	L 1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9
T 1	0.064	0.0564	0.0532	0.0504	0.0424	0.0392	0.0384	0.036	0.0352
T 2	0.064	0.0528	0.0492	0.0444	0.0388	0.0356	0.032	0.0284	0.0264
T 3	0.064	0.0624	0.0612	0.0596	0.0568	0.0504	0.048	0.0464	0.0448

Número de lecturas									
Tratamiento	L 10	L 11	L 12	L 14	L 14	L 15	L 16	L 17	L18
T 1	0.0332	0.0328	0.0324	0.0324	0.0324	0.0308	0.0308	0.0308	0.03
T 2	0.0256	0.0224	0.0296	0.0296	0.0181	0.0172	0.0172	0.0172	0.0172
T3	0.0432	0.042	0.0404	0.0396	0.0396	0.0396	0.0392	0.0384	0.0356

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 5 se observan los resultados de los porcentajes de reducción de cada tratamiento.

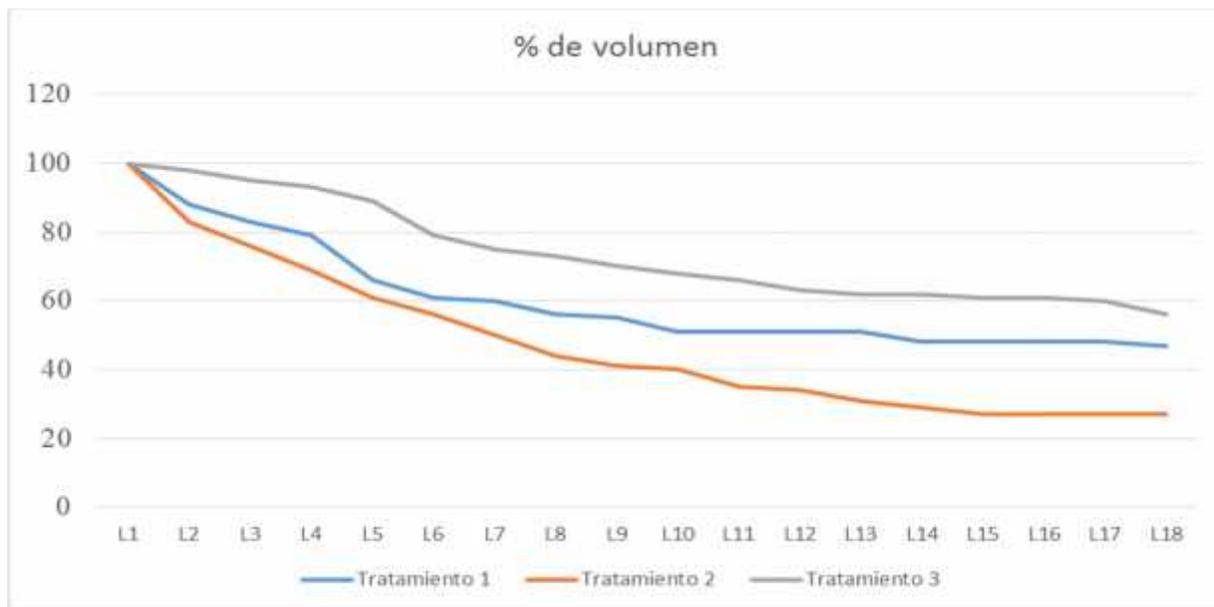


Figura 5. Registro del volumen, elaboración propia

En la Figura 5 según se observa que la variable volumen, desde la primera lectura después de montada la investigación hasta la lectura 18, es decreciente ya que a más tiempo transcurrido menor será el volumen encontrado en cada unidad de muestreo, esto debido a que el proceso de degradación de los residuos va en aumento. Se puede decir que el tratamiento 1 tuvo una reducción en volumen de un 53% mientras que el tratamiento 2 que fue el que más se redujo a un 73% y el tratamiento 3 alcanzo un 44%.

En la Tabla 11 se observa el análisis de varianza de la variable de volumen de cada uno de los tratamientos.

