



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS QUE PRODUCEN
LOS MUNICIPIOS DE SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA, LA DEMOCRACIA,
SIQUINALÁ Y LA GOMERA, DEL DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA, Y
PROPUESTA PARA SU DISPOSICIÓN FINAL**

Javier Antonio Gálvez Catalán

Asesorado por el Ing. Carlos Efraín Herмосilla Estacuy

Guatemala, octubre de 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS QUE PRODUCEN
LOS MUNICIPIOS DE SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA, LA DEMOCRACIA,
SIQUINALÁ Y LA GOMERA, DEL DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA, Y
PROPUESTA PARA SU DISPOSICIÓN FINAL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JAVIER ANTONIO GÁLVEZ CATALÁN

ASESORADO POR EL ING. CARLOS EFRAÍN HERMOSILLA ESTACUY
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero Spínola de López
VOCAL III	Ing. Miguel Angel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. José Milton De León Bran
VOCAL V	Br. Isaac Sultán Mejía
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

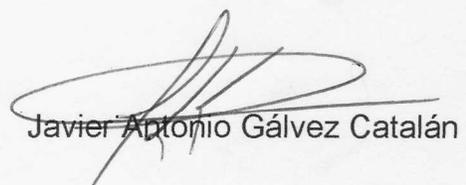
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Geovanny Rudamán Miranda
EXAMINADOR	Ing. Armando Fuentes Roca
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS QUE PRODUCEN
LOS MUNICIPIOS DE SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA, LA DEMOCRACIA,
SIQUINALÁ Y LA GOMERA, DEL DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA, Y
PROPUESTA PARA SU DISPOSICIÓN FINAL,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 4 de marzo de 2008.


Javier Antonio Gálvez Catalán

Guatemala, 26 de septiembre de 2008

Ingeniero
Pedro Antonio Aguilar Polanco
Jefe del Departamento de Hidráulica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente.

Estimado Ingeniero Aguilar:

Por este medio me dirijo a usted para informarle que habiendo asesorado al estudiante **Javier Antonio Gálvez Catalán** con carné No. 2002-12094, en el trabajo de graduación **“Caracterización de los residuos sólidos urbanos que producen los municipios de Santa Lucía Cotzumalguapa, La Democracia, Siquinalá y La Gomera, del departamento de Escuintla y propuesta para su disposición final”** y llenando éste los objetivos trazados, extendiendo la aprobación del mismo.

Por lo tanto, el autor de éste trabajo y yo como asesor, nos hacemos responsables del contenido y conclusiones del mismo.

Sin otro particular, me suscribo atentamente.

Ingeniero Carlos Efraín Hermosilla Estacuy

Asesor

Carlos Efraín Hermosilla
Ingeniero Civil
Col. No. 1986



Guatemala, 15 de octubre de 2008

FACULTAD DE INGENIERIA

Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
Director de Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero:

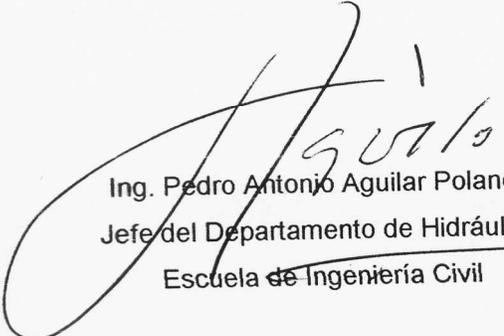
Atentamente y por este medio, envío a usted el trabajo de graduación desarrollado por el estudiante JAVIER ANTONIO GÁLVEZ CATALÁN, con el título **"CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS QUE PRODUCEN LOS MUNICIPIOS DE SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA, LA DEMOCRACIA, SIQUINALÁ Y LA GOMERA, DEL DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA Y PROPUESTA PARA SU DISPOSICIÓN FINAL"**.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y los requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la APROBACIÓN DEL MISMO, por parte del asesor Ing. Carlos Efraín Hermosilla Estacuy y habiéndose efectuado todas las observaciones técnicas, el suscrito lo da por APROBADO; solicitándole darle el trámite correspondiente.

Sin otro en particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Jefe del Departamento de Hidráulica
Escuela de Ingeniería Civil



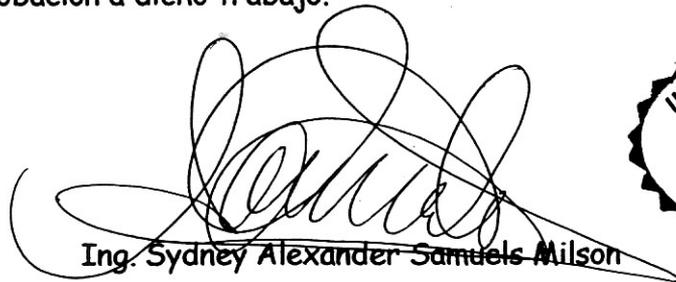
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

cc. Archivo



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Carlos Efraín Hermosilla Estacuy y del Jefe del Departamento de Hidráulica, Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco al trabajo de graduación del estudiante Javier Antonio Gálvez Catalán, titulado **CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS QUE PRODUCEN LOS MUNICIPIOS DE SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA, LA DEMOCRACIA, SIQUINALÁ Y LA GOMERA, DEL DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA Y PROPUESTA PARA SU DISPOSICIÓN FINAL** da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Sydney Alexander Samuels Milson



Guatemala, octubre 2008.

/bbdeb.

*...A Dios, Todopoderoso, a quien debemos la vida y con quien hallamos
el camino hacia la verdad...*

AGRADECIMIENTOS A:

- Dios** Por todo cuanto me ha dado en esta vida.
- Mis padres** Irma y Armando, por darme siempre el amor incondicional como padres, la confianza como amigos y por haber formado una familia con carácter, conciencia, respeto y libertad.
- Mi hermano** Mando, por ser un guía al cual seguí durante estos veinticuatro años y por darme el ejemplo de solidaridad, liderazgo y profesionalismo.
- Mis abuelos** A mi abuelita Dolores Morales, por ser un ejemplo vivo de optimismo frente a las duras etapas de la vida, a mi abuelita Esperanza Castillo (D.E.P), por darme todo su cariño hasta los últimos días de su vida, a mi bis-abuelita Maria Luisa Ortíz (D.E.P), porque su amor y su fuerza son parte de mi carácter, de mi vida y de mi familia, a mi abuelito Antonio Gálvez (D.E.P), porque aún recuerdo sus risas, sus secretos, sus regaños, sus libros y sus historias. Gracias por heredarme el amor a la libertad, al ideal, a los libros y sobretodo por darme todo su cariño.
- Mi novia** Astrid, por tu amistad, cariño e incondicional apoyo durante todos estos años, gracias por estar junto a

mí este momento que me llena de satisfacción y que marca el inicio de una nueva etapa llena de ilusiones y sueños tan importantes en mi vida junto a ti, simplemente te amo.

Mis amigos

A mis amigos de ingeniería civil, Karina, Lucía, Paola, Daniel, Juan Carlos, Ángela, Víctor y Gustavo, quienes compartimos dentro y fuera de las aulas y a los cuales guardo un cariño muy grande. A Félix, Mario, Sergio, Walter David y José Antonio, amigos de mi juventud a quienes siempre recuerdo y quienes estuvieron conmigo desde el primer día en la universidad. A todos ustedes quienes hoy están acá junto a mí, muchas gracias.

Mis catedráticos

Por brindar de manera desinteresada sus conocimientos y transmitir sus experiencias personales como profesionales, en especial al ingeniero Pedro Aguilar Polanco, al ingeniero Félix Miranda, al Dr. Jorge Mario Vetorazi y al ingeniero Carlos Hermosilla, quienes son un ejemplo a seguir para todos nosotros estudiantes y profesionales.

La USAC

Por llenarme de experiencias nuevas, de conocimientos y de ideales. Por ser la mejor universidad de Guatemala y demostrarlo con orgullo día con día.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XV
1. DEFINICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	1
1.1. Sistemas de recolección de RSU.....	1
1.1.1. Método de acera.....	2
1.1.2. Método de esquina o parada fija.....	3
1.1.3. Método intra-domiciliario.....	4
1.1.4. Método de contenedores.....	5
1.2. Sistemas de clasificación de los RSU.....	10
1.3. Sistemas de tratamiento de los RSU.....	12
1.4. Reciclaje.....	18
2. MARCO LEGAL PARA EL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	21
2.1. Marco jurídico institucional.....	21
2.1.1. Instituciones vinculadas directamente con la gestión ambiental.....	21
2.1.2. Instituciones relacionadas indirectamente con lo ambiental.....	23
2.2. Sistema de administración de justicia ambiental.....	24
2.3. Contribución de los acuerdos de paz en la gestión ambiental.	25
2.4. Constitución Política de la República de Guatemala.....	25
2.5. Acuerdos, leyes y decretos gubernativos y legislativos.....	27

2.5.1.	Ley de Protección y Mejoramiento del Ambiente (Decreto 68-86).....	27
2.5.2.	Política para el manejo integral de los residuos y desechos sólidos. (Acuerdo gubernativo no. 111-2005)..	30
2.6.	Ministerio de ambiente y recursos naturales.....	31
2.6.1.	Reglamento de evaluación, control y seguimiento ambiental.....	31
2.7.	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.....	37
2.7.1.	Código de Salud.....	37
2.8.	Municipalidad capitalina.....	42
2.8.1.	Código Municipal.....	42
2.8.2.	Reglamento del manejo de desechos sólidos para el municipio de Guatemala.....	44
3.	INVESTIGACIÓN DE CAMPO, EN LOS MUNICIPIOS DE SIQUINALÁ, LA GOMERA, LA DEMOCRACIA Y SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA.....	51
3.1	Características generales de los municipios.....	51
3.1.1	Densidad poblacional.....	55
3.1.2	Tasa de crecimiento poblacional.....	57
3.2	Situación actual de los desechos sólidos.....	58
3.2.1	Recolección.....	59
3.2.2	Manejo y transporte.....	60
3.2.3	Disposición final.....	61
3.3	Segmentos de población que lanzan residuos a los vertederos.....	62
3.4	Situación de los residuos hospitalarios.....	63
3.5	Caracterización de los desechos sólidos.....	65

4. TABULACIÓN, GRÁFICAS, PROYECCIONES Y	
CLASIFICACIONES DE LA INFORMACIÓN RECABADA.....	91
4.1 Proyección de la densidad poblacional para 10 años.....	91
4.2 Proyección de los volúmenes de residuos sólidos para 10 años.....	96
4.3 Determinación de las áreas contaminadas.....	99
4.3.1 Clasificación de los residuos sólidos que se acumulan en el área.....	101
5. PROPUESTA PARA EL MANEJO, CLASIFICACIÓN,	
TRANSPORTE Y DISPOSICIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS..	103
5.1 Manejo en la recaudación de los desechos sólidos.....	103
5.1.1 Área urbana.....	104
5.1.2 Área rural.....	106
5.2 Clasificación de los desechos sólidos.....	107
5.3 Transporte de los desechos sólidos.....	109
5.4 Disposición de los desechos sólidos.....	111
5.5 Costo e inversión.....	114
CONCLUSIONES.....	123
RECOMENDACIONES.....	125
BIBLIOGRAFÍA.....	127
APÉNDICE.....	129

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Instalaciones, actividades o localizaciones típicas asociadas con varias clasificaciones de fuentes.....	7
1a. Método de acera.....	8
1b. Método de esquina o parada fija.....	8
1c. Método intra-domiciliar.....	9
1d. Método de contenedores.....	9
2. Diversos materiales que pueden ser reciclados en el lugar.....	19
3. Instituciones vinculadas indirectamente al tema ambiental.....	23
4. Relleno sanitario zona 3.....	49
5. Localización de los municipios bajo estudio en el departamento de Escuintla.....	55
6. Tasa de crecimiento de población en Guatemala.....	58
7. Recipientes recomendados por el CEPIS para caracterización de desechos.....	71
8. Método del cuarteo.....	72
9. Memoria visual del procedimiento general de caracterización de Desechos sólidos.....	73
9a. Encuesta a la población bajo estudio.....	73
9b. Recolección de muestras en las viviendas.....	73
9c. Método del cuarteo y separación de desechos.....	74
9d. Muestras separadas.....	74
9e. Pesajes de los desechos.....	74
10. Áreas contaminadas en las ciudades bajo estudio.....	76
11. Variación de la generación per-capita por vivienda en Siquinalá.....	79

12. Variación de la generación per-capita por vivienda en La Gomera.....	80
13. Variación de la generación per-capita por vivienda en La Democracia..	81
14. Variación de la generación per-capita por vivienda en Santa Lucía Cotzumalguapa.....	82
15. Composición física de los desechos sólidos del municipio de Siquinalá	83
16. Composición física de los desechos sólidos del municipio de La Gomera.....	84
17. Composición física de los desechos sólidos del municipio de La Democracia.....	85
18. Composición física de los desechos sólidos del municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa.....	86
19. Densidad de los desechos sólidos por municipio.....	87
20. Densidad por estrato socio-económico Siquinalá.....	87
21. Densidad por estrato socio-económico La Gomera.....	88
22. Densidad por estrato socio-económico La Democracia.....	88
23. Densidad por estrato socio-económico Santa Lucía Cotzumalguapa....	89
24. Extensión territorial de los municipios bajo estudio.....	92
25. Habitantes en Siquinalá hacia el año 2018.....	92
26. Habitantes en La Gomera hacia el año 2018.....	93
27. Habitantes en La Democracia hacia el año 2018.....	93
28. Habitantes en Santa Lucía Cotzumalguapa hacia el año 2018.....	94
29. Densidad de población en Siquinalá hacia el año 2018.....	94
30. Densidad de población en La Gomera hacia el año 2018.....	95
31. Densidad de población en La Democracia hacia el año 2018.....	95
32. Densidad de población en Santa Lucía Cotzumalguapa hacia el año 2018.....	96
33. Volúmenes generados actualmente en los municipios bajo estudio.....	97
34. Proyección de volúmenes en Siquinalá hacia el año 2018.....	97
35. Proyección de volúmenes en La Gomera hacia el año 2018.....	98

36. Proyección de volúmenes en La Democracia hacia el año 2018.....	98
37. Proyección de volúmenes en Santa Lucía Cotzumalguapa hacia el año 2018.....	99
38. Residuos sólidos acumulados en botaderos clandestinos.....	102
39. Mapa de densidad poblacional.....	137

TABLAS

I. Instituciones vinculadas directamente al tema ambiental.....	22
II. Densidad de poblaciones bajo estudio.....	56
III. Hogares en locales de habitación particulares, según forma de eliminar la basura censo 1994 y 2002.....	59
IV. Recolección de desechos sólidos.....	60
V. Manejo y transporte de desechos sólidos.....	60
VI. Origen, disposición y tratamiento de los desechos sólidos.....	61
VII. Disposición final de desechos sólidos de los hogares (%).....	63
VIII. Disposición de desechos de los servicios de salud pública y privada.....	64
IX. Ejemplo de distribución de muestras.....	67
X. Ejemplo de distribución proporcional de muestras.....	68
XI. Distribución muestral por estrato en el municipio de Siquinalá.....	77
XII. Distribución muestral por estrato en el municipio de La Gomera.....	77
XIII. Distribución muestral por estrato en el municipio de La Democracia...	77
XIV. Distribución muestral por estrato en el municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa.....	78
XV. Generación per-capita del municipio de Siquinalá.....	79
XVI. Generación per-capita del municipio de La Gomera.....	80
XVII. Generación per-capita del municipio de La Democracia.....	81

XVIII.	Generación per-capita del municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa.....	82
XIX.	Composición física de los desechos sólidos del municipio de Siquinalá.....	83
XX.	Composición física de los desechos sólidos del municipio de La Gomera.....	84
XXI.	Composición física de los desechos sólidos del municipio de La Democracia.....	85
XXII.	Composición física de los desechos sólidos del municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa.....	86
XXIII.	Áreas pobladas contaminadas del municipio de Siquinalá.....	100
XXIV.	Áreas pobladas contaminadas del municipio de La Gomera.....	100
XXV.	Áreas pobladas contaminadas del municipio de La Democracia.....	101
XXVI.	Áreas pobladas contaminadas del municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa.....	101
XXVII.	Residuos sólidos acumulados en botaderos clandestinos.....	102
XXVIII.	Tiempos de incubación y crecimiento de la mosca.....	104
XXIX.	Características de los botaderos de desechos sólidos.....	111
XXX.	Costos por servicios en manejo de desechos sólidos.....	115
XXXI.	Vida útil de la infraestructura y equipos en el manejo de desechos sólidos.....	105
XXXI.	Requerimientos de personal.....	117
XXXII.	Costos comparativos de los sistemas de tratamiento de los desechos sólidos.....	118
XXXIII.	Costos comparativos de los sistemas de tratamiento.....	120
XXXIV.	Resultados en Siquinalá.....	132
XXXV.	Resultados en La Gomera.....	133
XXXVI.	Resultados en La Democracia.....	134
XXXVII.	Resultados en Santa Lucía Cotzumalguapa.....	135

GLOSARIO

Bioinfecciosos	Son generados durante las diferentes etapas de la atención de salud, se dividen en patológicos y punzocortantes.
Degradación	Disminución gradual de cualidades o características.
Dioxinas	Sustancias tóxicas persistentes (difícilmente degradables).
Ecosistemas	Sistema formado por la comunidad biótica, suelo y clima de una determinada área o región que interactúan entre sí.
Escorias	Desecho que es el resultado de la fundición de algún metal.
Lixiviados	Líquido producido por la descomposición de la materia orgánica y que filtra a través de cualquier material permeable (suelo).
Mercaptanos	Compuestos fuertemente olorosos de carbono, hidrógeno y azufre que se encuentran en el gas y en el aceite.

RESUMEN

La caracterización de los desechos sólidos urbanos sirve como base para la implementación de uno a más sistemas de tratamiento de los mismos. Para realizar dicha caracterización es necesario contar no sólo con información teórica, sino llevar a cabo una serie de actividades de campo que involucran a la población a servir, la cual será la beneficiada.

En su contenido general, el presente trabajo brinda al estudiante la información necesaria para dar inicio a un estudio de caracterización de desechos sólidos a cualquier escala, siguiendo los lineamientos previamente establecidos por la OMS/OPS (Organización Mundial de la Salud y Organización Panamericana de la Salud), para posteriormente realizar propuestas integrales para la gestión de los mismos.

Finalmente, a partir de la caracterización y clasificación de los desechos sólidos, se logran establecer propuestas y mecanismos de acción que sirvan para que el proceso de generación-disposición de desechos sólidos sea conveniente y sostenible desde el punto de vista económico, ambiental y social.

OBJETIVOS

General:

Establecer el contenido de material orgánico e inorgánico de los residuos sólidos generados por la población de los municipios de de Santa Lucía Cotzumalguapa, La Democracia, Siquinalá y La Gomera, del departamento de Escuintla, mediante una caracterización de los mismos, a fin de determinar los mecanismos y sistemas más adecuados de gestión y manejo, en beneficio al ambiente y la salud de la población.

Específicos:

1. Determinar los niveles de generación de residuos de la población en estudio, y proyectar la generación de residuos en función del crecimiento poblacional en la región.
2. Definir las características y contenido de los residuos sólidos urbanos, municipales o domésticos que genera o produce la población en estudio.
3. Establecer, con base a la caracterización obtenida de los desechos en mención, los sistemas más adecuados para su manejo y tratamiento.
4. Proponer mecanismos y sistemas de tratamiento que se adecúen al tipo de residuo sólido urbano generado por la región en estudio.

INTRODUCCIÓN

La acelerada expansión de las poblaciones urbanas y el consiguiente desarrollo urbano no planificado hacen que el incremento de la generación de desechos sea más rápido que la capacidad de recolectarlos y eliminarlos, lo que da como resultado falta de atención a grandes sectores de la población en este aspecto. Así mismo, en la actualidad, se puede observar la acelerada elevación en los índices de contaminación a causa de un manejo inadecuado de los desechos sólidos. La acumulación de las basuras, genera contaminación en los cuerpos limnológicos: ríos, lagos, lagunas, etc.; en el suelo, por lixiviados; y en el aire, por generación de gases debido a la descomposición de algunos componentes. Adicionalmente la acumulación de desechos modifica los paisajes, atrae animales carroñeros, insectos y vectores nocivos. Esta acumulación de basuras, sin manejo alguno, representa un riesgo muy alto de contaminación para el ambiente y también representa riesgo para la salud de las personas, ya que la contaminación de los recursos agua, aire y suelo, generan enfermedades y su diseminación a su alrededor.

Para proveer un tratamiento adecuado a las basuras, y colaborar con la protección y conservación del medio ambiente, es necesario conocer, en primera instancia, la clasificación y tipo de desechos que se generan, ya que en función de esta caracterización, se pueden recomendar, implementar y promover, los mecanismos y sistemas adecuados de tratamiento y manejo, que permitan la disminución de los factores contaminantes de los mismos. Por tal motivo, el presente trabajo, al tratar el manejo de los desechos sólidos, pretende determinar los volúmenes y características de las basuras producidas por la población de los municipios de Siquinalá, La Gomera, La Democracia y

Santa Lucía Cotzumalguapa del departamento de Escuintla, a fin de poder proporcionar a esas municipalidades y a su población en general, formas y mecanismos de clasificación, manejo y tratamiento adecuado, que permitan mejorar y preservar el ambiente y la calidad de vida.

1. DEFINICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

Residuo sólido urbano (RSU) se define como aquel desecho sólido que es generado por cualquier actividad en los núcleos urbanos, incluyendo tanto los de carácter doméstico como los provenientes de cualquier otra actividad generadora de residuos dentro del ámbito urbano.¹

También puede definirse como todos aquellos elementos, objetos o sustancias generados como consecuencia del consumo humano y cuyo destino sea el desecho.

1.1. Sistemas de recolección de RSU.

Esta sección describe los diferentes tipos de servicios de recolección usados en áreas residenciales, comerciales e industriales, se conocerán las ventajas, desventajas y mecanismos de funcionamiento de dichos servicios, para posteriormente proponer alternativas en la solución del manejo de los desechos sólidos en el área bajo estudio.

El manejo de los desechos sólidos comprende diversas etapas, incluyendo su recolección. En ciudades pequeñas, donde los sitios de disposición final están cerca, el transporte y acarreo de los desechos no es un problema. Sin embargo, en grandes ciudades o cascos urbanos medianos, donde el transporte al sitio de disposición es mayor a dieciséis kilómetros, puede tener implicaciones económicas importantes.

¹ Ortegón Edgar. "Manejo local de residuos sólidos urbanos". 1998

El término recolección se refiere, no sólo a la recogida de los desechos sólidos de las diferentes fuentes, sino también el acarreo de éstos al lugar donde se vacía el contenido de los recipientes y demás medios de recolección.

Los sistemas de recolección varían conforme a las características topográficas del lugar, así mismo dependen del grado de desarrollo socio-económico de la región a servir. Es importante destacar que el método con el cual se lleva a cabo la recolección, resulta ser generalmente la parte más importante del sistema mismo.

Según la demanda del servicio y el grado de tecnificación de los equipos, los métodos de recolección se clasifican como sigue:

1. Método de acera.
2. Método de esquina o parada fija.
3. Método intra-domiciliario.
4. Método de contenedores.

1.1.1 Método de acera

En este método, el personal que opera el vehículo recolector toma los recipientes con basura que han sido colocados sobre la acera o banqueta, por los usuarios del servicio, para después trasladarse hacia el vehículo recolector, con el fin de vaciar el contenido dentro de la sección de carga de dicho vehículo. Posteriormente los recipientes se devuelven al sitio de la acera de donde los tomaron, para que los usuarios atendidos los introduzcan, ya vacíos, a sus domicilios.

Para que se cumpla con lo antes descrito, se requiere de amplio civismo por parte de los usuarios, que el vehículo recolector transite a una velocidad relativamente baja en las calles, este método tiene más probabilidad de ser implementado en localidades urbanas que cuentan con calles de doble sentido y, de preferencia, con arriate central.

Este método presenta el inconveniente de que animales domésticos y no domésticos (perros, gatos y ratas), pueden verse atraídos por recipientes con basura sobre la acera, pudiendo en un momento dado, dispersar la misma al buscar su alimento y, dando por resultado que la recolección se lleve a cabo en forma más lenta.

Ventajas:

- La percepción en la calidad del servicio es positiva.

Desventajas:

- Requiere tiempos prolongados en la recolección
- Utiliza mayor cantidad de personal que otros métodos.
- Mínima participación de los usuarios.
- Costo mediano.

1.1.2 Método de esquina o de parada fija

Dentro de los diferentes métodos, se puede decir que éste es el método más económico y, es aquel mediante el cual los usuarios del sistema llevan sus recipientes hasta donde el vehículo recolector se estaciona, en un área determinada para prestar el servicio.

Una vez que los usuarios han llegado hasta el vehículo, forman una fila para que un operario tome el recipiente, lo entregue a otro más, que se encuentra

dentro del vehículo, el cual vacía su contenido y lo regresa al primer operario quien, a su vez, lo devuelve al usuario. Dicha operación se repite tantas veces como sea necesario, hasta atender a todos los usuarios que hayan estado en el lugar de recolección establecido en la zona.

Ventajas:

- Mejora la imagen del servicio.
- La recolección se realiza en menor tiempo.
- Es un método bastante económico.

Desventajas:

- Requiere mayor personal de recolección.
- Requiere mediana participación de los usuarios.

1.1.3 Método Intra-domiciliario

Este método es semejante al anterior, la diferencia que presenta, es que los operarios del vehículo recolector, entran en las viviendas a recoger los recipientes con basura, luego los regresan hasta el mismo sitio de donde los tomaron, una vez de haberlos vaciado dentro del vehículo.

Este método de recolección resulta más costoso que el de acera y, aún más que el de esquina. De cualquier forma, este método hasta la época reciente fue el tradicional en la mayoría de países sudamericanos, sobretodo en los cascos urbanos y en los municipios de mayor concentración de desechos.

Ventajas:

- Mejora la percepción en la calidad del servicio.
- No requiere participación de los usuarios.

Desventajas:

- Requiere un elevado tiempo en la recolección.
- Utiliza mayor cantidad de personal.

1.1.4 Método de contenedores

El método de contenedores es semejante al de esquina en cuanto a que el vehículo recolector debe detenerse en ciertos puntos predeterminados para llevar a cabo la prestación del servicio. Este método requiere la existencia de equipo de almacenamiento temporal, el cual debe ubicarse en las zonas con mayor generación y de difícil acceso. Este método es semejante al de esquina en cuanto a que el vehículo recolector debe detenerse en ciertos puntos predeterminados para llevar a cabo la prestación del servicio.

Puede decirse que este método es el más adecuado para realizar la recolección, como pueden ser hoteles, mercados, centros comerciales, hospitales, tiendas de autoservicio y zonas marginales.

Existen dos tipos de contenedores:

- Contenedores fijos: el camión recolector vacía el contenido de los contenedores y deposita el contenedor en su misma posición. Por lo general, el equipo cuenta con un sistema mecanizado, la capacidad de los contenedores varía entre 1 m^3 y 7 m^3 .
- Contenedores móviles: en este método, el vehículo transporta el contenedor lleno a la estación de transferencia o al sitio de disposición final. El equipo debe contar con un sistema mecanizado. Generalmente, se utilizan contenedores de capacidad mayor a los 10 m^3 .

Ventajas:

- Disminuyen las frecuencias de recolección.
- Opera con el mínimo de personal.
- El recorrido se realiza en un tiempo mínimo.

Desventajas:

- Requiere amplia participación de los usuarios.
- Requiere inversión para el mantenimiento de los contenedores.
- La recolección debe respetar los tiempos establecidos para evitar focos de infección y malos olores.

En la mayoría de casos, los métodos de recolección mencionados no se cumplen tal y como fueron descritos, pues de alguna u otra manera siempre existe algún tipo de variación o alteración en cuanto al equipo, participación del usuario y número de empleados que prestan el servicio.

Mientras las actividades asociadas con el manejo y descarga de desechos, son parecidas para casi todos los sistemas de recolección, la forma de hacerlo variará en función de las características de las instalaciones, actividades o lugares donde se generan los mismos, ver figura 1.

No obstante la existencia de varios métodos establecidos de recolección, no debe pensarse que en todos los casos dichos métodos se cumplen tal y como fueron descritos, puesto que de una u otra manera siempre existe alguna variante en cuanto al equipo, participación del usuario y número de empleados que prestan servicio (por señalar algunas de ellas), que los diferencian de los antes mencionados.

Figura 1. Instalaciones, actividades o localizaciones típicas asociadas con varias clasificaciones de fuentes.

FUENTES	INSTALACIONES, ACTIVIDADES O LOCALIZACIONES DONDE SE GENERAN LOS DESECHOS	TIPOS DE DESECHOS SOLIDOS
Residencial	Residencias unifamiliares y multifamiliares, edificios de apartamentos, de poca, mediana y gran altura.	Desechos de alimentos desperdicios, cenizas desechos especiales.
Comercial	Tiendas, restaurantes, mercados, edificios de oficinas, hoteles, moteles, almacenes de impresos, reparación de automóviles, instalaciones médicas e instituciones, etc.	Desechos de alimentos, desperdicios, cenizas, desechos de demolición y construcción, desechos especiales, desechos ocasionalmente peligrosos.
Municipal*	Como los anteriores*	Como los anteriores
Industrial	Construcción, fabricación, manufacturas ligeras y pesadas, refinerías, plantas químicas, madera, minería, generación de electricidad, demolición, etc.	Desechos de alimentos, desperdicios, cenizas, desechos de demolición y construcción, desechos especiales, desechos peligrosos.
Areas libres	Calles, avenidas, parques, terrenos vacantes, terrenos de juego, playas, autopistas, áreas recreacionales, etc.	Desechos especiales, desperdicios.
Sitio de Plantas de tratamiento.	Agua, aguas residuales y procesos industriales de tratamiento, etc.	Desechos de plantas de tratamiento, compuestos principalmente de lodos residuales.
Agrícolas	Cultivos, huertos, viñedos, ordeñaderos, corrales de ganado y animales, granjas, etc.	Desechos de alimentos compuestos, desechos de la agricultura, desperdicios, desechos peligrosos.

* Normalmente se supone que el término municipal incluye tanto, a los desechos sólidos residenciales- como comerciales producidos en la comunidad.

Fuente: Informe de desarrollo humano. Guatemala 2000.



1a) Método de acera.



1b) Método de esquina o parada fija.



1c) Método intra-domiciliar



1d) Método de contenedores.

1.2 Sistemas de clasificación de los RSU.

Los desechos pueden ser clasificados como sólidos, líquidos y gaseosos. En términos generales, se pueden considerar como desechos sólidos a las basuras; líquidos, a las aguas servidas, y gaseosos, a los gases generados por toda materia orgánica en descomposición.

Los desechos o basuras se componen de residuos animales, vegetales y minerales generados como consecuencia de las actividades diarias de la sociedad en constante actividad. La clasificación de los RSU puede hacerse según distintos criterios: según su procedencia, el tipo de materiales o desecho y según su posible tratamiento. A continuación, según su procedencia los RSU pueden clasificarse en:

- **Residuos domiciliarios:** en esta clasificación se encuentran aquellos desechos generados dentro de las actividades domésticas, como residuos de cocina, restos de alimentos, etc. se incluyen dentro de este grupo los desechos procedentes de residenciales y domicilios y apartamentos multifamiliares, entre otros.
- **Residuos especiales:** dentro de esta categoría existen aquellos desechos de origen doméstico, como muebles, depósitos, etc. que debido a su tamaño y dimensiones, no son adecuados para ser recogidos por los servicios municipales, pero que pueden ser eliminados junto a los residuos domésticos.
- **Residuos comerciales y de servicios:** son todos aquellos desechos generados en actividades comerciales y del sector de servicios dentro del área urbana. En este grupo, por sus características especiales, no se

incluyen los residuos de hospitales ni los de mataderos o rastros municipales.

- **Residuos de limpieza municipal:** en este grupo se hallan todos los desechos generados como consecuencia de la limpieza de calles y del mantenimiento de los jardines y parques municipales o públicos dentro del área urbana y rural.
- **Residuos peligrosos:** dentro de esta categoría se ubican todos aquellos desechos químicos, biológicos, inflamables, explosivos o radiactivos que plantean un peligro sustancial para la vida humana, vegetal o animal. Estos desechos son, en su mayoría generados en la industria farmacéutica, hospitales, clínicas y laboratorios químicos. Estos desechos se presentan en forma de líquidos, pero con frecuencia se encuentran en forma de gases, sólidos o lodos; en todos los casos, estos desechos deben ser manejados y dispuestos con gran cuidado y precaución.
- **Residuos agrícolas:** en esta clasificación se hallan los desechos y residuos que resultan de diversas actividades agrícolas, como los de la siembra y cosecha de hortalizas, campos, árboles, producción de leche, rastros municipales y la operación de corrales avícolas, porcinas, etc. Actualmente, la disposición de estos desechos no es responsabilidad de la mayoría de las autoridades municipales sino de los propietarios ganaderos y agrícolas, sin embargo, en muchas áreas la disposición de estiércol animal se ha convertido en un problema crítico, especialmente en corrales y granjas lecheras.

Así mismo, dentro de esta clasificación existe una subclasificación, que es la siguiente:

- **La clasificación en origen:** este tipo de clasificación es realizada por el generador del residuo, es decir, el usuario que recibe un servicio de recolección, ya sea doméstico, comercial o industrial. Consiste en la acumulación selectiva de distintos componentes de los desechos sólidos, que previamente se han separado dentro de cada hogar o antes que lleguen a sus centros de tratamiento, desecho o reciclaje.
- **La clasificación selectiva:** este procedimiento de clasificación se lleva a cabo dentro de plantas de tratamiento específicas, incluye un conjunto de operaciones que hacen posible la selección y concentración mecanizada o manual de los desechos sólidos.

1.3 Sistemas de tratamiento de los RSU.

Las actividades que lleva a cabo el hombre dentro de los procesos de producción y consumo generan una serie de desechos a los que no se atribuyen valor económico alguno. Estos desechos, de procedencia doméstica, y en estado sólido constituyen en su proceso biológico de degradación un punto negro en la contaminación del medio ambiente. En la actualidad se busca el desarrollo de métodos y sistemas que brinden una solución a la problemática que implica la constante generación de volúmenes grandes de desechos. Entre los sistemas de tratamiento de residuos sólidos urbanos desarrollados y aceptados a nivel mundial, destacan, los siguientes:

- a) Reutilización.
- b) Vertido controlado.

- c) Incineración
- d) Compostaje.
- e) Otros métodos.

a) Reutilización.

Reutilizar los desechos consiste en dar el máximo de usos a un producto antes de considerarlo basura. Se puede reutilizar un producto para la misma función que fue fabricado, por ejemplo el papel, se puede usar en ambos lados para escribir o imprimir.

Este método está basado, primordialmente, en la educación y buenas costumbres de los usuarios, que siendo consumidores conscientes, producen pequeños cambios favorables, logrando una reducción en el consumo de productos, cuyos objetos se convierten en desechos prácticamente al momento de usarlos. Otra alternativa es la donación de ropas, juguetes, muebles o libros que ya no son necesarios, a iglesias, hospitales, escuelas o instituciones para que éstos sean reutilizados por otras personas.

b) Vertido controlado.

En este sistema se realiza una disposición ordenada de los desechos sólidos en un lugar adecuado para tal fin.

Los vertidos, según su forma de operar, se pueden clasificar en:

- Área.
- Zanja.
- Mixto.
- Cantera.

Según su compactación se clasifican en:

- Alta densidad.
- Media densidad.
- Baja densidad.

La clasificación y separación por densidad consiste en una serie de procesos unitarios, por los cuales se separan los materiales residuales según su densidad mediante: clasificadores neumáticos, separación por inercia y flotación. Estos procedimientos se llevan a cabo dentro de los vertederos en el proceso de clasificación por volúmenes o densidades de los desechos.

c) Incineración.

La incineración es un proceso de combustión que transforma la parte combustible de los desechos en productos gaseosos y los convierte en un desecho sólido de menor peso y volumen que el material original. El sistema de eliminación no es completo ya que genera un producto residual que son las escorias.

Quemar la basura tiene varias ventajas, pero también algunos inconvenientes. Entre las ventajas están que se reduce mucho el volumen de vertidos y se obtienen cantidades apreciables de energía. Entre las desventajas está el que se producen gases contaminantes, algunos potencialmente peligrosos para la salud humana, como las dioxinas. Existen incineradoras de avanzada tecnología que, si funcionan bien, reducen mucho los aspectos negativos, pero son costosas de construcción y manejo, y para que sean rentables deben tratar grandes cantidades de basura.

Ventajas

- Escasa utilización de terrenos para su implantación si se compara con el sistema de vertido controlado.
- Probable ubicación próxima al casco urbano e incluso dentro del mismo núcleo urbano.
- Las escorias producidas en el proceso no deben plantear problemas de vertido.
- No afecta ningún tipo de condición meteorológica.
- La incineración puede prácticamente tratar cualquier tipo de residuo.
- La incineración puede adecuarse para la eliminación de lodos de aguas residuales.

Desventajas

- Inversión inicial alta para su instalación.
- Costos de operación altos.
- La incineración no es un sistema de eliminación total.
- Problemas de polución atmosférica. (inversión en sistemas de depuración de humos).

d) Compostaje.

Se puede definir el compost como una sustancia húmica estable obtenida normalmente por la fermentación termofílica, es decir, en presencia del oxígeno del aire, de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos.²

Como material base se puede emplear toda clase de residuos orgánicos fermentables, normalmente se emplea la fracción orgánica de los residuos

² Escuela Superior de Ingenieros - TECNUN. Universidad de Navarra, España. 2008

sólidos urbanos, aunque también se pueden utilizar residuos de cosechas y pajas.

Proceso de compostaje

La basura es sometida a procesos de tamizado, trituración y fermentación en presencia de aire. Este proceso consigue elevar la temperatura a 70 grados centígrados que mata a muchos de los organismos patógenos. Sin embargo, alrededor de un 30% de la basura que fue tamizada debe enviarse a un vertedero controlado o relleno sanitario por no ser susceptible de transformarse en compost (plástico, vidrio, etc.)

e) Otros métodos

◆ Lombricompostaje

Este método se refiere al proceso de formación de compost que se acopla sembrando o permitiendo el ingreso de lombrices a la pila de materia orgánica en descomposición.

No cualquier lombriz puede ser usada para transformar los residuos orgánicos, ya que a diferencia de las lombrices de tierra, que se puede encontrar en un jardín, las que se usan para el lombricompostaje pertenecen al grupo eco-fisiológico de lombrices epigeas, que comen exclusivamente materia orgánica. Son gusanos de rápido crecimiento, reproducción y consumo de materia orgánica. Se caracterizan por poder vivir en altas densidades de población (entre 20 mil y 30 mil lombrices por metro cuadrado) y es posible su manipulación y cultivo sin causarles estrés o daños.

La diferencia principal con respecto a las otras técnicas de compostaje, es que se aprovechan las cualidades de trabajo de las lombrices para realizar una transformación digestiva, que por sus características y resultados no puede ser igualada por ningún otro medio actual.

- **Abonos orgánicos**

Este método de tratamiento permite la obtención de abonos orgánicos mediante un proceso de transformación orgánico. No produce malos olores ni genera humo. Favorece la no proliferación de insectos y roedores. Para obtener el producto final se requieren veintiocho días. Los abonos producidos mejoran las características físicas y químicas de los suelos por su elevada capacidad de retención de humedad y la relación de carbono-nitrógeno.

- **Reducción**

En este método se aprovechan los desechos grasos para obtener grasas de graduación baja que se emplean en la fabricación de jabones, velas y productos similares. Los residuos sólidos son aprovechados en los suelos como abono.

- **Enterramiento**

En el medio rural, un procedimiento sencillo, económico y sanitario para eliminar las basuras caseras, se logra mediante la excavación de fosos o zanjas, los cuales se deberán cubrir con una losa de concreto la cual deberá llevar una tapa móvil (de concreto o madera), que facilite la disposición de los desechos.

- **Botaderos a cielo abierto**

Este sistema es uno de los problemas más frecuentes en nuestro país, presentando problemas sanitarios serios y contaminación de las fuentes de agua cercanas al sitio.

Los botaderos a cielo abierto son ubicados en las orillas de las poblaciones y cascos urbanos, los desechos se depositan a cielo abierto estando propensas a ser dispersas por el viento, se generan malos olores y contaminan visualmente.

El principal objetivo de implementar nuevos sistemas de recolección y tratamiento de desechos sólidos es el de reducir en su totalidad la proliferación de estos botaderos.

1.4 Reciclaje.

Una de las alternativas para solucionar el problema de la contaminación ambiental que origina la basura, es el reciclaje de materiales de desecho como el papel, el cartón, el vidrio y los metales.

Reciclar consiste en devolver al ciclo productivo los residuos que pueden ser reutilizados como materia prima, por ejemplo: papeles, cartones, vidrios, materiales plásticos, etc.