Tabla 11. Análisis de varianza para la variable de volumen

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Volumen	216	0.27	0.25	29.72

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.01	5	2.0E-03	15.19	<0.0001
Bloque	2.7E-04	3	8.9E-05	0.67	0.5700
Tratamiento	0.01	2	4.9E-03	36.98	<0.0001
Error	0.03	210	1.3E-04		
Total	0.04	215			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.00451

Error: 0.0001 gl: 210

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T3	0.05	72	1.4E-03	A
T1	0.04	72	1.4E-03	B
T2	0.03	72	1.4E-03	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 11 se muestran los resultados del análisis de varianza para la variable volumen de degradación, se realizó prueba de media de tukey a los tres tratamientos evaluados los cuales presentan una diferencia significativa, el tratamiento 2 (residuos orgánicos vegetales de cocina) fue el que presento al final del proceso de compostaje, un menor volumen, presentó mayor velocidad de degradación. El tratamiento 3 presento mayor volumen al final del proceso de compostaje, ya que por su composición su degradación fue más lenta.

El tratamiento 1 presento un volumen por menos de la mitad del material inicial al final del proceso de compostaje, tuvo una buena relación C/N en sus materiales iniciales y el proceso de descomposición se llevó a cabo en las condiciones de humedad y aireación adecuadas lo que permitió obtener mejores resultados en el periodo de tiempo establecido de 12 semanas.

10.3.2. Resultados de los parámetros físicos del compost, de color y olor

Según algunos autores el compost maduro debe tener ausencia de olor desagradable similar a la tierra húmeda y durante el proceso de compostaje, el material sufre un proceso de oscurecimiento o melanización hasta transformarse en un producto oscuro (Peña, Carrión, Martinez, & Rodriguez, 2,002).

Al terminar el proceso de compostaje (12 semanas), se tomaron las muestras representativas de cada uno de los tratamientos y se observaron las variables de olor y color. Los resultados fueron los siguientes:

T 1 color negro, olor a tierra húmeda.

T2 color café marrón, olor desagradable.

T3 color negro marrón, olor a tierra húmeda.

10.3.3. Resultados de análisis químicos del compost

Al finalizar el proceso de compostaje (12 semanas) se tomaron las muestras respectivas y se mandaron al laboratorio de Suelo-Planta-Agua “Salvador Castillo Orellana” Facultad de Agronomía USAC. Donde se realizó análisis químico del compost de cada uno de los tres tratamientos evaluados (Ver apéndice 5 los resultados del laboratorio).

En la Tabla 12 se presentan los valores totales de la composición química de cada tratamiento evaluado.

Tabla 12. Análisis químico de los tres tratamientos evaluados

IDENT	pH	mS/cm C.E	%				Ppm					%		C:N
			P	K	Ca	Mg	Na	Cu	Zn	Fe	Mn	C.O	NT	
T 1	7.8	3,000.0	0.14	0.32	2.00	0.18	275	10	160	1,650	130	11.51	1.18	9.8:1
T 2	7.4	908.0	0.03	0.09	0.38	0.03	110	5	15	625	20	2.44	0.29	8.4:1
T 3	6.8	690.5	0.03	0.04	0.56	0.12	245	5	30	825	40	3.61	0.38	9.5:1

Fuente: Laboratorio de Suelo-Planta-Agua “Salvador Castillo Orellana” Facultad de Agronomía USAC.

Al considerar el compost como un abono es importante mencionar que la disponibilidad de nutrimentos (capacidad de ofrecer nutrientes en forma asimilable para las plantas), va a variar dependiendo de la materia prima utilizada y el grado de madurez del producto final (Meléndez & Soto, 2003).

Se puede hablar de un contenido mínimo de nutrientes, en cuanto al nitrógeno este puede oscilar alrededor del 3% y es importante que no sea inferior a 0.6. El potasio alcanza valores cercanos a 1 %, mientras que el fósforo raramente supera este mismo valor (Silva, Lopez, & Valencia, s,f).

En cuanto al pH el intervalo recomendado es entre 6.5 y 8 unidades, lo que es compatible con el crecimiento de la mayoría de cultivos. En algunos casos el compost tiene la capacidad de actuar como tampón estabilizando el pH del suelo (Silva, Lopez, & Valencia, s,f).

Los resultados de los tratamientos evaluados muestran un rango en el pH que va desde un 6.8-7.8 que está dentro de lo normal para un compost maduro, es decir neutro y ligeramente básico esto nos indica, según literatura citada, que el proceso de compostaje se realizó con buena condición aeróbica (Bueno, Díaz, & Cabrera, 2008).