En la naturaleza existen ciclos en que se recicla y reutiliza todos los materiales. Todo ser vivo nace, se desarrolla y muere para dar vida a otro ser vivo. El proceso de reciclar ahorra recursos naturales y energía, además de reducir la cantidad y la contaminación de desechos en un vertedero. Los productos de mayor demanda para ser reciclados se clasifican en **celulósicos** como papeles y cartones; **fibras textiles de algodón**, seda y lino; **vidrio, plásticos y metales**, principalmente aluminio y hierro. El reciclaje exige diversas condiciones, entre otras, los materiales deben estar limpios y separados del resto de la basura. El no cumplimiento de esas condiciones eleva el costo del reciclaje. Los métodos convencionales de tratamiento de los

RSU, vertido, incineración y compostaje, necesitan ser complementados por motivos técnicos, económicos y ambientales. Dos son las causas principales:

- Encarecimiento progresivo de los costos de tratamiento.
- Pérdida de alguna parte o en su totalidad del valor potencial de los componentes contenidos en los residuos.

Estas motivaciones han dado lugar a la tendencia de buscar otros sistemas de tratamiento complementarios que lleven consigo el sentido de recuperación o reutilización de los valores contenidos en los mismos. El reciclaje, como sistema complementario busca, además de la eficacia en la protección del medio ambiente, el devolver al ciclo de consumo materiales con tendencia a ser desechados y desaparecer, materiales que dentro de otros sistemas no pueden ser tratados.

Figura 2. Diversos materiales que pueden ser reciclados en el lugar.



2. MARCO LEGAL PARA EL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

2.1 Marco jurídico institucional

La legislación vigente ha creado múltiples instituciones, a las cuales el estado les ha asignado atribuciones y funciones vinculadas con los recursos naturales. Las instituciones asociadas al tema ambiental se agrupan y dividen en aquellas que se vinculan con el marco jurídico del tema ambiental y las vinculadas con la administración de justicia.

En este capítulo se hará una breve descripción de las instituciones cuyas responsabilidades ambientales fueron delegadas por parte del Estado. También se citará textualmente y en forma resumida la legislación vigente hasta la fecha en materia ambiental, la cual está conformada desde la misma Constitución de la República, varios acuerdos legislativos, ministeriales, decretos gubernativos, leyes y convenios internacionales.

2.1.1 Instituciones vinculadas directamente con la gestión ambiental.

En la tabla I se presentan las instituciones pertenecientes al sistema de administración y gestión ambiental, correspondiente a aspectos de carácter técnico-ambiental y son encargadas de verificar y dar seguimiento a cualquier actividad que se desarrolle dentro del hábitat natural y que disturben el equilibrio de los ecosistemas y recursos naturales. Sin embargo, en muchos

casos las instituciones y sus reglamentos no han sido suficientemente específicos, lo que dificulta su correcta aplicación, lo cual ha dado lugar a un algo grado de impunidad ambiental.

Existen cinco instituciones que se vinculan directamente con el tema ambiental:

Tabla I. Instituciones vinculadas directamente al tema ambiental.

Instituciones	Jurisdicción
Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales	Principalmente vela por el tema de contaminación y estudios de impacto ambiental.
Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP)	Tiene a su cargo la gestión de la biodiversidad y la administración de las áreas protegidas.
Instituto Nacional de Bosques (INAB)	Tiene a su cargo la administración forestal del país incluyendo las tierras de vocación forestal.
Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación	Vela por el correcto uso de los insumos en los sistemas de producción agrícola, la administración de los recursos hidro-biológicos y el ordenamiento territorial.
Ministerio de Salud y Asistencia Social	Propone normativas relacionadas con el saneamiento ambiental.

Fuente: **Informe de desarrollo humano**. Guatemala 2000.

2.1.2 Instituciones relacionadas indirectamente con lo ambiental.

Estas instituciones favorecen al ambiente de forma indirecta aunque de manera limitada por la falta de un verdadero sistema de gestión ambiental que organice de manera eficiente los esfuerzos de estas organizaciones (ver figura 3)

Figura 3. Instituciones vinculadas indirectamente al tema ambiental

Nombre de la institución	Base legal	Características principales
INGUAT	Decreto 1701 y sus reformas	Responder a las necesidades del turismo nacional, en respeto al entorno ambiental.
FONTIERRAS	Decreto 24-99	Facilitar el acceso a la tierra y generar condiciones para el desarrollo rural integrado a través de proyectos productivos, agropecuarios, forestales e hidrobiológicos.
MAGA-Unidad de Manejo de la Pesca y Acuicultura (UNIPESCA)	Acuerdo Gubernativo 278-98, modificado por el Acuerdo Gubernativo 749-99	Administrar los recursos hidrobiológicos nacionales. Proveer licencias y registrar las actividades de aprovechamiento hidrobiológico, tanto marinas como continentales.
Ministerio de Energía y Minas (MEM)	Artículo 34, Ley de Organismo Ejecutivo (Decreto 114-97, reformado por el Decreto 90-2000) Artículo 41, Reglamento general de la Ley de Hidrocarburos (Decreto 109-83)	Fomento del uso de fuentes nuevas y renovables de energía. Reconocimiento, transporte y transformación de hidrocarburos. Cumplir las normas que en materia de recursos naturales establezca el MARN. Inspeccionar y velar para que en las operaciones petroleras se vele por la protección del ambiente.
Ministerio de Relaciones Exteriores (MIN-REX)	Artículo 38, Ley del Organismo Ejecutivo, Decreto 114-97, Congreso de la República	Analizar el desenvolvimiento de los acontecimientos políticos, económicos, ambientales, comerciales y financieros a nivel de países.
Corporaciones municipales	Artículo 61, 255 y 257 de la Constitución Política de la República Código Municipal (Decreto 58-88)	Incluir dentro de su agenda la protección del Ambiente y Patrimonio cultural, velando por el desarrollo integral del municipio. La promoción de programas de salud y saneamiento ambiental. El tratamiento de desechos sólidos. Cumplir en la elaboración de proyectos con los estudios de impacto ambiental.
Comisión Nacional de Manejo de Cuencas (CONAMCUEN)	Acuerdo Gubernativo 195-89	Formulación y ejecución de proyectos de cuencas hidrográficas.
Consejos Regionales de Desarrollo Urbano y Rural	Ley de Consejos de Desarrollo Urbano y Rural (Decreto 52-87)	Promover el desarrollo económico, social y cultural de la región, promoviendo y apoyando la conservación del ambiente.
Comandancias y capitánías de puertos	Reglamento para el Gobierno y policía de los puertos de la República, Acuerdo Gubernativo 1939	Regulación de la deposición de los desechos y basuras de las naves.

Fuente: Informe de desarrollo humano. Guatemala 2000.

La aplicación de justicia ambiental es un tema muy crítico y de dimensiones preocupantes en la actualidad. Según el Instituto de Derecho Ambiental y Desarrollo Sostenible (IDEADS), los casos vinculados con el ambiente y los recursos naturales renovables no son una prioridad para los operadores de justicia.

La diferencia fundamental entre las instituciones que se vinculan directamente con los casos ambientales y aquellas que están vinculadas indirectamente radica en las responsabilidades jurídicas, técnicas y sus formas de administrar y dirigir las áreas que les competen entre sí.

2.2 Sistema de administración de justicia ambiental.

Al sistema de administración de justicia ambiental se le puede relacionar junto con aquellas instituciones a quienes les corresponde el estudio y análisis de las denuncias y procesos de delito que perturben el equilibrio de los ecosistemas y recursos naturales. Sin embargo, en la mayoría de casos, los reglamentos institucionales no han sido suficientemente específicos, lo cual dificulta su aplicación y eso da lugar a un alto grado de impunidad ambiental.

Según la legislación penal guatemalteca, la contaminación está tipificada como un delito dentro del Capítulo I, del Título X del Código Penal, referente a los delitos contra la Economía Nacional y el Ambiente (Artículo 347-A).³ En el caso ambiental, para que la ley sea respetada se requiere del cumplimiento de la misma por parte del Estado.

³ URL - Instituto de Incidencia Ambiental. Perfil ambiental de Guatemala 2006. Guatemala. 2006.

2.3 Contribución de los Acuerdos de Paz en la gestión ambiental.

En 1996 el gobierno y la guerrilla (URNG) firmaron los Acuerdos de Paz. Dichos acuerdos, favorecen la implementación de la educación ambiental, incluyendo el derecho ambiental y agrario a nivel universitario.

Dentro de estos acuerdos existen tres que se refieren directamente a la protección del ambiente: 1. Acuerdo para el reasentamiento de las poblaciones desarraigadas por el enfrentamiento armado (1994), 2. Acuerdo sobre la identidad y derechos de los pueblos indígenas (1995) y 3. Acuerdo sobre aspectos socioeconómicos y situación agraria (1996). Los Acuerdos de Paz han contribuido, dándole mayor importancia al tema ambiental en la legislación nacional.

2.4 Constitución Política de la República de Guatemala

La Constitución Política de la República de Guatemala, establece en varios de sus artículos, el interés particular que representan los recursos naturales para la nación. Así mismo, proporciona herramientas con base universalmente legal para actuar y ampararse en la misma a favor de la protección y conservación del medio ambiente. A continuación se citan textualmente y comentan los artículos de la constitución política que, en general, engloban el tema de ambiente y conservación.

Artículo 64.- Patrimonio natural. Se declara de interés nacional la conservación, protección y mejoramiento del patrimonio natural de la Nación. El Estado fomentará la creación de parques nacionales, reservas y refugios naturales, los cuales son inalienables. Una ley garantizará su protección y la de la fauna y la flora que en ellos exista.

Artículo 93.- Derecho a la salud. El goce de la salud es derecho fundamental del ser humano, sin discriminación alguna.

Comentario al artículo 93. La constitución reconoce el derecho a la salud y a la protección de la misma. El estado debe tomar medidas adecuadas para la protección de la salud individual y colectiva, y que se pongan al alcance de todos los servicios necesarios para satisfacer las necesidades básicas. Implica, también, que se adopten las medidas adecuadas para que los habitantes puedan ejercer este derecho y colaborar en la solución de los problemas de la salud general.

Artículo 95.- La salud, bien público. La salud de los habitantes de la nación es un bien público. Todas las personas e instituciones están obligadas a velar por su conservación y restablecimiento.

Artículo 97.- Medio ambiente y equilibrio ecológico. El Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Se dictarán todas las normas necesarias para garantizar que la utilización y el aprovechamiento de la fauna, de la flora, de la tierra y del agua, se realicen racionalmente, evitando su depredación.

Artículo 126.- Reforestación. Se declara de urgencia nacional y de interés social, la reforestación del país y la conservación de los bosques. La ley determinará la forma y requisitos para la explotación racional de los recursos forestales y su renovación, incluyendo las resinas, gomas, productos vegetales silvestres no cultivados y demás productos similares, y fomentará su industrialización. La explotación de todos estos recursos, corresponderá

exclusivamente a personas guatemaltecas, individuales o jurídicas. Los bosques y la vegetación en las riberas de los ríos y lagos, y en las cercanías de las fuentes de aguas, gozarán de especial protección.

2.5 Acuerdos, Leyes y Decretos Gubernativos y Legislativos

2.5.1 Ley de Protección y Mejoramiento del Ambiente (Decreto No. 68-86)

En resumen, la creación de la ley de protección y mejoramiento del ambiente brinda a la sociedad civil y a las instituciones del estado las herramientas y procedimientos, que como base, fomentan la generación de legislación más específica para el control del deterioro ambiental. Así también, esta ley tiene como objetivo primordial velar por el mantenimiento del equilibrio ecológico y la calidad del medio ambiente. En sus primeros Artículos establece una serie de normas, las cuales deberán cumplirse para garantizar la seguridad ambiental en el territorio nacional y contribuir de alguna manera a reducir el riesgo de contaminación y de la proliferación de enfermedades infecto contagiosas.

El congreso de la república de Guatemala, en uso de las facultades que le confieren los Artículos 157 y 171, inciso a) de la constitución política de la república de Guatemala, decreta la siguiente ley. Los Artículos más relevantes y representativos se citan textualmente en el presente trabajo de graduación, dichos Artículos tratan puntualmente sobre el tema de desechos sólidos, la protección del suelo y subsuelo, los cuerpos de agua y su protección por igual.

Artículo 1: El Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional, propiciarán el desarrollo social, económico, científico y tecnológico que prevenga la contaminación del medio ambiente y mantenga el equilibrio

ecológico. Por lo tanto, la utilización y aprovechamiento de la fauna, la flora, el suelo, subsuelo y el agua, deberán realizarse racionalmente.

Artículo 6 (Dec. 75-91): El suelo, subsuelo y límites de aguas nacionales no podrán servir de reservorio de desperdicios contaminantes del medio ambiente o radioactivos. Aquellos materiales y productos contaminantes que esté prohibida su utilización en su país de origen no podrán ser introducidos en el territorio nacional.

Artículo 7: Se prohíbe la introducción al país, por cualquier vía, de excrementos humanos o animales, basuras domiciliarias o municipales y sus derivado, cienos o lodos cloacales, tratados o no, así como desechos tóxicos provenientes de procesos industriales que contengan sustancias que puedan infectar, contaminar y/o degradar al medio ambiente y poner en peligro la vida y la salud de los habitantes, incluyendo entre él las mezclas o las combinaciones químicas, restos de metales pesados, residuos de materiales radioactivos, ácidos y álcalis de determinados, bacterias, virus, huevos, larvas, esporas, y hongos zoo y fitopatógenos.

Artículo 8 (Dec- 1-93): Para todo proyecto, obra, industria o cualquier otra actividad que por sus características puede 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. El funcionario que omitiere exigir el estudio de impacto ambiental de conformidad con este artículo, será responsable personalmente por incumplimiento de deberes, así como el particular que omitiere cumplir con dicho estudio de Impacto ambiental será sancionado con una multa de

Q5,000.00 a Q100,000.00. En caso de no cumplir con este requisito en el término de seis meses de haber sido multado, el negocio será clausurado en tanto no cumpla.

Artículo 11: La presente ley tiene por objeto *velar por el mantenimiento del equilibrio ecológico y la calidad del medio ambiente* para mejorar la calidad de vida de los habitantes del país.

Artículo 12: Son objetivos específicos de la ley, los siguientes:

- a) La protección, conservación y mejoramiento de los recursos naturales del país, así como la prevención del deterioro y mal uso o destrucción de los mismos, y la restauración del medio ambiente en general.
- b) La prevención, regulación y control de cualesquiera de las causas o actividades que origine deterioro del medio ambiente y contaminación de los sistemas ecológicos, y excepcionalmente, la prohibición en casos que afecten la calidad de vida y el bien común calificados así, previos dictámenes científicos y técnicos emitidos por organismos competentes.
- c) Orientar los sistemas educativos, ambientales y culturales, hacia la formación de recursos humanos calificados en ciencias ambientales y la educación a todos los niveles para formar una conciencia ecológica en toda la población.
- d) El diseño de la política ambiental y coadyuvar en la correcta ocupación del espacio.
- e) La creación de toda clase de incentivos y estímulos para fomentar programas e iniciativas que se encaminen a la protección, mejoramiento y restauración del medio ambiente.
- f) El uso integral y manejo racional de las cuencas y sistemas hídricos.
- g) La promoción de tecnología apropiada y aprovechamiento de fuentes limpias para la obtención de energía.

- h) Salvar y restaurar aquellos cuerpos de agua que estén amenazando o en grave peligro de extinción.
- i) Cualesquiera otras actividades que se consideren necesarias para el logro de esta ley.

Artículo 13: Para los efectos de la presente ley, el medio ambiente comprende: los sistemas atmosféricos (aire); hídrico (agua); lítico (roca y minerales); edáfico (suelos); biótico (animales y plantas); elementos audio-visuales y recursos naturales y culturales.

Creación de la Comisión Nacional del Medio Ambiente

Artículo 20: Se crea la Comisión Nacional del Medio Ambiente, la que dependerá directamente de la presidencia de la república y su función será asesorar y coordinar todas las acciones a la formulación y aplicación de la política nacional, para la protección y mejoramiento del medio ambiente.

2.5.2 Política para el manejo integral de los residuos y desechos sólidos. (Acuerdo Gubernativo Núm. 111-2005)

La política nacional para el manejo integral de los residuos y desechos sólidos hace énfasis en la necesidad de realizar cambios culturales y educativos en los patrones de conducta de la disposición de los residuos y desechos, de manera que la población se halle comprometida con la reducción y el manejo ordenado de los residuos y desechos sólidos.

El objetivo general que se pretende alcanzar por medio de esta política es el de reducir los niveles de contaminación ambiental que producen los residuos y desechos sólidos, para que Guatemala sea un país más limpio y ordenado y que brinde a su población un ambiente saludable.

Dentro de los objetivos específicos de la política se encuentran:

- a) Generar y hacer accesible la información básica pertinente que permita planificar y tomar decisiones en cuanto al manejo integral de los residuos y desechos sólidos.
- b) Definir y hacer funcional la aplicación del marco de estándares y normas ambientales nacionales, relacionadas directamente con el tema, que permitan el monitoreo ambiental.
- c) Propiciar la adopción paulatina de los estándares internacionales con respecto a los residuos y desechos sólidos que definan los tratados comerciales y ambientales que Guatemala ratifique.
- d) Adoptar, adaptar y desarrollar las tecnologías adecuadas para el manejo (gestión) y disposición final de los residuos y desechos sólidos.

2.6 Ministerio de ambiente y recursos naturales.

2.6.1 Reglamento de evaluación, control y seguimiento ambiental (Acuerdo Gubernativo 23–2003).

Artículo 1. Materia. Este Reglamento norma los procedimientos para el proceso de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental, de acuerdo a lo establecido en la ley de la materia.

Artículo 2. Competencia. Compete al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, por conducto de la Dirección General de Gestión Ambiental y Recursos Naturales, la aplicación de este Reglamento.

Artículo 4. Del sistema de evaluación, control y seguimiento ambiental. Se establece el Sistema de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental como el conjunto de entidades, procedimientos e instrumentos técnicos y operativos cuya organización permite el desarrollo de los procesos de Evaluación, Control

y Seguimiento Ambiental de los proyectos, obras, industrias o actividades que, por sus características, pueden 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.

Artículo 11. Instrumentos de evaluación ambiental. Son los documentos técnicos en los cuales se establecen los procedimientos ordenados que permiten realizar una identificación y evaluación sistemática de los impactos ambientales de un proyecto, obra, industria o cualquier otra actividad, desde su planificación su ejecución, operación y abandono, y que permiten formular las respectivas medidas de mitigación. De los instrumentos de Evaluación Ambiental se generan los correspondientes Planes de Gestión Ambiental que deben adoptar los proponentes.

Artículo 12. De los diferentes instrumentos de evaluación ambiental. Son Considerados instrumentos de Evaluación Ambiental, los siguientes:

- a) Evaluación Ambiental Estratégica;
- b) Evaluación Ambiental Inicial;
- c) Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental;
- d) Evaluación de Riesgo Ambiental;
- e) Evaluación de Impacto Social; y
- f) Evaluación de Efectos Acumulativos.

Los términos de referencia, contenidos y procedimientos técnicos específicos para el desarrollo de cada uno de los instrumentos serán determinados por la Dirección General de Gestión Ambiental y Recursos Naturales en manuales específicos que serán aprobados mediante acuerdo ministerial.

Artículo 13. Evaluación ambiental estratégica. Consiste en un proceso de evaluación ambiental, aplicado a políticas y planes nacionales y gubernamentales así como a proyectos de trascendencia transnacional que impliquen la generación de patrones de desarrollo económico-social con impactos ambientales en sus áreas de influencia. Incluye la preparación de un informe escrito sobre los hallazgos de la evaluación para efectos de su uso en la toma de decisiones a nivel político.

Artículo 14. Evaluación ambiental inicial. Para efectos de poder determinar si un proyecto, obra, industria o cualquier otra actividad, por sus características, puede 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 y, por lo tanto, requiere de un estudio de evaluación de impacto ambiental u otro instrumento de evaluación ambiental, se llevará a cabo la evaluación ambiental inicial. La evaluación ambiental inicial considerará la relevancia del impacto ambiental, su localización con respecto a Áreas Ambientalmente Frágiles y Áreas con Planificación Territorial, con el objeto de determinar, como resultado del análisis realizado, el tipo y características del Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental u otro instrumento de evaluación ambiental que corresponderá el proyecto, obra, industria o actividad relacionada.

Las áreas de localización de los proyectos, obras, industrias o actividades, se agruparán en tres categorías básicas:

a) Áreas Ambientalmente Frágiles; b) Áreas con Planificación Territorial, es decir, aquellos espacios geográficos, comúnmente urbanos, para los cuales el Estado ha elaborado planes de desarrollo, en función de criterios de planificación territorial (planes maestros, reguladores, etc.); y c) Áreas sin Planificación Territorial por parte del Estado.

De la Evaluación Ambiental Inicial surgirá la recomendación relativa al tipo de Evaluación Ambiental que deberá realizar el proponente o, en su caso, determinar que éste resulta innecesario. El formato e instrucciones para consignar la información, serán determinados por la Dirección General de Gestión Ambiental y Recursos Naturales en un manual específico que será aprobado mediante Acuerdo Ministerial. La información básica necesaria para que la Dirección General de Gestión Ambiental y Recursos Naturales pueda revisar y analizar cada caso, deberá ser recabada y proporcionada por el proponente.

Artículo 15. Estudio de evaluación de impacto ambiental. Es el documento técnico que permite identificar y predecir los efectos sobre el ambiente que ejercerá un proyecto, obra, industria o cualquier actividad determinada y describe, además, las medidas para evitar, reducir, corregir, compensar y controlar los impactos adversos. Es un proceso de toma de decisiones y constituye el instrumento de planificación que proporciona un análisis temático preventivo reproducible e interdisciplinario de los efectos potenciales de una acción propuesta y sus alternativas prácticas en los atributos físicos, biológicos, culturales y socioeconómicos de un área geográfica determinada. Es un proceso cuya cobertura, profundidad y tipo de análisis depende del proyecto propuesto. Evalúa los potenciales riesgos e impactos ambientales en su área de influencia e identifica vías para mejorar su diseño e implementación para prevenir, minimizar, mitigar o compensar impactos ambientales adversos y potenciar sus impactos positivos.

Artículo 16. Evaluación de riesgo ambiental. Es la probabilidad de exceder un valor específico de consecuencias económicas, sociales o ambientales, en un sitio particular, y durante un tiempo de exposición determinado. Se obtiene

de relacionar la amenaza o probabilidad de ocurrencia de un fenómeno con una intensidad específica, con la vulnerabilidad de los elementos expuestos. El riesgo puede ser de origen natural, geológico, hidrológico, atmosférico o también de origen tecnológico o provocado por el hombre.

Artículo 17. Evaluación de impacto social. Es un proceso de evaluación y estimación de las consecuencias sociales y culturales ante cualquier proyecto, obra, industria o cualquier otra actividad pública o privada que pudiera alterar el normal ritmo de vida de las poblaciones y en consecuencia afectar su calidad de vida.

Artículo 18. Evaluación de efectos acumulativos. Es el proceso consistente en analizar y evaluar sistemáticamente los cambios ambientales combinados, originados por la suma sistemática de los efectos de proyectos, obras, industrias o en cualquier otra actividad desarrolladas dentro de un área geográfica definida. Los efectos acumulativos se refieren a la acumulación de cambios inducidos por el hombre en los componentes ambientales a través del espacio y del tiempo. Estos impactos pueden ocurrir en forma aditiva o de manera interactiva. La Evaluación de Efectos Acumulativos es necesaria a fin de establecer planes de uso del suelo que sean conformes con la situación ambiental real del entorno y como forma para identificar las medidas correctivas, de mitigación, saneamiento y/o rehabilitación que deberían llevarse a cabo, a fin de restaurar el equilibrio ecológico en esos espacios geográficos que están siendo motivo de uso y administración.

Artículo 20. Diagnóstico ambiental. Es un estudio que se efectúa sobre un proyecto, obra o actividad existente y, por ende, los impactos son determinados mediante sistemas de evaluación basados en muestreos y mediciones directas, o bien por el uso de sistemas analógicos de comparación con eventos similares.

Su objetivo es determinar las acciones correctivas necesarias para mitigar impactos adversos.

Artículo 21. De los diferentes instrumentos de control y seguimiento ambiental. Para las industrias o cualquier otra actividad ya establecidas, se aplicarán los siguientes instrumentos.

- a) Auditorias Ambientales;
- b) Seguimiento y vigilancia Ambiental; y
- c) Instrumentos complementarios (ICOS).

Los términos de referencia, contenidos y procedimientos técnicos específicos para el desarrollo de cada uno de ellos serán determinados por la Dirección General de Gestión Ambiental y Recursos Naturales en un Manual específico que será aprobado mediante acuerdo ministerial.

Artículo 22. Auditorías ambientales. Proceso de verificación sistemático y documentado para evaluar el grado de cumplimiento de los Planes de Gestión Ambiental y determinar criterios para garantizar su cumplimiento. Pueden ser de carácter obligatorio o voluntario, con el propósito de certificación, registro y/o auto declaración.

Artículo 23. Seguimiento y vigilancia ambiental. Consiste en el levantamiento de información periódica o de prueba para determinar el nivel de cumplimiento de los requisitos obligatorios normativos, compromisos ambientales o para la identificación de los niveles de contaminantes en el ambiente.

Artículo 24. Instrumentos complementarios (ICOS). Es el conjunto de condiciones o directrices generales ambientales complementarias a la normativa ambiental vigente establecidas para garantizar que los diferentes proyectos, obras, industrias o cualquier otra actividad tengan una efectiva gestión ambiental de sus actividades y, además, permita mantener un sistema de información eficiente y efectivo ante las autoridades ambientales pertinentes. Los Instrumentos Comprenden los “Compromisos Ambientales” y el “Código de Buenas Prácticas Ambientales”. Los Instrumentos Complementarios serán establecidos por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales en el manual específico.

Artículo 25. Los “compromisos ambientales”. Constituyen el listado de acciones y prácticas derivados de las Evaluaciones Ambientales e Instrumentos de Control y Seguimiento Ambiental que la Dirección General de Gestión Ambiental y Recursos Naturales aprueba como vinculantes para la ejecución de los proyectos, obras, industrias o cualquier otra acción; se establecen mediante una resolución administrativa sin menoscabo del cumplimiento de la normativa nacional vigente.

2.7 Ministerio de Salud y Asistencia Social.

2.7.1 Código de Salud.

Artículo 1. Del derecho a la salud. Todos los habitantes de la República tienen derecho a la prevención, promoción, recuperación y rehabilitación de su salud, sin discriminación alguna.

Artículo 2. Definición. La salud es un producto social resultante de la interacción entre el nivel de desarrollo del país, las condiciones de vida de las

poblaciones y la participación social, a nivel individual y colectivo, a fin de procurar a los habitantes del país el más completo bienestar físico, mental y social.

Artículo 3. Responsabilidad de todos ciudadanos. Todos los habitantes de la República están obligados a velar, mejorar y conservar su salud personal, familiar y comunitaria, así como las condiciones de salubridad del medio en que viven y desarrollan sus actividades.

Artículo 38. Acciones. Las acciones de promoción y prevención, estarán dirigidas a interrumpir la cadena epidemiológica de las enfermedades tanto a nivel del ambiente como de la protección, diagnóstico y tratamientos precoces de la población susceptible:

c) En relación con el ambiente, las acciones de promoción y prevención buscarán el acceso de la población con énfasis en la de mayor postergación, a servicios de agua potable, adecuada eliminación y disposición de excretas, adecuada disposición de desechos sólidos higiene de alimentos, disminución de la contaminación ambiental.

Artículo 68. Ambientes saludables. El Ministerio de Salud, en colaboración con la Comisión Nacional del Medio Ambiente, las Municipalidades y la comunidad organizada, promoverán un ambiente saludable que favorezca el desarrollo pleno de los individuos, familias y comunidades.

Artículo 69. Límites de exposición y de calidad ambiental. El Ministerio de Salud y la Comisión Nacional del Medio Ambiente, establecerán los límites de exposición y de calidad ambiental permisibles a contaminantes ambientales, sean éstos de naturaleza química, física o biológica. Cuando los contaminantes

sean de naturaleza radiactiva, el Ministerio de Salud, en coordinación con el Ministerio de Energía y Minas, establecerá los límites de exposición y calidad ambiental permisible. Asimismo determinará en el reglamento respectivo los períodos de trabajo del personal que labore en sitios expuestos a estos contaminantes.

Artículo 70. Vigilancia de la calidad ambiental. El Ministerio de Salud, la Comisión Nacional del Medio Ambiente, las Municipalidades y la comunidad organizada, establecerán un sistema de vigilancia de la calidad ambiental sustentado en los límites permisibles de exposición.

Artículo 71. Derecho a la información. El Ministerio de Salud, la Comisión Nacional del Medio Ambiente y las Municipalidades, deberán recolectar y divulgar información pertinente a la población, sobre los riesgos a la salud asociados con la exposición directa o indirecta de los agentes contaminantes, que excedan los límites de exposición y de calidad ambiental establecidos.

Artículo 72. Programas de prevención y control de riesgos ambientales. El Ministerio de Salud, la Comisión Nacional del Medio Ambiente, las Municipalidades y la comunidad organizada con todas las otras instancias apropiadas sean públicas o privadas, promoverán el desarrollo de programas de cuidado personal y de reducción de riesgos a la salud vinculados con desequilibrios ambientales, u ocasionados por contaminantes químicos, físicos o biológicos. El Ministerio de Salud velará por el cumplimiento de los acuerdos internacionales ratificados por Guatemala, que prohíben el uso de sustancias dañinas al medio ambiente y en consecuencia al ser humano.

Artículo 73. Importación de desechos. Se prohíbe la importación de desechos tóxicos, radiactivos y/o difícil degradación.

Artículo 74. Evaluación de impacto ambiental y salud. El Ministerio de Salud, la Comisión Nacional del Medio Ambiente y las Municipalidades, establecerán los criterios para la realización de estudios de evaluación de impacto ambiental, orientados a determinar las medidas de prevención y de mitigación necesarias, para reducir riesgos potenciales a la salud derivados de desequilibrios en la calidad ambiental, producto de la realización de obras o procesos de desarrollo industrial, urbanístico, agrícola, pecuario, turístico, forestal y pesquero.

Artículo 75. Sustancias y materiales peligrosos. El Ministerio de Salud y la Comisión Nacional del Medio Ambiente en coordinación con otras instancias del sector público y privado, establecerán los criterios, normas y estándares para la producción, importación, tráfico, distribución, almacenamiento y venta de sustancias y materiales peligrosos para la salud, el ambiente y el bienestar individual y colectivo.

Desechos sólidos

Artículo 102. Responsabilidad de las municipalidades. Corresponde a las municipalidades la prestación de los servicios de limpieza o recolección, tratamiento y disposición de los desechos sólidos de acuerdo con las leyes específicas y en cumplimiento de las normas sanitarias aplicables. Las municipalidades podrán utilizar lugares para la disposición de desechos sólidos o construcción de los respectivos rellenos sanitarios, previo dictamen del Ministerio de Salud y la Comisión Nacional del Medio Ambiente, el que deberá ser elaborado dentro del plazo improrrogable de dos meses de solicitado. De no producirse el mismo será considerado emitido favorablemente, sin perjuicio de la responsabilidad posterior que se produjera, la que recaerá en el funcionario o empleado que no emitió el dictamen en el plazo estipulado.

Artículo 103. Disposición de los desechos sólidos. Se prohíbe arrojar o se acumular desechos sólidos de cualquier tipo en lugares no autorizados, alrededor de zonas habitadas y en lugares que puedan producir daños a la salud a la población, al ornato o al paisaje, utilizar medios inadecuados para su transporte y almacenamiento o proceder a su utilización, tratamiento y disposición final, sin la autorización municipal correspondiente, la que deberá tener en cuenta el cumplimiento de las medidas sanitarias establecidas para evitar la contaminación del ambiente, específicamente de los derivados de la contaminación de los afluentes provenientes de los botaderos de basura legales o clandestinos.

Artículo 104. Lugares inadecuados. Si el Ministerio de Salud comprobara que existen lugares en donde se estén depositando desechos sólidos sin llenar los requisitos de la presente ley, deberán ser trasladados a otros lugares que cumplan con los requisitos sanitarios, con base a un programa que de común acuerdo establezcan las municipalidades respectivas y el Ministerio de Salud.

Artículo 105. Sitios y espacios abiertos. Los propietarios o poseedores no de predios, sitios o espacios abiertos en sectores urbanos y rurales, deberán cercarlos y mantenerlos libres de desechos sólidos, malezas y aguas estancadas. Las autoridades municipales, en coordinación con las sanitarias, son responsables de hacer cumplir esta disposición.

Artículo 106. Desechos hospitalarios. Los hospitales públicos y privados que por su naturaleza emplean o desechan materiales orgánicos o sustancias tóxicas, radiactivas o capaces de diseminar elementos patógenos, y los desechos que se producen en las actividades normales del establecimiento, solo podrán almacenar y eliminar esos desechos en los lugares y en la forma

que lo estipulen las normas que sean elaboradas por el Ministerio de Salud. Los hospitales quedan obligados a instalar incineradores para el manejo y disposición final de los desechos, cuyas especificaciones y normas quedarán establecidas en el reglamento respectivo.

Artículo 107. Desechos sólidos de la industria y comercio. Para el almacenamiento, transporte, reciclaje y disposición de residuos y desechos sólidos, así como de residuos industriales peligrosos, las empresas industriales o comerciales deberán contar con sistemas adecuados según la naturaleza de sus operaciones, especialmente cuando la peligrosidad y volumen de los desechos, no permitan la utilización del servicio ordinario para la disposición de los desechos generales. El Ministerio de Salud y la Municipalidad correspondiente dictaminarán sobre la base del reglamento específico sobre esta materia.

Artículo 108. Desechos sólidos de las empresas agropecuarias. Los desechos sólidos provenientes de actividades agrícolas y pecuarias deberán ser recolectados, transportados, depositados y eliminados de acuerdo con las normas y reglamentos que se establezcan, a fin de no crear focos de contaminación ambiental, siempre y cuando no fuera posible su reprocesamiento y/o reciclaje para uso en otras actividades debidamente autorizadas.

2.8 Municipalidad capitalina.

2.8.1 Código Municipal (Decreto 12-2002)

El Código Municipal otorga a las diferentes municipalidades una herramienta de trabajo con fundamento legal para el desarrollo autónomo de los municipios.

A continuación se citan cuatro artículos del Código Municipal que hacen énfasis en materia ambiental y específicamente el Artículo 67 y 68 que se refieren a los intereses y obligaciones de las municipalidades.

Artículo 1. Objeto. El presente Código tiene por objeto desarrollar los principios constitucionales referentes a la organización, gobierno, administración, y funcionamiento de los municipios y demás entidades locales determinadas en este Código y el contenido de las competencias que correspondan a los municipios en cuanto a las materias que éstas regulen.

Artículo 2. Naturaleza del municipio. El municipio es la unidad básica de la organización territorial del Estado y espacio inmediato de participación ciudadana en los asuntos públicos. Se caracteriza primordialmente por sus relaciones permanentes de vecindad, multiétnicidad, pluriculturalidad, y multilingüismo, organizado para realizar el bien común de todos los habitantes de su distrito.

Artículo 67. Gestión de intereses del municipio. El municipio, para la gestión de sus intereses y en el ámbito de sus competencias puede promover toda clase de actividades económicas, sociales, culturales, ambientales, y prestar cuantos servicios contribuyan a mejorar la calidad de vida, a satisfacer las necesidades y aspiraciones de la población del municipio.

Artículo 68. Competencias propias del municipio. Las competencias propias deberán cumplirse por el municipio, por dos o más municipios bajo convenio, o por mancomunidad de municipios, y son las siguientes:

a) Abastecimiento domiciliario de agua potable debidamente clorada; alcantarillado; alumbrado público; mercados; rastros; administración de

cementerios y la autorización y control de los cementerios privados; recolección, tratamiento y disposición de desechos sólidos; limpieza y ornato.

l) Promoción y gestión ambiental de los recursos naturales del municipio.

2.8.2 Reglamento del manejo de desechos sólidos para el municipio de Guatemala (Acuerdo comunitario 028-2002)

Considerando que el Estado y las municipalidades están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico, fomentando la participación efectiva, voluntaria y organizada de sus habitantes, se decretó el reglamento del manejo de desechos sólidos para el municipio de Guatemala para que sea imitado por todos los municipios de la República y pueda ejecutarse de tal forma que los objetivos del mismo sean alcanzados en un plazo considerable.

Artículo 1. El presente Reglamento regula el sistema de almacenamiento, limpieza, recolección, transporte, reciclaje y disposición final de los desechos sólidos en el Municipio de Guatemala.

Artículo 2. Las disposiciones del presente Reglamento, son de observancia general para toda persona individual o jurídica, pública o privada. Es obligación de todo habitante del Municipio de Guatemala cumplir y velar porque se cumpla el presente Reglamento y todas las disposiciones existentes en materia de medio ambiente.

Artículo 3. Los habitantes del Municipio de Guatemala a su costa, están obligados a enviar al vertedero, autorizado por la Municipalidad de Guatemala,

los desechos sólidos que produzcan, por los medio determinados en el presente Reglamento.

Artículo 5. La Municipalidad de Guatemala para el manejo de los desechos sólidos tiene las funciones siguientes:

- a) Regular y controlar el almacenamiento temporal de desechos sólidos en: Industrias, mercados, comercios, plazas, calles demás lugares públicos o privados, así como en las edificaciones nuevas que se autoricen, deberá preverse el depósito adecuado y accesible al recolector.
- b) Establecer, regular, autorizar, controlar y supervisar el sistema de almacenamiento, recolección y transporte de los desechos sólidos de industrias, mercados, comercios, parques, plazas, calles y demás lugares públicos o privados con cobertura en todo el Municipio, en el cual se puede establecer áreas de trabajo y procedimientos específicos en cada caso.
- c) Controlar, técnicamente, la disposición final de los desechos sólidos en los lugares autorizados.
- d) Establecer y promover programas de concientización, sensibilización y educación ambiental para la población, incluyendo el conocimiento de la normativa ambiental existente; y promover e incentivar programas de investigación y estudios específicos para el mejor conocimiento de los desechos sólidos que se generan, sus características y como reducir los efectos contaminantes y las formas para un manejo adecuado.
- e) Coordinar, con instituciones públicas y privadas, las actividades que permitan eliminar y prevenir los focos de contaminación y mantener la limpieza del Municipio.
- f) Sobre la base de lo estipulado en el Código Municipal y demás Leyes aplicables, contratar, administrar o dar en concesión la operación y

mantenimiento del vertedero de desechos sólidos ubicado en la zona 3 y otros sitios para la disposición final que en el futuro se autoricen.

- g) Implementar programas y actividades que tiendan a reducir gradualmente los volúmenes de basura generada.
- h) Promover la clasificación, selección, recuperación, reutilización y reciclado de los desechos sólidos que así lo permitan.
- i) Establecer procedimientos administrativos para el control y sanción de los infractores de este Reglamento y demás disposiciones municipales vinculadas con el manejo de los desechos sólidos.
- j) Promover y garantizar la participación ciudadana en los procesos de fiscalización y control del manejo de desechos sólidos, a través de los Concejos de Desarrollo Municipal.
- k) Cualquier otra actividad que sea necesaria para el manejo adecuado de desechos sólidos y saneamiento ambiental que se generen en el municipio.

Artículo 6. La Municipalidad de Guatemala, a través de la Dirección de Medio Ambiente y dentro del ámbito de su competencia, vigilará, verificará y fiscalizará el cumplimiento del presente Reglamento. La Dirección del Medio Ambiente de la Municipalidad de Guatemala, por los medios y con los recursos que disponga, afrontará la problemática ambiental del Municipio con la participación de todos los sectores involucrados, coordinando y promoviendo la concientización masiva que permita el cambio de hábitos y conductas que promuevan la eliminación de focos de contaminación del medio ambiente y prevengan su generación.

Corresponde al departamento de limpieza ser el responsable y ejecutar los programas de saneamiento ambiental que en esta materia acuerde la Municipalidad de Guatemala, sin perjuicio de las disposiciones legales existentes a nivel nacional, en materia ambiental y sanitaria.

Artículo 7. El proceso de manejo de desechos sólidos comprende:

- a) El almacenamiento temporal,
- b) La recolección,
- c) El transporte,
- d) La recuperación (que incluye la reutilización y el reciclaje),
- e) El tratamiento; y
- f) La disposición final.

Artículo 8. En todo proyecto, obra, industria o cualquier actividad que desarrolle toda persona individual o jurídica y que por sus características requiera de un Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental, deberá contemplarse una evaluación relacionada con el proceso de manejo de desechos sólidos que el mismo tendrá y en el que se involucrará a la Municipalidad de Guatemala para su autorización, control y supervisión.

Artículo 9. En aquellos casos en que se autoricen sitios de almacenamiento temporal de desechos sólidos, se deberá cumplir como mínimo, con las siguientes condiciones:

- Separar los desechos sólidos para facilitar su clasificación de desechos sólidos orgánicos, no orgánicos y materiales de potencial reciclable. El recolector de basura está comprometido a promover entre los usuarios del servicio, la separación de la basura en forma adecuada.
- Permitir a los recolectores su fácil acceso y extracción; si el lugar de almacenamiento está en el interior de la propiedad, deber ser accesible y estar cercano a los ingresos; de no ser así, deberá movilizar los

desechos sólidos hacia un lugar accesible para la recolección, con anticipación al paso de los camiones recolectores.