El tratamiento 1 presenta un pH de 7.8 y una relación carbono/nitrógeno (C/N) de 9.8/1 aproximada a 10/1 lo que indica que es un compost maduro; los macro nutrientes son bajos, pero este parámetro se debe ajustar a los requerimientos nutricionales agronómicos deseados. El carbono orgánico (CO) es de 11.51 menor de 20 que es el valor establecido y el nitrógeno total (NT) es de 1.18 que según Meléndez & Soto (2003) un compost comercialmente aceptable debe contener 2. Sin embargo, esta dentro de los rangos normales para ser considerado un compost de buena calidad y al ser separado en la fuente se garantiza la inocuidad y limpieza del producto final al no estar contaminado con otros materiales.

El resultado del bajo contenido de nutrientes, conductividad eléctrica y carbono orgánico (CO), pudo ser causado por lavado de materiales por el exceso de lluvias.

El tratamiento 2 contenía como material inicial vegetales frescos con una proporción alta de nitrógeno lo que hace que este se volatilice y el resultado final sea en este caso de 0.29. El carbono orgánico, están demasiado bajos, tiene una relación C/N por debajo de 10. El único requerimientos que cumple es el pH que es de 7.4 lo que indica que tuvo buena oxigenación.

El tratamiento 3 tiene un pH de 6.8 es ligeramente ácido, pero se encuentra dentro de los requerimientos establecidos, buena relación C/N 9.5/1 o que indica que es un compost maduro aunque la conductividad eléctrica, macronutrientes, micronutrientes, CO y NT los valores son muy bajos. En este caso el material inicial no aportó muchos nutrientes debido a que solamente eran hojas verdes y secas, los frutos no desarrollados que caen de los árboles antes de madurar y flores todos con alto contenido de carbono. Se puede mejorar la relación C/N adicionándole material rico en nitrógeno como estiércol bobino o gallinaza.

De los tres tratamientos, el que presento mejores resultados fue el tratamiento (1) el que contenía como materiales iniciales: residuos orgánicos vegetales de cocina, de jardín (flores, frutos, ramas, hojas verdes y secas), cascaras de huevo y pulpa de café más el 10 % de tierra. El bajo contenido de nutrientes, conductividad eléctrica y carbono orgánico pudo ser causado por lavado de materiales por el exceso de lluvias.

11. CONCLUSIONES

- 11.1 En el área central de la Aldea Santo Tomas de Castilla, Puerto Barrios, Izabal, según tipificación realizada, los residuos sólidos orgánicos domiciliarios son en su mayoría: residuos orgánicos vegetales de cocina (cascaras, restos y semillas), de jardín (flores, frutos, ramas, hojas verdes y secas), cascaras de huevo y pulpa de café.
- 11.2 En el área central de la Aldea santo Tomás de Castilla Izabal, se generan 0.21 kilogramos de residuos sólidos orgánicos domiciliarios por persona al día.
- 11.3 El tratamiento (1) que contenía la mezcla de residuos sólidos orgánicos de origen domiciliario que corresponde a vegetales de cocina y jardín mas no vegetales como las cascaras huevo, presento características fisicoquímicas de un compost estable y maduro con un pH adecuado y una buena relación C/N, por lo que se establece que la hipótesis de investigación es verdadera.

12. RECOMENDACIONES

- 12.1 Se propone, aprovechar la porción orgánica de los residuos sólidos domiciliarios para la elaboración de compost, a través de la técnica de compostaje, para disminuir la cantidad depositada en los sitios de disposición final y por ende contribuir a la reducción de la contaminación ambiental.
- 12.2 Es importante, para obtener un compost de buena calidad, que la fracción orgánica de los residuos sólidos domiciliarios, sea separada en la fuente de generación y su traslado sea selectivo.
- 12.3 Continuar haciendo estudios para mejorar los requerimientos de macronutrientes, micronutrientes y carbono orgánico (CO) mejorando los materiales iniciales.
- 12.4 Por las condiciones climáticas del área, es recomendable que el proceso de compostaje se realice bajo techo, para evitar pérdidas de nutrimentos por lavado de materiales.
- 12.5 Continuar realizando pruebas con variables biológicas para conocer el poder de germinación, de absorción de nutrimentos en las plantas y descartar la presencia de metales pesados.
- 12.6 Para tener un mejor control del parámetro de humedad durante el proceso de compostaje, es importante que se realicen con sistemas abiertos en pilas y no en composteras tipo trinchera en el suelo.
- 12.7 Para compostar residuos sólidos de jardín se sugiere utilizar composteras tipo trincheras en el suelo, mejorando el material de partida adicionándole estiércol bobino o gallinaza.
- 12.8 Los residuos de vegetales se puede mejorar adicionándoles materiales ricos en carbono, como el aserrín, paja, hojas secas, papel, cartón, entre otros.

13. RERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acosta, W., & Peralta, M. (2015). Elaboración de abonos orgánicos a partir del compostaje de residuos agrícolas en el municipio de Fusagasuga. *Universidad de Cundinamarca, Facultad de ciencias agropecuarias, programa de zootecnia, trabajo de grado*. Fusagasuga, Colombia.
- Alcaldía de Envigao, Secretaria de Medio Ambiente y Desarrollo Rural. (Julio de 2011). Manual para el manejo de residuos sólidos. *Guía para el adecuado manejo de los residuos sólidos*. Colombia.
- Alianza de Derecho Ambiental y Agua. (Octubre de 2016). caracterización de los residuos y desechos sólidos domiciliarios en los municipios de Puerto Barrios, Morales y Los Amates del departamento de Izabal. Guatemala.
- Álvarez, d. l. (s.f). Manual de compostaje para agricultura ecológica. Andalucía, España.
- Aristizabal, C., & Sáchica, M. S. (2001). El aprovechamiento de los residuos sólidos domiciliarios no tóxicos en Bogotá D.C. *Tesis de grado, facultad de ciencia jurídicas departamento de sociología jurídica Pontifica Universidad Javierana*. Bogotá D.C.
- Bueno, M. P., Díaz, B. M., & Cabrera, C. F. (2008).Capitulo 4. Factores que afectan el proceso de compostaje. En J. M. Casco, & R. M. Herrero, *Compostaje* (pág. 93). Madrid, España: Artes gráficas Cuestas, S.A.
- Contreras., J. M. (2008). Evaluación de experiencias locales urbanas desde el concepto de sostenibilidad, el caso de los desechos sólidos del municipio de los Patios. Colombia.
- Chang, G. R. (2006). *Monografía del departamento de Izabal*. Guatemala: Impresora central. Edición limitada.
- Estrada, N. E. (febrero de 2010). Manual agrícola, elaboración de abonos orgánicos, tipo compost.Quetzaltenango., Guatemala: Instituto de Ciencia y Tecnología ICTA.
- FAO. (2013). *Manual de compostaje del agricultor, experiencias en América Latina*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>

- Flores, D. (marzo de 2001). Guía práctica para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos. *Guía No. 2 para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos*. Quito, Ecuador.
- Gutierrez, R. B. (febrero de 2017). Diseño de sistema de agua potable en los barrios el Rastro y el Estrecho, Puerto Barrios y ampliación y mejoramiento del tramo carretero que conduce desde la aldea Quebrada seca hasta la aldea El Mirador, Santo Tomás de Casrilla, Puerto Barrios Izabal. *Trabajo de graduación, Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de ingeniería, escuela de ingeniería civil*. Guatemala.
- INE. (30 de junio de 2002). *Estimaciones de población por municipio periodo 2008-2020*. Guatemala.
- Jaramillo, H. G., & Zapata, M. L. (2008). Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia. *Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia, Universidad de Antioquia, facultad de ingeniería, posgrados de ambiental, especialización en gestión ambiental*. Colombia.
- Ministerio de Desarrollo Económico. (23 de marzo de 2005). *Decreto 838, Republica de Colombia*. Obtenid de http://www2.igac.gov.co/igac_web/normograma_files/Decreto%20838%20de%202005.pdf
- OPS/OMS. (2005). *Informe de evaluación regional de los servicios de manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe*. Washinton, DC.
- Parodi, C. (2013). Diseño de un proceso innovativo para puesta en práctica del compostaje doméstico, caso de aplicación: La Serranita. *Maestría en diseño de procesos innovativos, facultad de arquitectura, universidad católica de córdova Argentina*.
- Peña, T., Carrión, R., Martínez, F., & Rodríguez, A. C. (2,002). Manual para la producción de abonos orgánicos en la agricultura urbana. *Manual para la producción de abonos orgánicos en la agricultura urbana*. PNUD-INIFAT.
- Perfil Ambiental de Guatemala. (2006).

- Rodríguez, A. (2007). Gestión y tratamiento de los residuos urbanos. *Ciudades medio ambiente y sostenibilidad*. Sevilla, España: Arcibel Editores, S.L.
- Rodríguez, S. M., & Córdova, A. (Septiembre de 2006). *Manual de compostaje municipal, Tratamiento de residuos solidos urbanos*. Obtenido de <https://books.google.com.gt>
- Saez, A., & Urdaeta G, J. A. (septiembre, diciembre de 2014). Manejo de los residuos sólidos en América Latina y el Caribe. *Revista científica OMNIA vol.20*, 121-135. Maracaibo, Venezuela.
- SEGEPLAN. (2011). *Plan de Desarrollo Municipal de Puerto Barrios Izabal*. Guatemala.
- Silva, V. J., López, P., & Valencia, P. (s,f). Recuperación de nutrientes en fase sólida a través del compostaje. Cali, Colombia: Escuela de Ingeniería de los Recursos naturales y del Ambiente (EIDENAR), Universidad del Valle-Facultad de Ingeniería. A.A. 25360.
- Soto, G. (2003). Abonos Orgánicos: el proceso del compostaje. *Taller de abonos orgánicos*. Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza CATIE.
- Soto, G., & Melendez, G. (13,14 de marzo de 2003). Calidad de abonos orgánicos, impacto del uso de abonos orgánicos. *Taller de abonos orgánicos*. Centro de investigaciones agronómicas de la universidad de Costa Rica y Cámara de insumos agropecuarios no sintéticos.
- Vargas, C. S. (Noviembre de 2006). Efectos de contaminación del basurero municipal en los habitantes del caserío Piedra Parada entrada a Piteros. *Tesis de grado Licenciatura en Trabajo Social*. Municipio de Puerto Barrios, Izabal, Guatemala: Universidad Mariano Gálvez.
- Villatoro, R. R. (febrero de 2004). Propuesta para el manejo de desechos sólidos generados en el asentamiento Tecún Umán Chinautla, Guatemala. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, facultad de ingeniería, escuela de ingeniería civil.
- Xiloj, G., & Cruz, M. (febrero de 2006). Estudio de prefactibilidad del cultivo de papaya carica papaya L. y su comercialización finca Santo Tomás Champona Morales Izabal. *Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario de Izabal, carrera Técnico en Producción Agrícola. Informe final-EPS-*. Puerto Barrios, Izabal, Guatemala.

14. APENDICES

Apéndice A. Datos obtenidos del estudio preliminar

No.de viviendas	No. de habitantes por familia.	Pesos de los residuos orgánicos por familia en (Lb).	Peso de los residuos por persona en (Lb)
1	4	2	0.5
2	7	2	0.28
3	6	2.5	0.41
4	6	5	0.8
5	6	5	0.8
6	5	3	0.6
7	4	1	0.2
8	5	2	0.4
9	5	2	0.4
10	5	2	0.4
11	4	1	0.25
12	10	5	0.5
13	3	0.5	0.16
14	6	2.5	0.83
15	2	1	0.5
16	3	2.5	1
17	4	2	0.5
18	3	3	1
19	4	2	0.5
20	5	2.5	0.5
21	3	3.5	1.16
22	6	1	0.16
23	3	1	0.33
24	6	3.5	0.58
25	5	3	0.6
26	6	1	0.16
27	2	1.5	0.75
28	6	3	0.5
29	3	3	1
30	7	5	1.4
Totales	144	74	16.42
Promedio	4.8 Hab/familia	2.47 lb/familia/día	0.54 lb/per/día

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B. Ficha de obtención de datos

Fecha: _____

Nombre:

Dirección: _____

No. de habitantes en el domicilio_____

Peso de los restos orgánicos expresados en kg_____

Anotar la composición de los resto orgánicos domiciliars.