Artículo 44. La Municipalidad de Guatemala promoverá y destinará áreas específicas para el proceso de separación de desechos sólidos para el reciclaje en el Vertedero de la zona 3, o en otros lugares que en el futuro autorice la Municipalidad de Guatemala.

Artículo 45. Con el fin de optimizar el espacio en el Vertedero y facilitar el reciclaje de los desechos que se producen en el Municipio de Guatemala, el proceso de separación se deberá realizar desde los lugares en que se genera y mientras esto se logra, se autorizará que lo ejecuten en el vertedero los separadores que actualmente efectúan esta actividad.

Artículo 47. El sitio autorizado por la Municipalidad de Guatemala para la disposición final de los desechos sólidos del Municipio, es el Vertedero ubicado al final de la 30 calle entre las zonas 3 y 7 de la Ciudad de Guatemala y otros que en el futuro autorice la Municipalidad de Guatemala.

Artículo 48. La Dirección de Medio Ambiente elaborará un Plan de Manejo Ambiental General para el vertedero, en el que se establecerán normas, metas y objetivos, con un sistema de monitoreo que estará sujeto a revisión y actualización en forma anual.

Artículo 78. Los Desechos Hospitalarios comunes, podrán disponerse en el vertedero de la zona 3.

Artículo 79. El manejo de Desechos Sólidos Hospitalarios, se hará conforme a lo establecido en el Acuerdo Gubernativo No 509-2001 Reglamento para el

Manejo de Desechos Sólidos Hospitalarios, publicado en el Diario Oficial con fecha 9 de enero del 2002.

Artículo 80. Con el fin de evitar la proliferación de basureros clandestinos, los propietarios de lotes o terrenos baldíos tienen la obligación de circularlos. Se da un plazo de seis (6) meses a partir de la vigencia de este Reglamento para que cumplan con esta disposición.

Teniendo a la mano las normativas, decretos y acuerdos aprobados por el organismo legislativo y por entidades gubernamentales involucradas en el tema ambiental y de desechos sólidos, se puede efectuar un análisis más específico de la región bajo estudio, pudiendo así también concluir y proponer soluciones que satisfagan la ley y el entorno social de los municipios y sus habitantes.

Figura 4. Relleno sanitario zona 3.



3. INVESTIGACIÓN DE CAMPO EN LOS MUNICIPIOS DE Siquinalá, LA GOMERA, LA DEMOCRACIA Y SANTA LUCÍA COTZUMALGUAPA

3.1 Características generales de los municipios.

Siquinalá

Ubicado en el departamento de Escuintla, por acuerdo del organismo ejecutivo se erigió en pueblo el 6 de marzo de 1867.



Extensión:	168.00 kms ²
Altitud:	336 msm
Habitantes:	20,128 (Proyección año 2002)
Densidad de población:	120 Hbs/km ²
Clima:	Cálido
Localización:	Al sur de la capital, a 81 kms.
Ubicación:	En el departamento de Escuintla, a 26 kms. de la cabecera departamental.
Límites geográficos:	Al norte con Santa Lucía Cotzumalguapa y Escuintla, al este con Escuintla, al sur con La Democracia y al oeste con Santa Lucía Cotzumalguapa (todos municipios del departamento de Escuintla)

La Gomera

Municipio de Escuintla fundando en el año de 1611 con habitantes del municipio de Zapotitlán, tiene la categoría de villa.



Extensión:	640.00 kms ²
Altitud:	35 msm
Habitantes:	56,162 (Proyección año 2002)
Densidad de población:	88 Hbs/km ²
Clima:	Cálido
Localización:	Al sur de la capital, a 114 kms.
Ubicación:	En el departamento de Escuintla, a 58 kms. de la cabecera departamental.
Límites geográficos:	Al norte limita con La Democracia y Santa Lucía Cotzumalguapa, al sur con el Océano Pacífico, al este con La Democracia y Puerto San José, al oeste con el municipio de Nueva Concepción.

La Democracia

Se ubica al centro del departamento de Escuintla, por Acuerdo del 22 de agosto de 1903 recibió el nombre de La Democracia.



Extensión:	320.00 kms ²
Altitud:	165 msm
Habitantes:	23,002 (Proyección año 2002)
Densidad de población:	72 Hbs/km ²
Clima:	Cálido
Localización:	Al sur de la capital, a 114 kms.
Ubicación:	En el departamento de Escuintla, a 45 kms. de la cabecera departamental.
Límites geográficos:	Al norte limita con Siquinalá, al este con Escuintla, Masagua y San José, al sur con San José y La Gomera, al oeste con La Gomera y Santa Lucía Cotzumalguapa

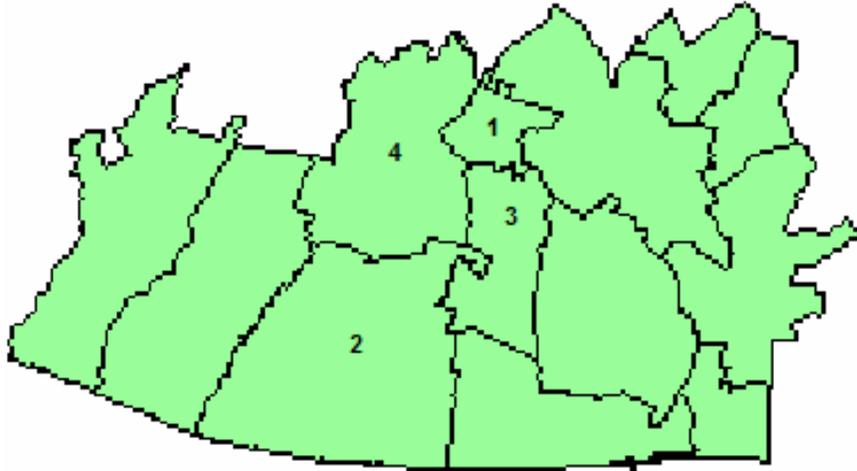
Santa Lucía Cotzumalguapa

Esta ciudad se ubica en el departamento de Escuintla, la cabecera se elevó a la categoría de ciudad por Acuerdo Gubernativo del 31 de julio de 1972.



Extensión:	432.00 kms ²
Altitud:	370 msm
Habitantes:	114,110 (Proyección año 2002)
Densidad de población:	264 Hbs/km ²
Clima:	Cálido
Localización:	Al sur de la capital, a 103 kms.
Ubicación:	En el departamento de Escuintla, a 48 kms. de la cabecera departamental.
Límites geográficos:	Al norte con Yepocapa (Chimaltenango), al este con La Democracia, Siquinalá y Escuintla, al sur con La Gomera y Tiquisate y al oeste con Tiquisate y Patulul (Suchitepéquez).

Figura 5. Localización de los municipios bajo estudio en el departamento de Escuintla.



Número	Municipio
1	Siquinalá
2	La Gomera
3	La Democracia
4	Santa Lucía Cotzumalguapa

Fuente: www.maplibrary.org (Biblioteca de mapas).

3.1.1 Densidad poblacional.

La densidad de población o poblacional es un indicador estadístico que mide el volumen de población con respecto al territorio, es decir, relaciona la cantidad de personas existentes en un lugar y el espacio que ocupan en el mismo. Se calcula dividiendo el número de habitantes entre el área o unidad territorial considerada, y se expresa de manera habitual en habitantes por kilómetro cuadrado (hab/km²), es una medida promedio.

$$\rho = \frac{\# \text{habitantes}}{\text{área}}$$

Donde el área se expresa en kilómetros cuadrados.

La densidad poblacional es un aspecto de mucha importancia a tomar en cuenta para cualquier actividad que conlleve la administración de los recursos naturales, ambientales y aspectos sociales debido al impacto que la población tiene sobre los mismos, ésta a nivel nacional ha presentado importantes cambios en los últimos cincuenta y dos años. En ese entonces, la república de Guatemala presentaba, según el censo de 1950, una densidad de 26 habitantes por kilómetro cuadrado, mientras que en el censo de 2002 revela una densidad de población de 103 habitantes por kilómetro cuadrado.

La mayor densidad de población departamental se presenta en el departamento de Guatemala, con 1196 habitantes por kilómetro cuadrado; siguiendo, en su orden, el departamento de Sacatepéquez, con 533, Quetzaltenango y Totonicapán, con 320 personas por kilómetro cuadrado, el departamento de Escuintla se ubica en la posición número once con una densidad de 123 habitantes por kilómetro cuadrado.

A continuación, en la tabla I, se indican las densidades de población de los municipios del departamento de Escuintla que son parte del presente trabajo.

Tabla II. Densidad de poblaciones bajo estudio⁴

Población	Habitantes	Extensión Territorial Km ²	Densidad*
Siquinalá	20,128	168	120
La Gomera	56,162	640	88
La Democracia	23,002	320	72
Sta. Lucía Cotzumalguapa	114,110	432	264

* Expresada en habitantes por kilómetro cuadrado.

⁴ INE Censos 2002: XI de Población y VI de Habitación. Guatemala. 2003.

3.1.2 Tasa de crecimiento poblacional.

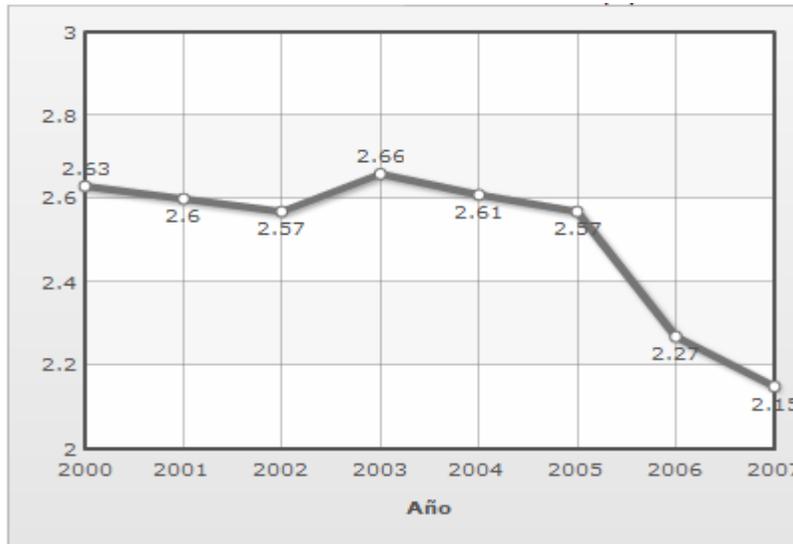
La tasa de crecimiento de la población (r) es el aumento de la población de un país o región en un período determinado, generalmente un año, expresado como porcentaje de la población al comenzar el período.

Para efectos del presente trabajo se emplea la tasa de crecimiento geométrico por ser la que más se adecúa para poblaciones en vías de desarrollo. Esta tasa supone que para el final de cada año se añade un incremento a la suma original, que guarda una proporción fija con el valor de esa suma al principio de cada año. Así, si r es el incremento anual y t el tiempo en años, $P_t = P_0 (1+r)^t$ siendo P_0 y P_t las magnitudes al comienzo y al final del período. Si r es desconocido se denota como:

$$r = \left(\frac{P_t}{P_0} \right)^{\frac{1}{t}} - 1 \quad (I)$$

En Guatemala, a nivel latinoamericano, el crecimiento de las poblaciones se ubica en un puesto medio. Según la CIA World FactBook (ver figura 6) hasta el 1 de enero de 2007, la tasa de crecimiento de población en Guatemala ascendía al 2.15% anual, dicha tasa contrasta con la información brindada por el INE (Instituto Nacional de Estadística) que presenta una tasa intersensal (1994-2000) de 3.47% en 6 años.

Figura 6. Tasa de crecimiento de población en Guatemala



Fuente: **CIA World Fact Book**. 2007.

3.2 Situación actual de los desechos sólidos.

La única información oficial sobre la calidad y cobertura del servicio de aseo urbano y rural es la de los censos de 1994 y 2002. Los censos de 1994 y de 2002 incluyeron una pregunta sobre la disposición de basura en los hogares en las áreas urbanas y rurales y a partir de dicha formulación el análisis a nivel departamental fue desarrollado. La pregunta fue, ¿de qué forma elimina regularmente la basura?

Según el censo de 2002, realizado por el Instituto Nacional de Estadística (INE), el 31.5 por ciento de los hogares utilizan el servicio municipal o privado para eliminar la basura del hogar, a diferencia del 19.7 por ciento que reflejaba el censo de 1994. Por otra parte, el censo revela que el 30.7 por ciento de los hogares queman la basura y el 25.2 por ciento la tiran en cualquier lugar (ver tabla III).

Tabla III. Hogares en locales de habitación particulares, según forma de eliminar la basura censo 1994 y 2002.

Forma de eliminar la basura	Censo 1994		Censo 2002	
	Total	%	Total	%
Total	1,591,823	100.0	2,200,608	100.0
Servicio municipal	73,427	4.6	216,137	9.8
Servicio privado	241,061	15.1	479,430	21.7
La queman	440,840	27.7	674,488	30.7
La tiran en cualquier lugar	570,080	35.9	553,845	25.2
La entierran	230,949	14.5	197,207	9.0
Otra	35,466	2.2	79,501	3.6

Fuente: **INE Censos 2002: XI de Población y VI de Habitación** Guatemala. 2003.

3.2.1 Recolección.

Los sistemas de recolección de desechos sólidos, método de acera (recolección manual casa por casa), de esquina (recolección manual por bloques), método intra-domiciliario (recolección manual casa por casa dentro del domicilio) y de contenedores (recolección en ubicaciones establecidas), forman la parte medular dentro del proceso para el manejo integral de los desechos sólidos. Los distintos métodos de recolección nos dan amplias posibilidades en el buen manejo de los desechos de acuerdo a las características de las poblaciones a servir, tomando en cuenta los accesos, la distribución de las viviendas, la población a servir y la capacidad económica y de recurso humano de la empresa destinada a proporcionar el servicio. En la tabla IV se desglosan los tipos y método de recolección, en los municipios bajo estudio, que actualmente son utilizados por la población.

Tabla IV. Recolección de desechos sólidos

Municipio	Recolección	Área	Método
Siquinalá	Municipal	Áreas públicas	Acera Contenedores
	Municipal	Recolección domiciliar	Acera
La Gomera	Municipal	Áreas públicas	Acera Contenedores
	Municipal	Recolección domiciliar	Acera
La Democracia	Municipal	Áreas públicas	Acera Contenedores
	Municipal	Recolección domiciliar	Acera
Santa Lucia Cotzumalguapa	Municipal	Áreas públicas	Acera Contenedores
	Privada	Recolección domiciliar	Acera Contenedores

Fuente: INE Censos 2002: XI de Población y VI de Habitación Guatemala. 2003.

3.2.2 Manejo y transporte.

Tabla V. Manejo y transporte de desechos sólidos

Municipio	Recolección	Transporte	Vehículos	Volumen (Ton)
Siquinalá	Municipal	Camiones	2	10
	Privada	Pick-Up	1	1.50
La Gomera	Municipal	Pick-Up	1	1
	Privada	Camión	1	5
La Democracia	Municipal	Camión	1	7
	Privada	Camión	1	5
Santa Lucia Cotzumalguapa	Municipal	Camión	1	7.50
	Privada	Camiones Pick-Up	2 3	12 4.50

Fuente: Datos proporcionados por el departamento de planificación de los diferentes municipios.

La recolección, el manejo y el transporte domiciliario de los desechos cuenta con un servicio municipal muy limitado para la población, pues ésta dirige los recursos humanos y de maquinaria a la recolección y transporte de desechos en los mercados, parques, calles, áreas libres, así como instalaciones de la institución.

La falta de cobertura de los servicios de recolección y transporte de desechos, combinada con los costos que implica llegar a las comunidades más lejanas, dan como resultado un incremento al riesgo que los lotes baldíos, quebradas y los accesos vecinales se conviertan en sitios de disposición final, tal como sucede actualmente en varias comunidades.

En la tabla VI se observan los recursos utilizados por las entidades encargadas de brindar el servicio de recolección y transporte de desechos en los municipios, siendo éstos muy limitados para la cobertura total necesaria.

3.2.3 Disposición final.

Tabla VI. Origen, disposición y tratamiento de los desechos sólidos.

Municipio	Origen De Los Desechos	Disposición	Tratamiento
Siquinalá	Viviendas Limpieza municipal	Basurero municipal	Ninguno
La Gomera	Viviendas Limpieza municipal	Botadero municipal (quebrada a cielo abierto)	Ninguno
La Democracia	Viviendas Limpieza municipal	Basurero municipal	Ninguno
Santa Lucia Cotzumalguapa	Viviendas Comercios Limpieza municipal	Basurero municipal	Ninguno

Fuente: INE Censos 2002: XI de Población y VI de Habitación Guatemala. 2003.

La información anterior es una clara muestra de que no existe aún ninguna experiencia, a nivel municipal, de una clasificación eficiente y sistematizada de la basura, mientras los porcentajes de reciclaje y reutilización de residuos a nivel municipal e incluso nacional son muy bajos.

En todos los municipios los desechos son recolectados de domicilios, mercados, parques y calles, luego transportados en vehículos (camiones o pick-ups) al lugar de disposición final. Actualmente el servicio público de recolección de basura es cubierto parcialmente por los departamentos de limpieza municipal de cada municipio y en algunos casos existe un servicio privado que se encarga de dicha recolección. La mayor parte de la población aún dispone sus desechos ya sea en botaderos clandestinos o prefiere quemarlos, mientras que otra parte opta por enterrar sus desechos y no así disponer de los mismos por medio del servicio municipal.

Una de las consecuencias negativas que esta situación genera constantemente es la contaminación atmosférica. Las emanaciones producen malos olores debido al sulfuro de hidrógeno y a los mercaptanos presentes en él, otro de los riesgos es la contaminación de aguas subterráneas a causa de la percolación de los lixiviados.

3.3 Segmentos de población que lanzan sus residuos a los vertederos.

La situación actual en materia de recolección, manejo, transporte y disposición final de los desechos en los municipios deja en evidencia que la mayor parte de la población no recibe el servicio de extracción municipal o no quiere invertir en la extracción privada de sus desechos (Ver tabla VII).

La porción de población que sí recibe algún tipo de servicio para el manejo de los desechos sólidos es en su mayor parte población ubicada en los cascos

urbanos de sus municipios y que cuentan con los servicios básicos de agua potable, drenajes, energía eléctrica y otros. Así mismo dicha población está involucrada en actividades económicas dentro de la población y generan una parte significativa de los desechos sólidos en los municipios en general.

Tabla VII. Servicio de extracción de desechos sólidos de los hogares (%)

Municipio	Servicio Municipal	Servicio Privado	Población (habitantes)
Siquinalá	38.68	3.71	6,271
La Gomera	1.92	4.23	2,950
La Democracia	13.63	4.46	3,322
Santa Lucía Cotzumalguapa	1.43	27.72	25,061

Fuente: INE Censos 2002: XI de Población y VI de Habitación Guatemala. 2003.

3.4 Situación de los residuos hospitalarios.

Los desechos hospitalarios, los cuales en su mayoría son bioinfecciosos, siguen constituyendo un riesgo muy importante para la salud de la población. El reglamento para el manejo de desechos sólidos hospitalarios, acuerdo gubernativo 509-2001, define estos desechos como aquellos “producidos durante el desarrollo de las actividades por los entes generadores, tales como hospitales públicos o privados, sanatorios, clínicas, laboratorios, bancos de sangre, centros clínicos, casas de salud, clínicas odontológicas, centros de maternidad y en general cualquier establecimiento donde se practiquen los niveles de atención humana o veterinaria con fines de prevención, diagnóstico, recuperación, tratamiento o investigación”.

De acuerdo con el informe “Perfil Ambiental Guatemala 2006”, los resultados presentados por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS), los desechos hospitalarios que presentan riesgo potencial para la salud humana (bioinfecciosos, especiales y punzocortantes) y el ambiente representan el 45% del total de desechos generados en los hospitales, de los cuales el 97% son desechos bioinfecciosos . Es evidente que el riesgo potencial que representan los desechos sólidos hospitalarios constituye un problema para la salud pública y al saneamiento ambiental.

En la actualidad los servicios de Salud Pública y privada en los municipios de Santa Lucía Cotzumalguapa, La Democracia, Siquinalá y La Gomera generan una parte importante de desechos sólidos teniendo características especiales y que están bajo la definición de hospitalarios en sus diferentes clasificaciones.

Tabla VIII. Disposición de desechos de los servicios de salud pública y privada.

Municipio	Servicio Público	Servicio Privado	Disposición De Desechos
Siquinalá	Puesto de Salud	Clínicas Laboratorios	Basurero Municipal
La Gomera	Puesto de Primeros Auxilios IGSS	Clínicas	Botadero
La Democracia	Centro de Salud	Clínicas Laboratorios	Basurero Municipal
Santa Lucía Cotzumalguapa	Centro de Salud Hospital IGSS	Clínicas Laboratorios	Basurero Municipal

Fuente: Estadísticas Ambientales Municipales INE 2004.

Aunque la aprobación del reglamento para el manejo de residuos sólidos halla sido considerada un avance en materia ambiental, la aplicación del mismo se ha limitado al área metropolitana. En el interior del país, como en este caso, estos residuos siguen siendo depositados en los vertederos municipales, incluidos los desechos hospitalarios clasificados como peligrosos y bioinfecciosos. Otra forma de disposición final de este tipo de desechos es enterrándolos en los patios traseros de los centros de salud, actividad avalada por las CONADES (Comisión Nacional para el manejo de Desechos Sólidos) en el año 2005.

3.5 Caracterización de los desechos sólidos.

Para lograr implementar mejoras o diseñar sistemas de manejo y tratamiento de desechos sólidos eficientes en cualquier población es necesario conocer las características de esos desechos en relación con la generación, composición y densidad, según el tipo de tratamiento que se pretenda dar a los mismos. Ello requiere un estudio de caracterización de desechos sólidos en un número determinado de viviendas, las que deberán ser representativas del universo de la población.

La metodología aplicada en los estudios de caracterización en los países de la región de América Latina y el Caribe, como lo es en el caso de Guatemala, es la diseñada por el doctor Kunitoshi Sakurai en 1982. A continuación se hará la descripción del método, paso a paso, utilizado para el desarrollo de la caracterización, posteriormente en el capítulo 4 se presentan los resultados obtenidos.

Procedimiento para la definición y obtención de la muestra en los municipios de Siquinalá, La Gomera, La Democracia y Santa Lucía Cotzumalguapa:

- a) Definición de la población: la población a caracterizar son todas aquellas viviendas, establecimientos comerciales y educativos del área bajo estudio.

- b) División de la población en las siguientes cuatro zonas o estratos:
 - i. Zona comercial (estrato comercial).
 - ii. Zona residencial (estrato 1): viviendas de ingreso alto.
 - iii. Zona residencial (estrato 2): viviendas de ingreso medio alto.
 - iv. Zona residencial (estrato 3): viviendas de ingreso medio bajo.
 - v. Zona residencial (estrato 4): viviendas de ingreso bajo.

- c) Ubicación de los estratos socioeconómicos en el plano de la ciudad.
- d) Utilización de la generación per cápita:

Se considera que la población está conformada por N viviendas, que tienen R_i habitantes y producen W_i (kg) de basura en un día. Así, se tiene que cada una produce:

$$X_i = W_i / R_i \text{ (kg/hab./d.)}$$

Aplicación de la teoría del muestreo:

El muestreo estratificado proporcional es el método más común para la selección de muestras, pues asegura que cada vivienda de un estrato tenga la misma probabilidad de ser seleccionada. Para cumplir con el procedimiento establecido se siguen los siguientes pasos:

- a) Determinación de las variables y la notación científica a utilizar.
- b) En el cálculo para determinar el tamaño de la muestra se debe considerar un nivel confianza, un nivel de error de estimación y un valor de variación.
- c) Asignación del tamaño de la muestra de viviendas particulares por estratos.
- d) Si no hay datos iniciales de la ciudad, se debe asumir la desviación estándar en 200 gr/hab./día.
- f) El nivel de confianza más utilizado es 95%, $1-\alpha = 0,95$; esto es, un coeficiente de confianza $Z_{1-\alpha/2} = 1,96$.

Ejemplo para el cálculo de muestra en una región dividida en tres estratos, alto, medio y bajo (Ver tabla IX):

Tabla IX. Ejemplo de distribución de muestras

Estratos	Viviendas	%
Total	5000	100%
Estrato 1 (alto)	1000	20%
Estrato 2 (medio)	1500	30%
Estrato 3 (bajo)	2500	50%

En este ejemplo se asume que $\sigma^2 = 0.04 \text{ kg}^2/\text{hab.}/\text{día}$, que el promedio podría ser $0.655 \text{ kg}/\text{hab.}/\text{día}$ y que el tamaño de población es $N = 5000$. Si se quiere trabajar con un nivel de confianza de 95%, entonces $Z_{1-\alpha/2} = 1.96$. Además, si se considera un error de estimación equivalente a 10% del promedio estimado, luego $E=0.0655$. Con estos datos, el tamaño de la muestra total estaría dado por:

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

$$n = \frac{1.96^2 * 5000 * 0.04}{(5000 - 1) * 0.0655^2 + 1.96^2 * 0.04} = 35.57 \cong 36$$

$$n \cong 36$$

El tamaño de la muestra de viviendas $n = 36$ se tiene que asignar o distribuir proporcionalmente entre los estratos (ver tabla X), es decir:

Tabla X. Ejemplo de distribución proporcional de muestras

Estratos	Viviendas	%
Total	36	100%
Estrato 1	7	20%
Estrato 2	11	30%
Estrato 3	18	50%

El procedimiento anterior se realiza para áreas en las cuales las poblaciones están distribuidas de forma heterogénea, ya que en estos casos es más complicado tomar una muestra al azar y poder distinguir entre un estrato y otro entre la clasificación.

Procedimiento para recolección de datos y muestreo:

Una vez establecido el tamaño de la muestra (número de viviendas a muestrear), en los municipios bajo estudio, se debe llevar a cabo el siguiente procedimiento para analizar los desechos sólidos y poder realizar la caracterización de los mismos:

- ◆ Seleccionar de manera aleatoria las viviendas a muestrear con el croquis de algún levantamiento preliminar o con el listado de usuarios a quienes

se les brinda el servicio de recolección incluyendo también viviendas que no utilizan el servicio para que la muestra sea representativa.

- ◆ Seleccionar el sitio y el personal para llevar a cabo la caracterización.
- ◆ Se notificó, en las viviendas seleccionadas, a los propietarios para dar a conocer el trabajo a realizar, su importancia y el personal involucrado en el mismo.
- ◆ Para la toma de muestras:
 - Se registró el nombre del responsable de la caracterización, la dirección y el número de habitantes por vivienda seleccionada. (Ver apéndice)
 - Se realizó la entrega de 8 bolsas rojas y 8 bolsas blancas, todas etiquetadas con número de casa, día y fecha de toma de la muestra. En las bolsas blancas se depositarán específicamente los desechos del sanitario y en las rojas los demás desechos de la vivienda.
 - Posteriormente se recogieron las bolsas etiquetadas diariamente procurando que esto se efectúe siempre en el mismo horario.
- ◆ Se trasladan las bolsas con desechos al lugar en donde se hará la caracterización de dichos desechos.

Cálculo de la generación per-capita:

Para este cálculo, durante ocho días consecutivos, se procedió de la siguiente manera:

- ◆ Las bolsas recogidas fueron pesadas diariamente (W_i) durante los ocho días que duro el muestreo. Este proceso representa la cantidad de basura diaria generada en cada vivienda (W_t) (Kg./Viv./hab.). Para esto se utilizó una balanza de 0 a 5 Kg.

- ◆ Para obtener la generación per.-capita (Kg./hab./día), se dividió (para cada vivienda muestreada) el peso de las bolsas entre el número de habitantes por vivienda.
- ◆ Finalmente se calculó la generación per-capita promedio de todas las viviendas.

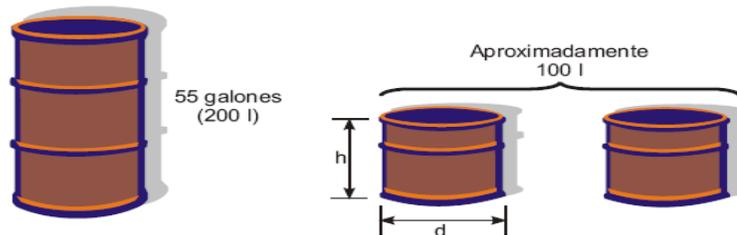
$$GPC = \frac{W_t}{N_t}$$

- ◆ Para obtener la generación total diaria se multiplicó la generación per cápita por el número de habitantes del municipio bajo estudio.

Cálculo de la densidad:

- ◆ Se pesó el recipiente vacío (W_1) y se determinó su volumen (V), de acuerdo con la figura 3.
- ◆ Se depositaron los desechos dentro del recipiente y se acomodan de tal manera que se llenen los espacios vacíos en dicho recipiente; es conveniente que el recipiente se encuentre lleno de residuos.
- ◆ Se pesó nuevamente el recipiente lleno (W_2) y por diferencia se obtuvo el peso de la basura (W).
- ◆ Finalmente se dividió el peso de la basura (W) entre el volumen del recipiente (V) para obtener la densidad de la basura.

Figura 7. Recipientes recomendados por el CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria) para caracterización de desechos



Fuente: CEPIS/OMS. **Procedimientos Estadísticos para los Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos.** Junio 2005.

$$\text{Volumen (V)} = 0.7854 \times d^2 \times h$$

$$\text{Densidad} = \text{Peso} / \text{Volumen}$$

Análisis de la composición física de los desechos:

- ◆ Se colocaron los desechos sobre una superficie plana sobre un plástico.
- ◆ Se separaron los desechos amontonados en cuatro partes (método del cuarteo) y se escogieron las dos partes opuestas para formar un nuevo montón más pequeño. Se volvió a mezclar la muestra menor y se dividió en cuatro partes nuevamente, luego se escogieron dos opuestas y se formó otra muestra más pequeña (ver figura 8). Esta operación se repitió hasta obtener una muestra de 50 kg (110 lbs.) de basura o menos.
- ◆ Se separaron los componentes del último montón y se hizo la clasificación por:

- | | |
|---------------------|----------|
| • Materia orgánica | • Vidrio |
| • Papel y cartón | • Trapos |
| • Residuos del baño | • Madera |
| • Plásticos | • Cuero |
| • Metales | • Otros |

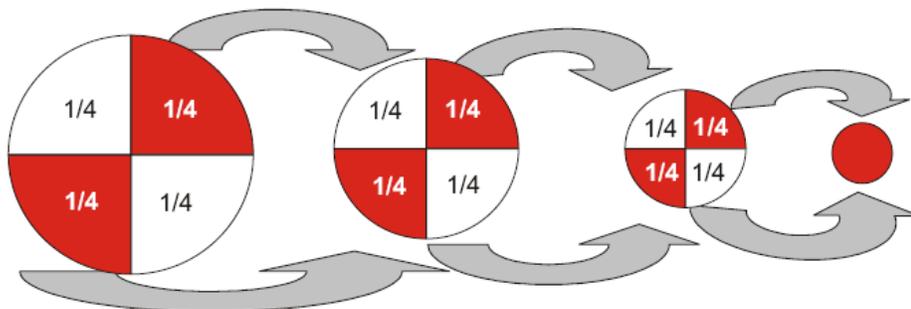
- ◆ Se pesaron los recipientes (de peso conocido) con los desechos ya clasificados y por diferencia se determinó el peso de cada uno de los componentes.
- ◆ Se calculó el porcentaje de cada componente teniendo en cuenta los datos del peso total de los residuos recolectados en un día (W_t) y el peso de cada componente (P_i):
- ◆ Se tomó el peso de cada uno de los componentes de los desechos teniendo el dato del peso total y el peso de cada componente:

$$\% = \frac{(P_i) \times 100}{W_t}$$

P_i : Peso de cada Componente en los residuos.

W_t : Peso total de los residuos recolectados en el día.

Figura 8. Método del cuarteo



Fuente: CEPIS/OMS. **Procedimientos Estadísticos para los Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos**. Junio 2005.

El procedimiento de caracterización se repite durante los ocho días de duración del muestreo en cada municipio seleccionado para tal fin. Debe realizarse de manera ágil ya que los desechos orgánicos pierden humedad y puede variar su peso durante el desarrollo de la caracterización.

Figura 9. Memoria visual del procedimiento general de caracterización de desechos sólidos



9a) Encuesta a la población bajo estudio.



9b) Recolección de muestras en las viviendas.



9c) Método del cuarteo y separación de desechos.



9d) Muestras separadas.



9e) Pesaje de los desechos.

Muestras por estratos

Para el estudio de caracterización se utilizaron los siguientes valores:

σ = 0.2 Desviación estándar

E = 0.056 Error permisible.

N = Viviendas en los municipios.

Z $_{1-\alpha}$ = 1.96 Coeficiente de confianza al 95 %.

Siquinalá: 3,340 viviendas

La Gomera: 11,854 viviendas

La Democracia: 4,588 viviendas

Santa Lucía Cotzumalguapa: 18,683 viviendas

Número de viviendas a muestrear:

Siquinalá:

$$n = \frac{(1.96^2 \times 3340 \times 0.2^2)}{(3339 \times 0.056^2) + (1.96^2 \times 0.2^2)} = \frac{513.24}{10.62} = 48 \text{ Viviendas a muestrear}$$

La Gomera:

$$n = \frac{(1.96^2 \times 11854 \times 0.2^2)}{(11853 \times 0.056^2) + (1.96^2 \times 0.2^2)} = \frac{1821.53}{37.32} = 49 \text{ Viviendas a muestrear}$$

La Democracia:

$$n = \frac{(1.96^2 \times 4588 \times 0.2^2)}{(4587 \times 0.056^2) + (1.96^2 \times 0.2^2)} = \frac{705.01}{14.57} = 48 \text{ Viviendas a muestrear}$$

Santa Lucía Cotzumalguapa:

$$n = \frac{(1.96^2 \times 18683 \times 0.2^2)}{(18682 \times 0.056^2) + (1.96^2 \times 0.2^2)} = \frac{2870.9}{58.74} = 49 \text{ Viviendas a muestrear}$$

Considerando la división del municipio por estratos, se trabaja con muestreo estratificado por asignación proporcional de la población para conocer la producción de residuos sólidos por estratos socioeconómicos. Este método asegura que cada unidad muestral (vivienda) de un municipio tenga la misma probabilidad de ser seleccionada.

Figura 10. Áreas contaminadas en las ciudades bajo estudio.



Tabla XI. Distribución muestral por estrato en el municipio de Siquinalá

Estrato	Total de Hogares	% de Hogares	Muestra proporcional	Muestra (redondeado)
Bajo	633	18.95	9.09	9
Medio Bajo	129	3.86	1.85	2
Medio	1730	51.79	24.05	24
Medio Alto	931	27.87	13.38	13
Alto	0	0	0	0
Total	3,340	100	48.37	48

Fuente: Elaboración propia.

Tabla XII. Distribución muestral por estrato en el municipio de La Gomera

Estrato	Total de Hogares	% de Hogares	Muestra proporcional	Muestra (redondeado)
Bajo	2289	19.31	9.51	10
Medio Bajo	286	2.41	1.18	1
Medio	6031	50.88	24.93	25
Medio Alto	3247	27.39	13.42	13
Alto	0	0	0	0
Total	11,854	100	48.99	49

Fuente: Elaboración propia.

Tabla XIII. Distribución muestral por estrato en el municipio de La Democracia

Estrato	Total de Hogares	% de Hogares	Muestra proporcional	Muestra (redondeado)
Bajo	419	9.13	4.38	4
Medio Bajo	206	4.49	2.16	2
Medio	2377	51.81	24.86	25
Medio Alto	1585	34.55	16.58	17
Alto	0	0	0	0
Total	4,588	100	47.98	48

Fuente: Elaboración propia.

Tabla XIV. Distribución muestral por estrato en el municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa

Estrato	Total de Hogares	% de Hogares	Muestra proporcional	Muestra (redondeado)
Bajo	1374	7.35	3.60	4
Medio Bajo	1346	7.20	3.52	4
Medio	7981	42.72	20.93	21
Medio Alto	4789	25.63	12.46	12
Alto	3192	17.08	8.37	8
Total	18,683	100	48.88	49

Fuente: Elaboración propia.

Resultados

Las tablas con los resultados de las tabulaciones realizadas en los diferentes municipios se presentan al final del documento (ver apéndice).

Generación per-capita por municipio

El cálculo de la generación de desechos sólidos per-capita, por municipio, se realizó tomando en cuenta los datos de la recolección y pesaje de cada bolsa con desechos por vivienda analizada.

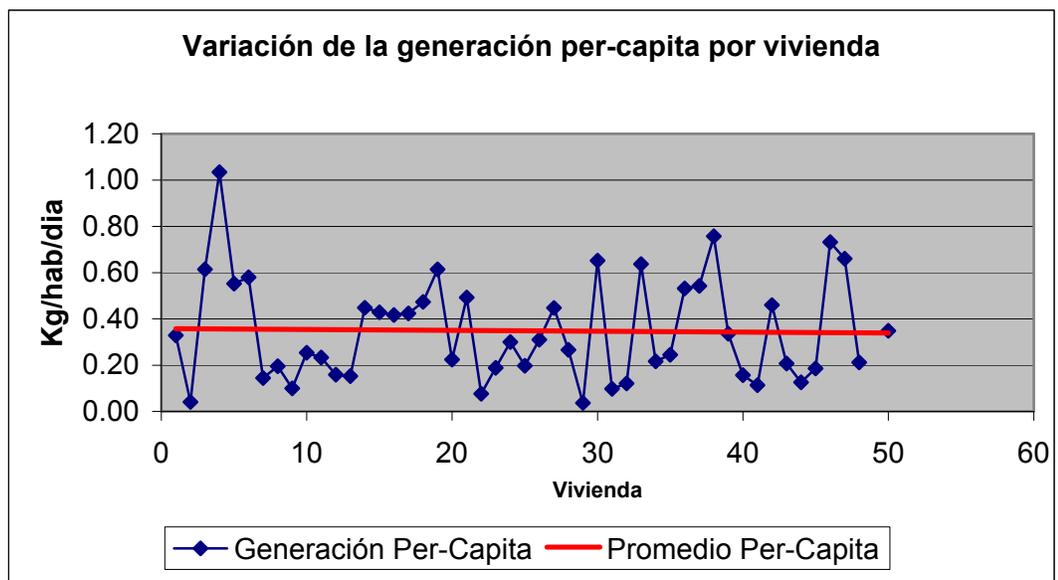
Los resultados parciales de la recolección fueron promediados entre los días que duró la recolección y luego divididos entre la cantidad de viviendas que fueron sujetas a muestra. A continuación (tablas XIV, XV, XVI, XVII) se presentan los resultados del cálculo para obtener el peso per cápita basándose, los mismos, en los datos anteriores para cada municipio analizado.

$$PPC = W_t / N_t$$

Tabla XV. Generación Per-Capita del municipio de Siquinalá

Vivienda	PPC				
1	0.33				
2	0.04				
3	0.61				
4	1.03				
5	0.55				
6	0.58				
7	0.14				
8	0.20				
9	0.10				
10	0.25				
11	0.23				
12	0.16				
13	0.15				
14	0.45				
15	0.43				
16	0.42				
17	0.42				
		18	0.47		
		19	0.61		
		20	0.22		
		21	0.49		
		22	0.08		
		23	0.19		
		24	0.30		
		25	0.20		
		26	0.31		
		27	0.45		
		28	0.27		
		29	0.04		
		30	0.65		
		31	0.10		
		32	0.12		
		33	0.64		
		34	0.22		
		35	0.24		
				36	0.53
				37	0.54
				38	0.76
				39	0.34
				40	0.16
				41	0.11
				42	0.46
				43	0.21
				44	0.13
				45	0.19
				46	0.73
				47	0.66
				48	0.21
				Promedio	
				0.35	

Figura 11. Variación de la generación per-capita por vivienda en Siquinalá

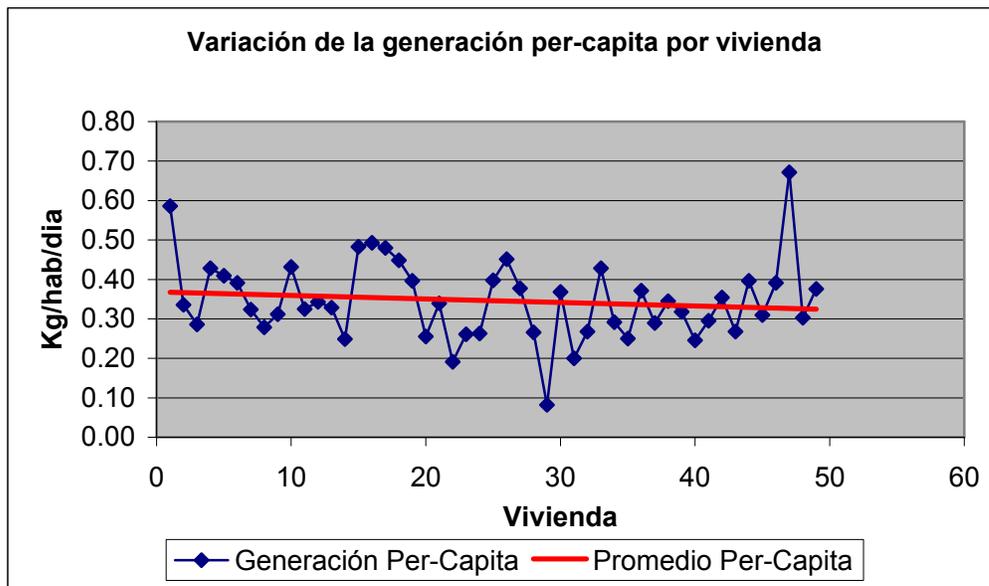


Fuente: Elaboración propia.