Apéndice C. Hoja de registro, generación de residuos sólidos orgánicos domiciliarios

F N	Total p/f	Kg d 1	Kg d 2	Kg d 3	Kg d 4	Kg d 5	Kg d 6	Kg d 7	Total Kg/f	Total Kg/p	Total Kg/p/día
01	06	0.68	0.68	1.81	1.36	1.13	1.13	1.13	7.92	1.32	0.19
02	05	0.45	1.36	0.90	0.90	1.36	1.36	0.90	7.23	1.44	0.20
03	04	0.68	1.36	1.36	1.36	1.59	1.81	1.36	9.52	2.38	0.34
04	06	1.36	1.36	1.36	1.13	1.36	1.13	1.36	9.06	1.51	0.21
05	05	0.90	0.90	1.13	1.36	1.13	0.90	1.13	7.45	1.49	0.21
06	02	0.45	0.45	0.22	0.45	0.45	0.22	0.45	2.69	1.35	0.19
07	03	1.81	0.90	1.13	1.36	0.90	0.90	0.90	7.9	2.63	0.37
08	05	0.68	2.13	2.13	1.36	0.90	1.36	0.90	7.46	1.49	0.21
09	07	1.13	0.90	1.13	1.59	1.36	1.36	1.59	9.06	1.29	0.18
10	06	0.68	0.90	1.13	1.36	1.36	1.59	1.36	8.38	1.39	0.2
11	04	0.90	1.36	0.90	0.90	1.36	0.5	0.90	6.32	1.58	0.22
12	05	0.45	0.90	0.90	1.13	1.36	0.63	0.90	6.77	1.35	0.19
13	04	0.68	0.45	1.36	0.45	0.90	0.90	0.45	5.19	1.29	0.18
14	07	0.90	1.59	1.81	1.36	1.81	1.59	1.36	10.42	1.48	0.21
15	04	1.59	0.90	1.36	0.90	1.36	0.90	0.45	7.46	1.86	0.26
16	08	1.81	1.59	1.36	1.81	1.59	1.59	1.59	11.34	1.41	0.20
17	06	1.59	1.36	0.90	1.36	1.36	1.36	1.36	9.29	1.54	0.22
18	03	0.22	0.68	0.45	0.45	0.22	0.45	0.45	2.92	0.97	0.14
19	04	0.22	0.22	0.68	0.45	0.45	1.36	0.45	3.83	0.95	0.13
20	05	1.36	0.90	0.90	1.36	1.13	0.90	0.68	7.23	1.44	0.20
21	05	0.45	1.36	0.90	1.36	1.36	0.90	0.90	7.23	1.44	0.20
22	06	0.90	1.36	0.90	1.36	1.36	1.36	1.36	8.6	1.43	0.20
23	02	0.22	0.45	0.45	0.90	1.36	0.5	1.13	4.51	2.2	0.32
24	08	1.36	1.81	1.13	1.36	1.81	0.90	1.36	9.73	1.21	0.17
25	05	1.36	0.90	1.13	0.90	1.81	0.90	1.36	8.36	1.67	0.23
26	05	0.90	0.45	0.90	1.59	0.90	1.13	1.36	7.23	1.44	0.20
27	06	0.68	0.68	1.81	1.36	1.13	1.13	1.13	7.92	1.32	0.19
28	05	0.45	1.36	0.90	0.90	1.36	1.36	0.90	7.23	1.44	0.20
29	04	0.68	1.36	1.36	1.36	1.59	1.31	1.36	9.52	2.38	0.34
30	06	1.36	1.36	1.36	1.13	1.36	1.13	1.36	9.06	1.51	0.21
31	05	0.90	0.90	1.13	1.36	1.13	0.90	1.13	7.45	1.49	0.21
32	02	0.45	0.45	0.22	0.45	0.45	0.22	0.45	2.69	1.35	0.19
33	03	1.81	0.90	1.13	1.36	0.90	0.90	0.90	7.9	2.63	0.37
34	05	0.68	2.13	2.13	1.36	0.90	1.36	0.90	7.46	1.49	0.21
35	07	1.13	0.90	1.13	1.59	1.36	1.36	1.59	9.06	1.29	0.18
36	06	0.68	0.90	1.13	1.36	1.36	1.59	1.36	8.38	1.39	0.2
37	04	0.90	1.36	0.90	0.90	1.36	0.6	0.90	6.32	1.58	0.22
38	05	0.45	0.90	0.90	1.13	1.36	0.53	0.90	6.77	1.35	0.19
39	04	0.68	0.45	1.36	0.45	0.90	0.90	0.45	5.19	1.29	0.18
40	07	0.90	1.59	1.81	1.36	1.81	1.59	1.36	10.42	1.48	0.21
41	04	1.59	0.90	1.36	0.90	1.36	0.90	0.45	7.46	1.86	0.26
42	08	1.81	1.59	1.36	1.81	1.59	1.59	1.59	11.34	1.41	0.20
43	06	1.59	1.36	0.90	1.36	1.36	1.36	1.36	9.29	1.54	0.22
44	03	0.22	0.68	0.45	0.45	0.22	0.45	0.45	2.92	0.97	0.14
45	04	0.22	0.22	0.68	0.45	0.45	1.36	0.45	3.83	0.95	0.13
46	05	1.36	0.90	0.90	1.36	1.13	0.90	0.68	7.23	1.44	0.20
47	05	0.45	1.36	0.90	1.36	1.36	0.90	0.90	7.23	1.44	0.20
48	06	0.90	1.36	0.90	1.36	1.36	1.36	1.36	8.6	1.43	0.20
49	02	0.22	0.45	0.45	0.90	1.36	0	1.13	4.51	2.2	0.32
50	08	1.36	1.81	1.13	1.36	1.81	0.90	1.36	9.73	1.21	0.17
51	05	1.36	0.90	1.13	0.90	1.81	0.90	1.36	8.36	1.67	0.23
52	05	0.90	0.45	0.90	1.59	0.90	1.13	1.36	7.23	1.44	0.20
53	06	0.68	0.68	1.81	1.36	1.13	1.13	1.13	7.92	1.32	0.19
54	05	0.45	1.36	0.90	0.90	1.36	1.36	0.90	7.23	1.44	0.20
55	04	0.68	1.36	1.36	1.36	1.59	1.81	1.36	9.52	2.38	0.34