Tabla XVI. Generación Per-Capita del municipio de La Gomera

Vivienda	PPC	18	0.45	36	0.37
1	0.59	19	0.40	37	0.29
2	0.34	20	0.26	38	0.35
3	0.29	21	0.34	39	0.32
4	0.43	22	0.19	40	0.25
5	0.41	23	0.26	41	0.30
6	0.39	24	0.26	42	0.35
7	0.32	25	0.40	43	0.27
8	0.28	26	0.45	44	0.40
9	0.31	27	0.38	45	0.31
10	0.43	28	0.27	46	0.39
11	0.33	29	0.08	47	0.67
12	0.34	30	0.37	48	0.30
13	0.33	31	0.20	49	0.38
14	0.25	32	0.27	Promedio	
15	0.48	33	0.43	0.35	
16	0.49	34	0.29		
17	0.48	35	0.25		

Figura 12. Variación de la generación per-capita por vivienda en La Gomera

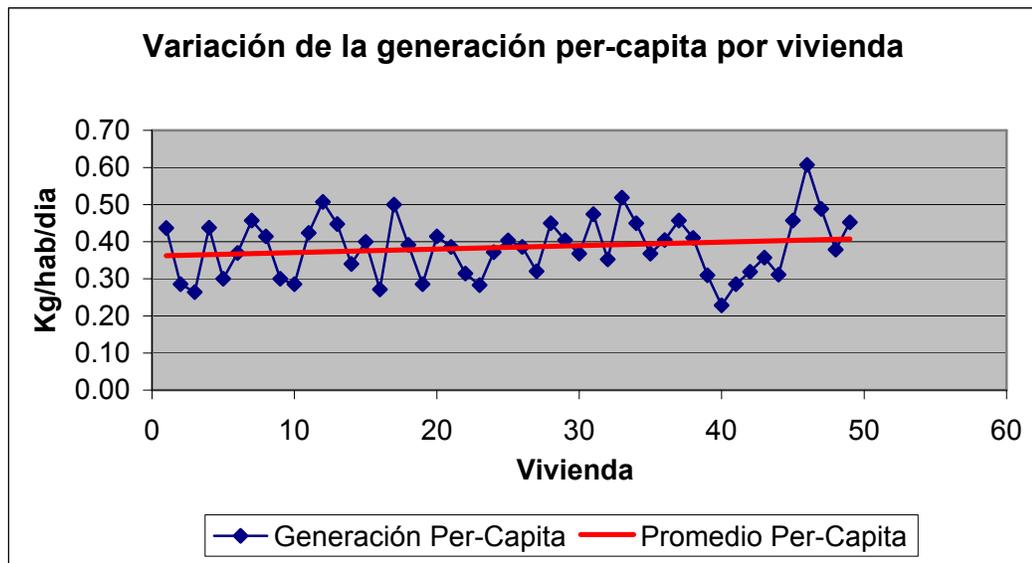


Fuente: Elaboración propia.

Tabla XVII. Generación Per-Capita del municipio de La Democracia

Vivienda	PPC	18	0.41	36	0.26
1	0.26	19	0.36	37	0.24
2	0.29	20	0.65	38	0.26
3	0.31	21	0.27	39	0.21
4	0.34	22	0.24	40	0.33
5	0.39	23	0.53	41	0.38
6	0.28	24	0.20	42	0.28
7	0.26	25	0.35	43	0.33
8	0.32	26	0.36	44	0.31
9	0.35	27	0.39	45	0.26
10	0.37	28	0.32	46	0.33
11	0.37	29	0.35	47	0.32
12	0.62	30	0.39	48	0.39
13	0.32	31	0.39	Promedio	
14	0.31	32	0.23	0.34	
15	0.41	33	0.33		
16	0.30	34	0.30		
17	0.28	35	0.45		

Figura 13. Variación de la generación per-capita por vivienda en La Democracia

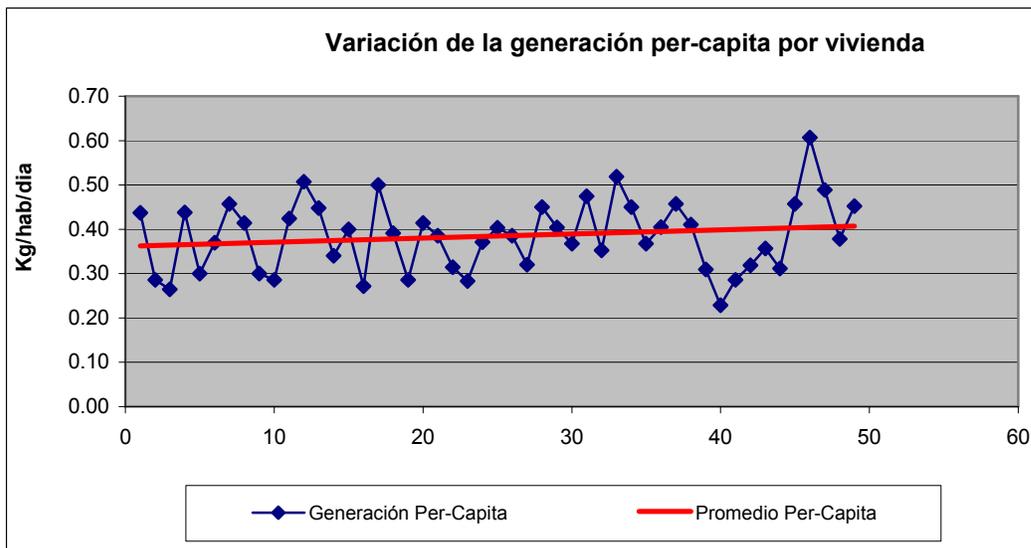


Fuente: Elaboración propia.

Tabla XVIII. Generación Per-Capita del municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa

Vivienda	PPC				
1	0.44	18	0.39	36	0.40
2	0.29	19	0.29	37	0.46
3	0.26	20	0.41	38	0.41
4	0.44	21	0.39	39	0.31
5	0.30	22	0.31	40	0.23
6	0.37	23	0.28	41	0.29
7	0.46	24	0.37	42	0.32
8	0.41	25	0.40	43	0.36
9	0.30	26	0.39	44	0.31
10	0.29	27	0.32	45	0.46
11	0.42	28	0.45	46	0.61
12	0.51	29	0.40	47	0.49
13	0.45	30	0.37	48	0.38
14	0.34	31	0.47	49	0.45
15	0.40	32	0.35	Promedio	
16	0.27	33	0.52	0.38	
17	0.50	34	0.45		
		35	0.37		

Figura 14. Variación de la generación per-capita por vivienda en Santa Lucía Cotzumalguapa

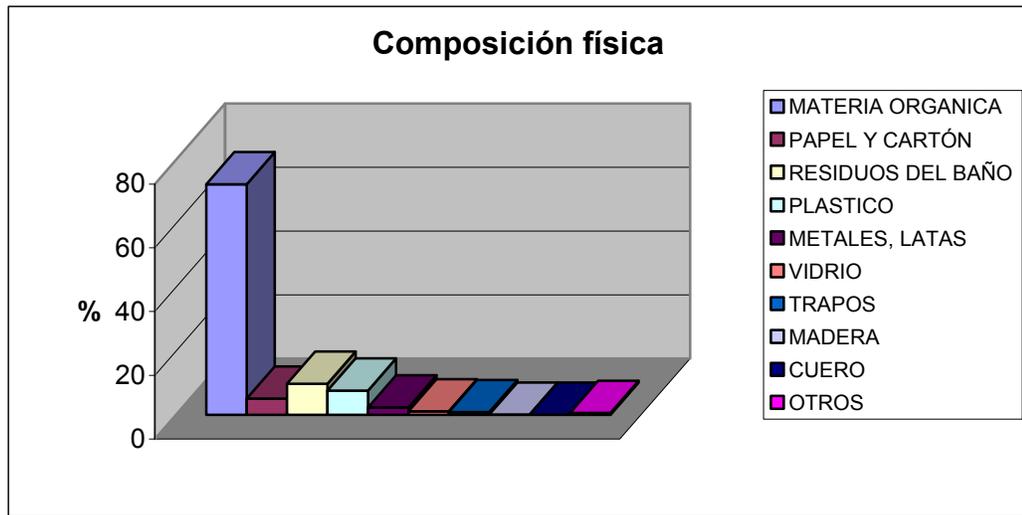


Fuente: Elaboración propia.

Análisis de la composición de los residuos sólidos

El porcentaje de los residuos sólidos domiciliarios generados durante siete días en los cuatro municipios, clasificados por productos es el siguiente:

Figura 15. Composición física de los desechos sólidos del municipio de Siquinalá



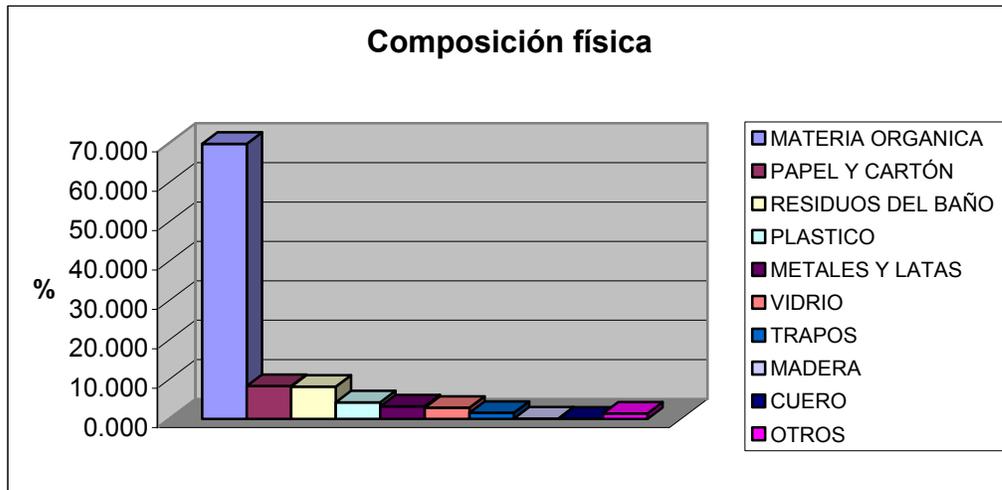
Fuente: Elaboración propia.

Tabla XIX. Composición física de los desechos sólidos del municipio de Siquinalá

Producto	%
Materia Orgánica	72.379
Papel Y Cartón	5.121
Residuos Del Baño	9.770
Plástico	7.646
Metales Y Latas	2.369
Vidrio	1.133
Tapos	0.887
Madera	0.090
Cuero	0.045
Otros	0.598

Fuente: Elaboración propia.

Figura 16. Composición física de los desechos sólidos del municipio de La Gomera



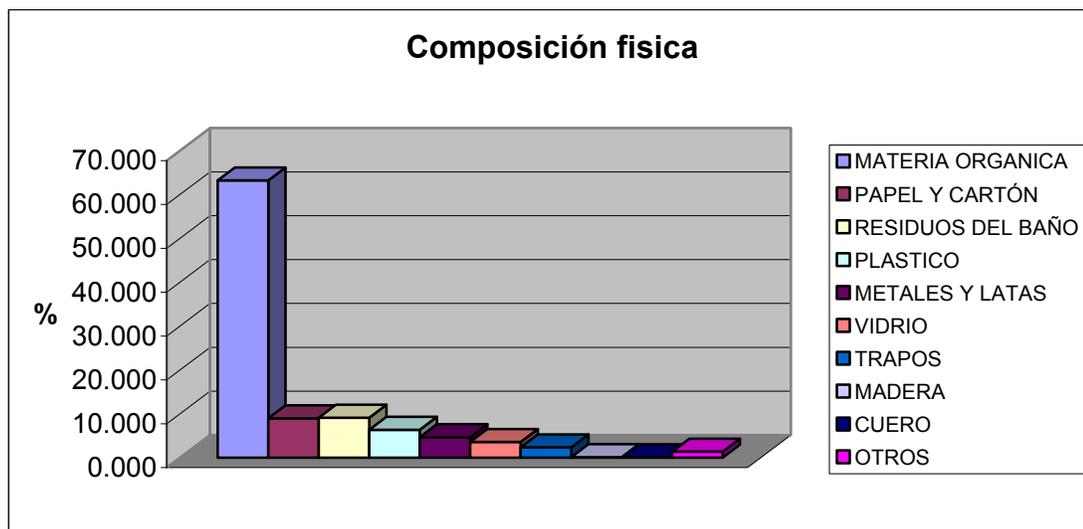
Fuente: Elaboración propia.

Tabla XX. Composición física de los desechos sólidos del municipio de La Gomera

Producto	%
Materia Orgánica	69.853
Papel Y Cartón	8.389
Residuos Del Baño	8.236
Plástico	4.259
Metales Y Latas	3.236
Vidrio	2.871
Trapos	1.563
Madera	0.098
Cuero	0.088
Otros	1.401

Fuente: Elaboración propia.

Figura 17. Composición física de los desechos sólidos del municipio de La Democracia



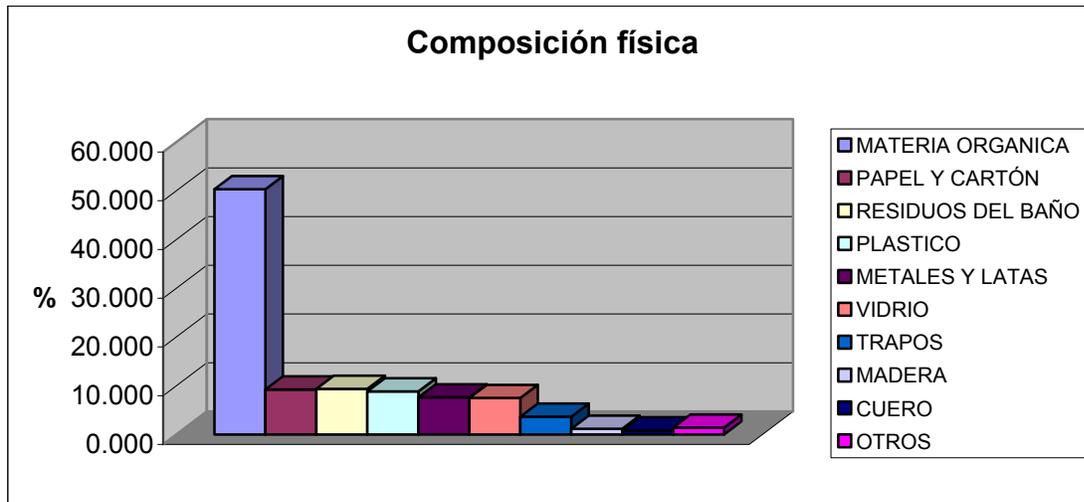
Fuente: Elaboración propia.

Tabla XXI. Composición física de los desechos sólidos del municipio de La Democracia

Producto	%
Materia Orgánica	63.258
Papel Y Cartón	8.976
Residuos Del Baño	9.123
Plástico	6.389
Metales Y Latas	4.699
Vidrio	3.589
Trapos	2.365
Madera	0.123
Cuero	0.073
Otros	1.407

Fuente: Elaboración propia.

Figura 18. Composición física de los desechos sólidos del municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa



Fuente: Elaboración propia.

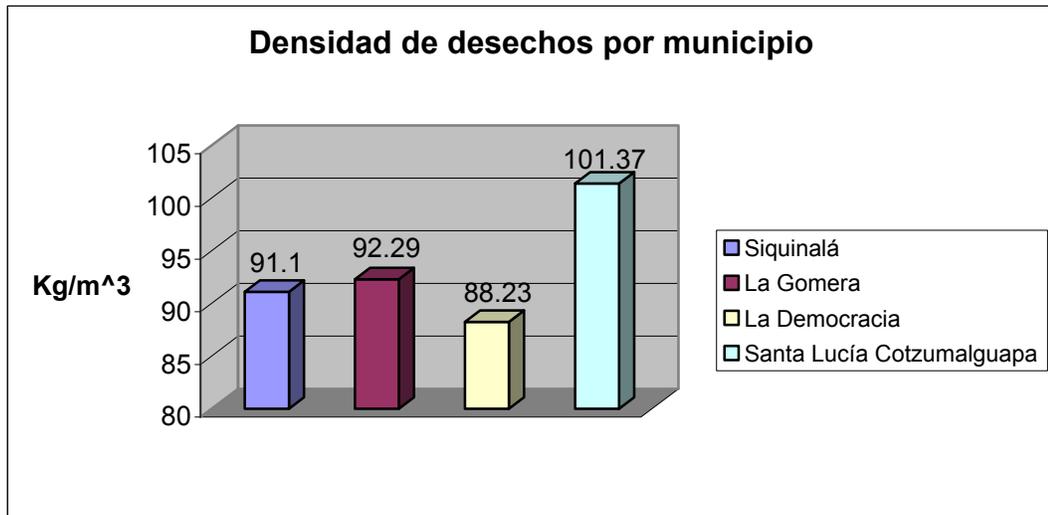
Tabla XXII. Composición física de los desechos sólidos del municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa

Producto	%
Materia Orgánica	50.365
Papel Y Cartón	9.236
Residuos Del Baño	9.368
Plástico	8.862
Metales Y Latas	7.632
Vidrio	7.499
Trapos	3.652
Madera	1.156
Cuero	0.823
Otros	1.407

Fuente: Elaboración propia.

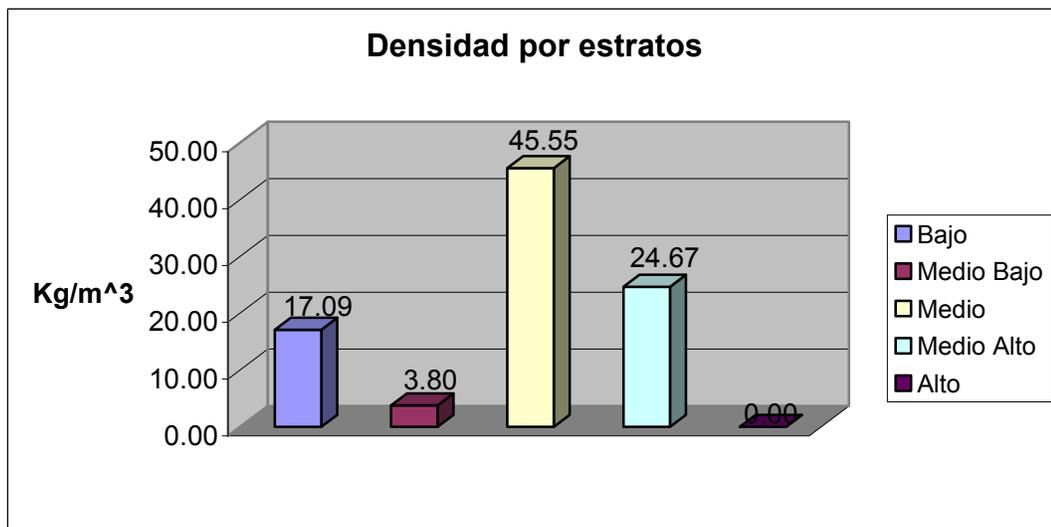
Es importante conocer estos porcentajes ya que esto permite determinar de manera inmediata las alternativas de solución para el manejo y disposición final de estos residuos.