Continúa apéndice c

56	06	1.36	1.36	1.36	1.13	1.36	1.13	1.36	9.06	1.51	0.21
57	05	0.90	0.90	1.13	1.36	1.13	0.90	1.13	7.45	1.49	0.21
58	02	0.45	0.45	0.22	0.45	0.45	0.22	0.45	2.69	1.35	0.19
59	03	1.81	0.90	1.13	1.36	0.90	0.90	0.90	7.9	2.63	0.37
60	05	0.68	2.13	2.13	1.36	0.90	1.36	0.90	7.46	1.49	0.21
61	07	1.13	0.90	1.13	1.59	1.36	1.36	1.59	9.06	1.29	0.18
62	06	0.68	0.90	1.13	1.36	1.36	1.59	1.36	8.38	1.39	0.2
63	04	0.90	1.36	0.90	0	1.36	0.90	0.90	6.32	1.58	0.22
64	05	0.45	0.90	0.90	1.13	1.36	1.13	0.90	6.77	1.35	0.19
65	04	0.68	0.45	1.36	0.45	0.90	0.90	0.45	5.19	1.29	0.18
66	07	0.90	1.59	1.81	1.36	1.81	1.59	1.36	10.42	1.48	0.21
67	04	1.59	0.90	1.36	0.90	1.36	0.90	0.45	7.46	1.86	0.26
68	08	1.81	1.59	1.36	1.81	1.59	1.59	1.59	11.34	1.41	0.20
69	06	1.59	1.36	0.90	1.36	1.36	1.36	1.36	9.29	1.54	0.22
70	03	0.22	0.68	0.45	0.45	0.22	0.45	0.45	2.92	0.97	0.14
71	04	0.22	0.22	0.68	0.45	0.45	1.36	0.45	3.83	0.95	0.13
72	05	1.36	0.90	0.90	1.36	1.13	0.90	0.68	7.23	1.44	0.20
73	05	0.45	1.36	0.90	1.36	1.36	0.90	0.90	7.23	1.44	0.20
74	06	0.90	1.36	0.90	1.36	1.36	1.36	1.36	8.6	1.43	0.20
75	02	0.22	0.45	0.45	0.90	1.36	0.45	1.13	4.51	2.2	0.32
76	08	1.36	1.81	1.13	1.36	1.81	0.90	1.36	9.73	1.21	0.17
77	05	1.36	0.90	1.13	0.90	1.81	0.90	1.36	8.36	1.67	0.23
78	05	0.90	0.45	0.90	1.59	0.90	1.13	1.36	7.23	1.44	0.20
79	06	0.68	0.68	1.81	1.36	1.13	1.13	1.13	7.92	1.32	0.19
80	05	0.45	1.36	0.90	0.90	1.36	1.36	0.90	7.23	1.44	0.20
81	04	0.68	1.36	1.36	1.36	1.59	1.81	1.36	9.52	2.38	0.34
82	06	1.36	1.36	1.36	1.13	1.36	1.13	1.36	9.06	1.51	0.21
83	05	0.90	0.90	1.13	1.36	1.13	0.90	1.13	7.45	1.49	0.21
84	02	0.45	0.45	0.22	0.45	0.45	0.22	0.45	2.69	1.35	0.19
85	03	1.81	0.90	1.13	1.36	0.90	0.90	0.90	7.9	2.63	0.37
86	05	0.68	2.13	2.13	1.36	0.90	1.36	0.90	7.46	1.49	0.21
87	07	1.13	0.90	1.13	1.59	1.36	1.36	1.59	9.06	1.29	0.18
88	06	0.68	0.90	1.13	1.36	1.36	1.59	1.36	8.38	1.39	0.2
89	04	0.90	1.36	0.90	0.90	1.36	0	0.90	6.32	1.58	0.22
90	05	0	0.90	0.90	1.13	1.36	1.13	0.90	6.77	1.35	0.19
91	04	0.68	0.45	1.36	0.45	0.90	0.90	0.45	5.19	1.29	0.18
92	07	0.90	1.59	1.81	1.36	1.81	1.59	1.36	10.42	1.48	0.21
93	04	1.59	0.90	1.36	0.90	1.36	0.90	0.45	7.46	1.86	0.26
94	08	1.81	1.59	1.36	1.81	1.59	1.59	1.59	11.34	1.41	0.20
95	06	1.59	1.36	0.90	1.36	1.36	1.36	1.36	9.29	1.54	0.22
96	03	0.22	0.68	0.45		0.22	0.45	0.45	2.92	0.97	0.14
97	04	0.22	0.22	0.68	0.45	0.45	1.36	0.45	3.83	0.95	0.13
98	05	1.36	0.90	0.90	1.36	1.13	0.90	0.68	7.23	1.44	0.20
99	05	0.45	1.36	0.90	1.36	1.36	0.90	0.90	7.23	1.44	0.20
100	06	0.90	1.36	0.90	1.36	1.36	1.36	1.36	8.6	1.43	0.20
101	02	0.22	0.45	0.45	0.90	1.36	0.45	1.13	4.51	2.2	0.32
102	08	1.36	1.81	1.13	1.36	1.81	0.90	1.36	9.73	1.21	0.17
T	510								757	155.09	21.85
μ	5										0.21

Fuente: elaboración propia

Dónde: F= No. de familias, p/f= personas por familia, d1...d7= días de recolección,

Kg/f = Kilogramos por familia, Kg/p= kilogramos por persona

Apéndice D. Análisis químico de los tratamientos

CANCELADO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE AGRONOMÍA
 LABORATORIO DE SUELO-PLANTA-AGUA "SALVADOR CASTILLO ORELLANA"



INTERESADO: INGRID MORALES
PROCEDENCIA: PUERTO BARRIOS, IZABAL
FECHA DE INGRESO: 3/8/2017

ANÁLISIS QUÍMICO DE MATERIALES ORGÁNICOS

IDENT	pH	mS /cm C.E.	%				ppm					%		C : N
			P	K	Ca	Mg	Na	Cu	Zn	Fe	Mn	C.O	NT	
Tratamiento 1	7.8	3,000.0	0.14	0.32	2.00	0.18	275	10	160	1,650	130	11.51	1.18	9.8 :1
Tratamiento 2	7.4	908.0	0.03	0.09	0.38	0.03	110	5	15	625	20	2.44	0.29	8.4 :1
Tratamiento 3	6.8	690.5	0.03	0.04	0.56	0.12	245	5	30	825	40	3.61	0.38	9.5 :1



CAMPUS CENTRAL, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 EDIFICIO UVIGER, TERCER NIVEL, CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 13, GUATEMALA
 CODIGO POSTAL 01013, APARTADO POSTAL 1543, TEL: (502)24489300, (502) 24488000 EXT 1542 Ó 1749

Apéndice E. Imágenes

Fotografías de la tipificación, determinación del peso y reducción del tamaño de los residuos. (Puerto Barrios Izabal, marzo de 2017)



Fotografias de trabajo de campo, construccion de las camas de compostaje e inicio del proceso de compostaje. Puerto Barrios Izabal (14/05 al 06/08 de 2017).



Fotografías del control de los parámetros de proceso de compostaje (14/05 al 06/08 de 2017)



Fotografía de la toma de las muestras del compost, Finca Santo Tomás, Champona Morales, Izabal (06/08/2017).