Figura 19. Densidad de los desechos sólidos por municipio



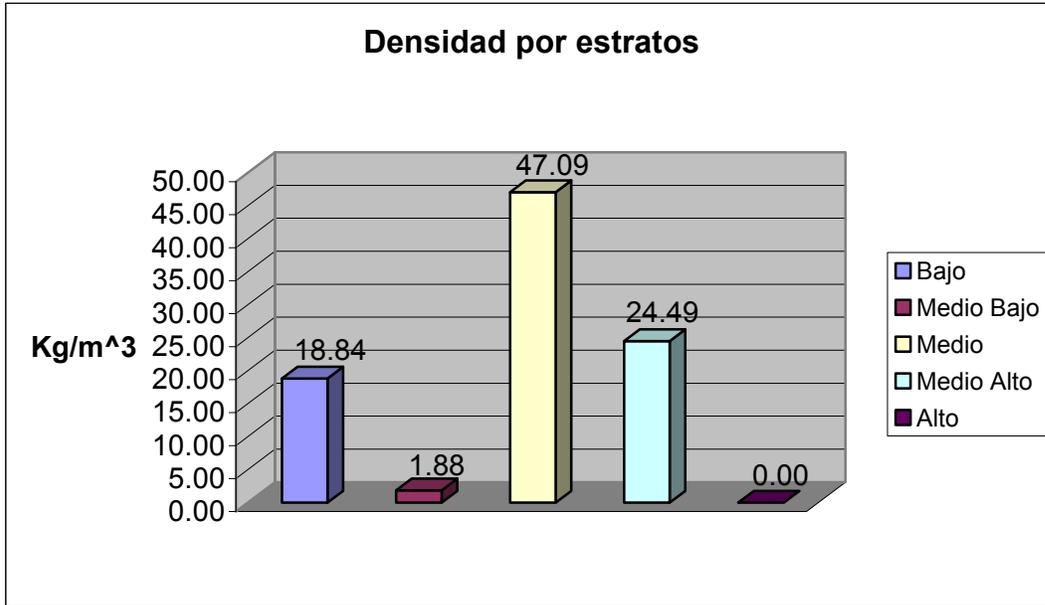
Fuente: Elaboración propia.

Figura 20. Densidad por estrato socio-económico Siquinalá



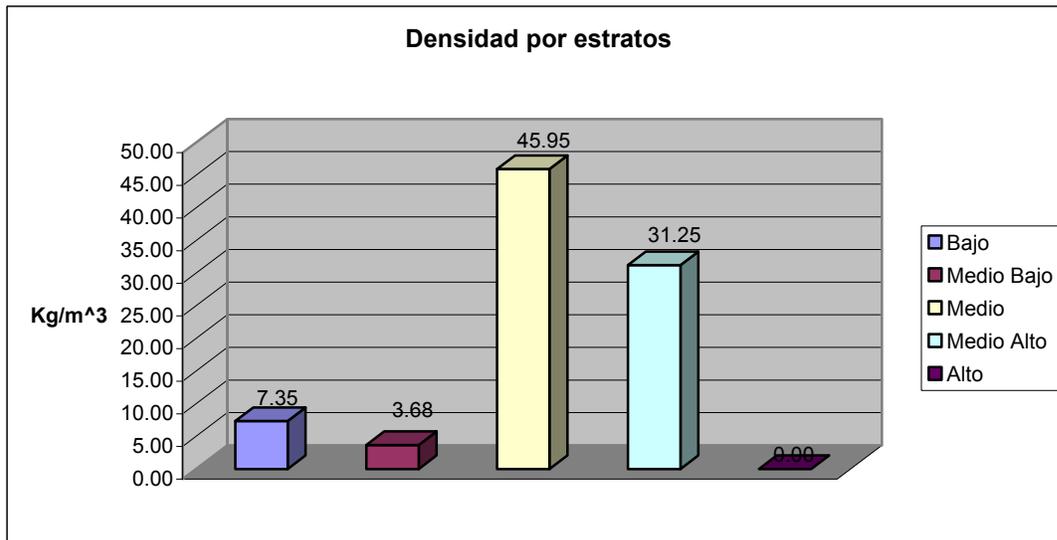
Fuente: Elaboración propia.

Figura 21. Densidad estrato socio-económico La Gomera



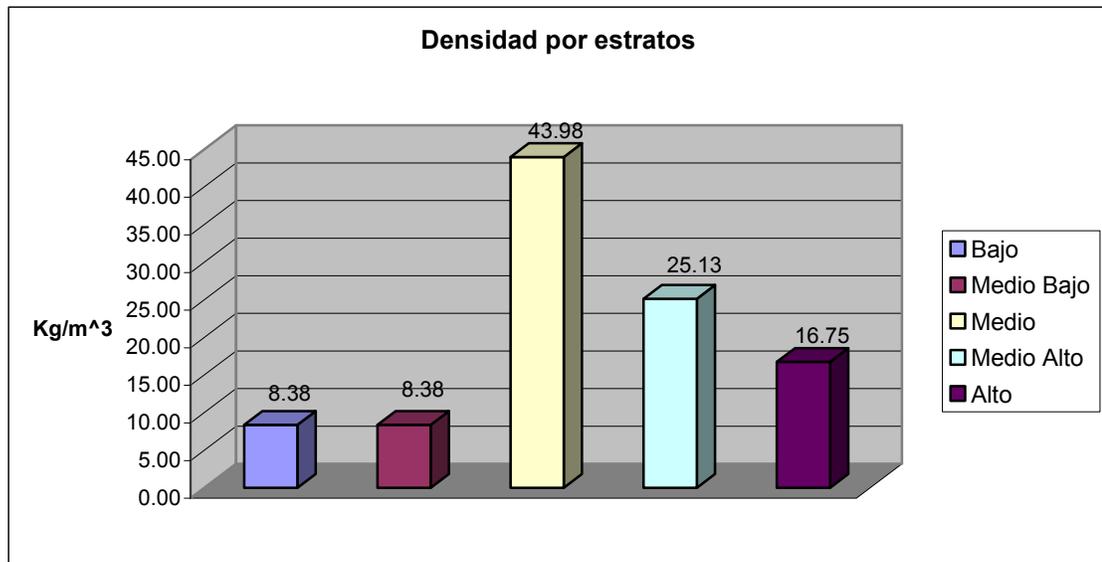
Fuente: Elaboración propia.

Figura 22. Densidad por estrato socio-económico La Democracia



Fuente: Elaboración propia.

Figura 23. Densidad por estrato socio-económico Santa Lucía Cotzumalguapa



Fuente: Elaboración propia.

Para lograr determinar los distintos estratos socio-económicos se tomaron en cuenta las siguientes variables:

- Variables relacionadas con la vivienda: se refieren a las características de la vivienda en cuanto al tipo de vivienda, material del techo, material de las paredes exteriores, material del piso, instalaciones de la vivienda y número de hogares residentes en la misma.
- Equipamiento del hogar: se hace referencia al equipamiento del hogar con relación a electrodomésticos en la cocina, equipo en general, vehículos y equipo electrónico para uso personal y de esparcimiento.

Con los datos anteriores se realizó una clasificación de acuerdo a la inspección y se distribuyó la muestra en las distintas etapas de clasificación.

4. TABULACIÓN, GRÁFICAS, PROYECCIONES Y CLASIFICACIONES DE LA INFORMACIÓN RECABADA

4.1 Proyección de la densidad poblacional para 10 años.

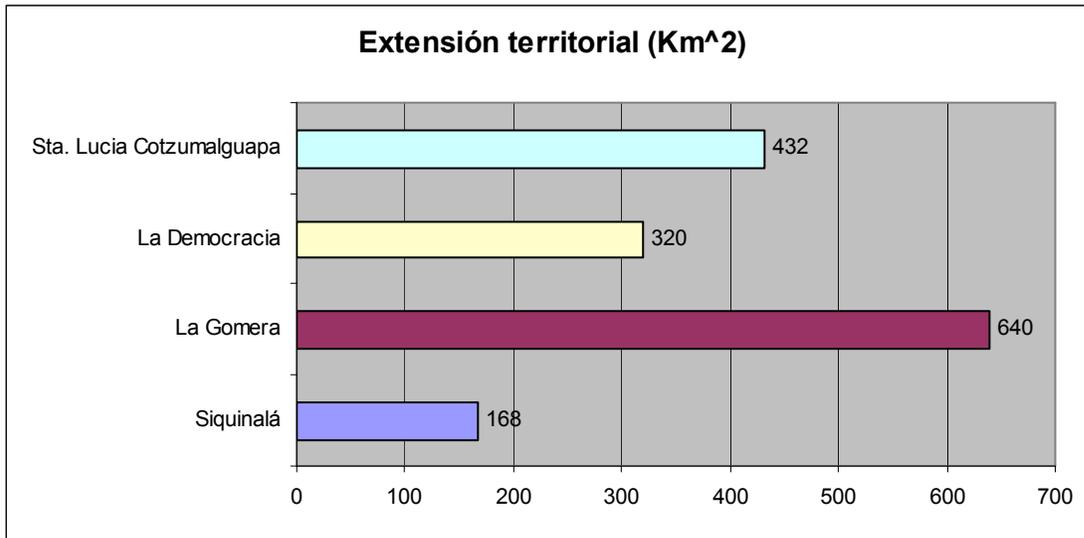
El crecimiento de los pueblos en materia económica y social trae como consecuencia las migraciones internas entre los municipios y departamentos del país. El resultado de estas migraciones combinado con la tasa de natalidad de las localidades genera un aumento en la población. A continuación se analizarán gráficamente el crecimiento de estas poblaciones y los cambios en la densidad poblacional que los municipios sufren para los próximos 10 años.

Para cada municipio debe conocerse la población actual, la extensión territorial, la tasa de crecimiento de población (generalmente ésta se expresa a nivel departamental, pero puede conocerse si se tienen datos estadísticos de años anteriores) y un número (n) que representa el número de años a realizarse la proyección. Las expresiones matemáticas a utilizar son las siguientes:

$$P_x = P_0 (r+1)^n \qquad \rho = P_x / \text{Extensión Territorial}$$

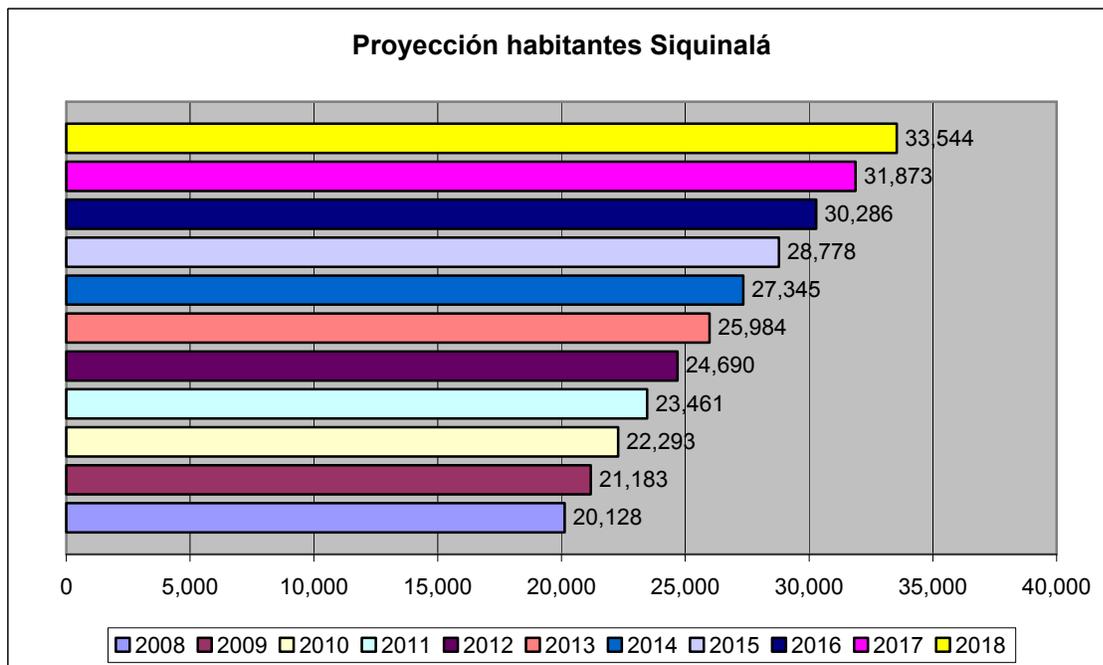
El número de habitantes y la extensión territorial (considerada constante en este estudio) son datos utilizados para el cálculo de la densidad poblacional, por ello a continuación se presentan las proyecciones de habitantes para cada municipio (gráficas 24, 25, 26, 27 y 28) y posteriormente las proyecciones hacia el año 2018 en la densidades de población de los mismo (gráficas 29, 30, 31 y 32).

Figura 24. Extensión territorial de los municipios bajo estudio



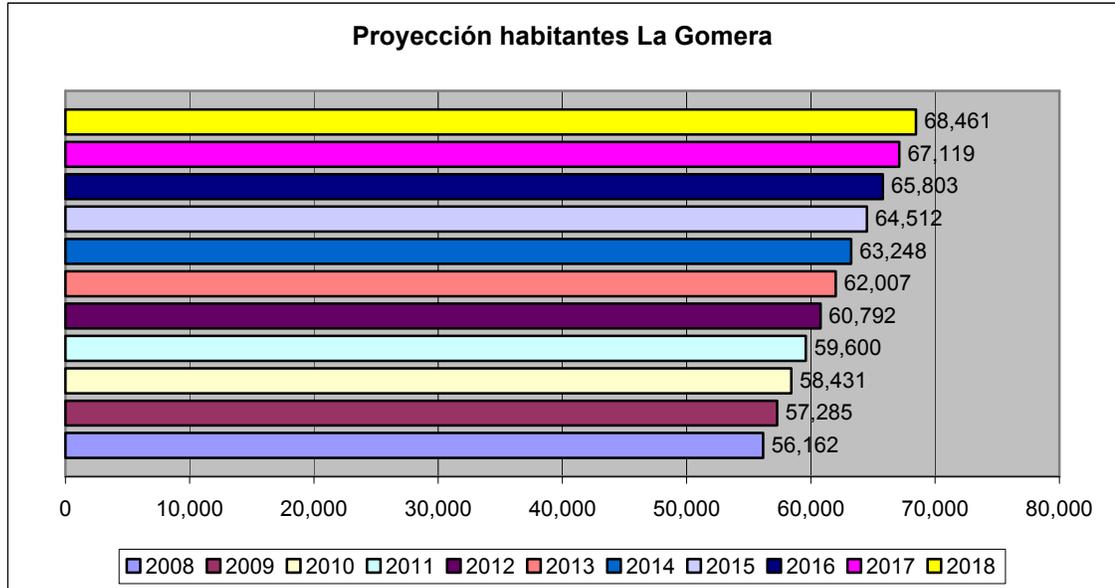
Fuente: Elaboración propia.

Figura 25. Habitantes en Siquinalá hacia el año 2018



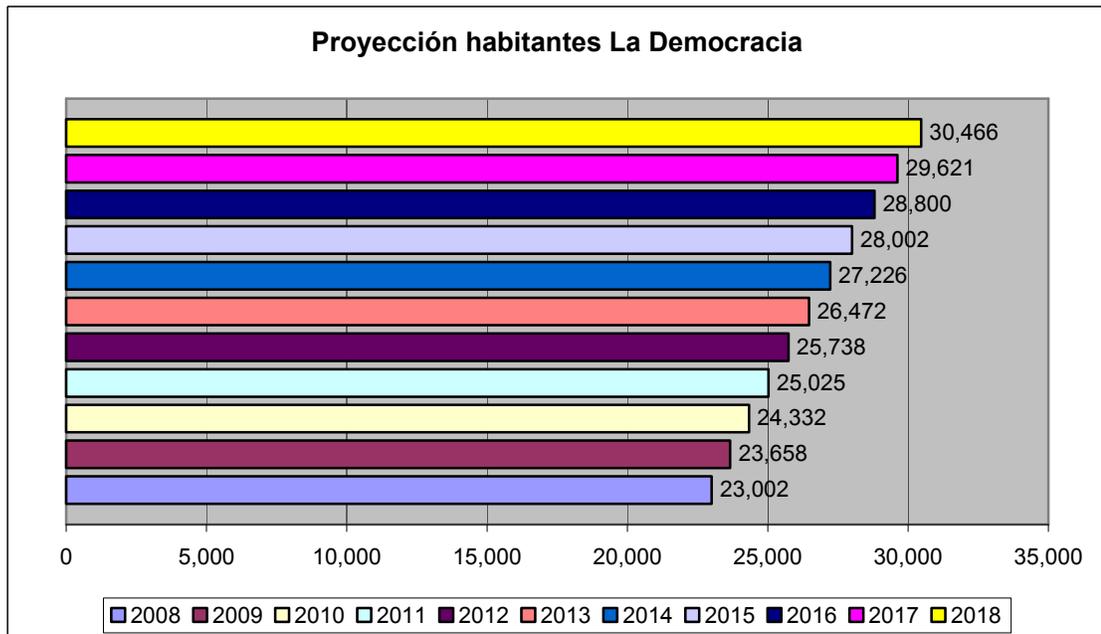
Fuente: Elaboración propia.

Figura 26. Habitantes en La Gomera hacia el año 2018



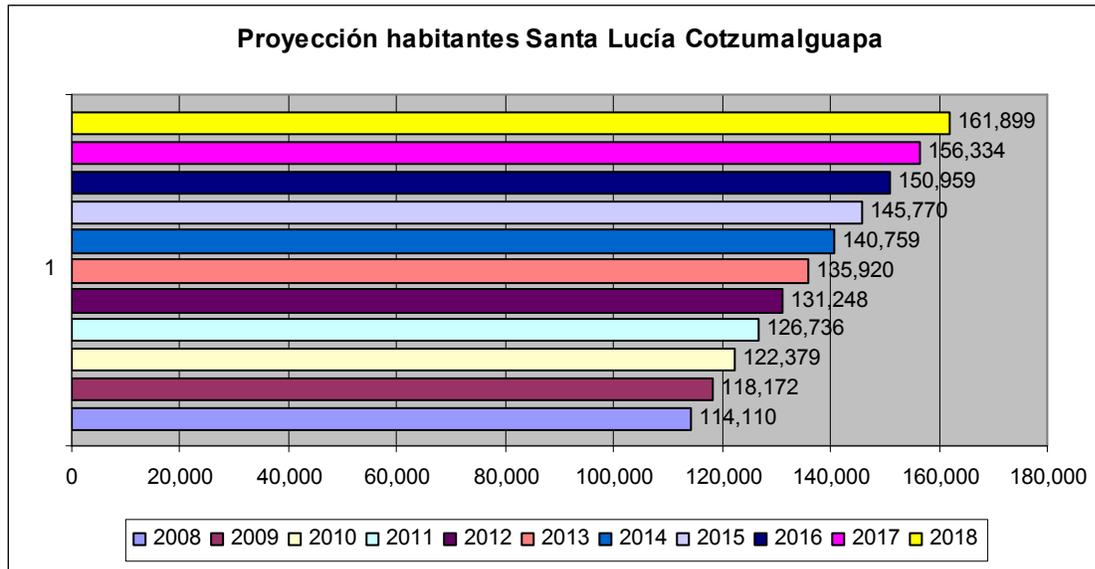
Fuente: Elaboración propia.

Figura 27. Habitantes en La Democracia hacia el año 2018



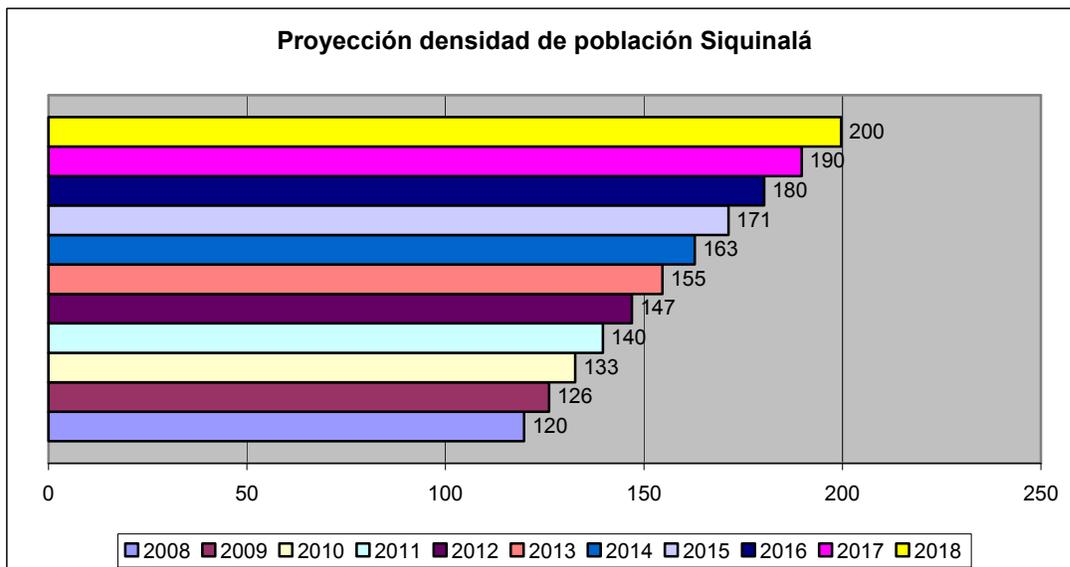
Fuente: Elaboración propia.

Figura 28. Habitantes en Santa Lucía Cotzumalguapa hacia el año 2018



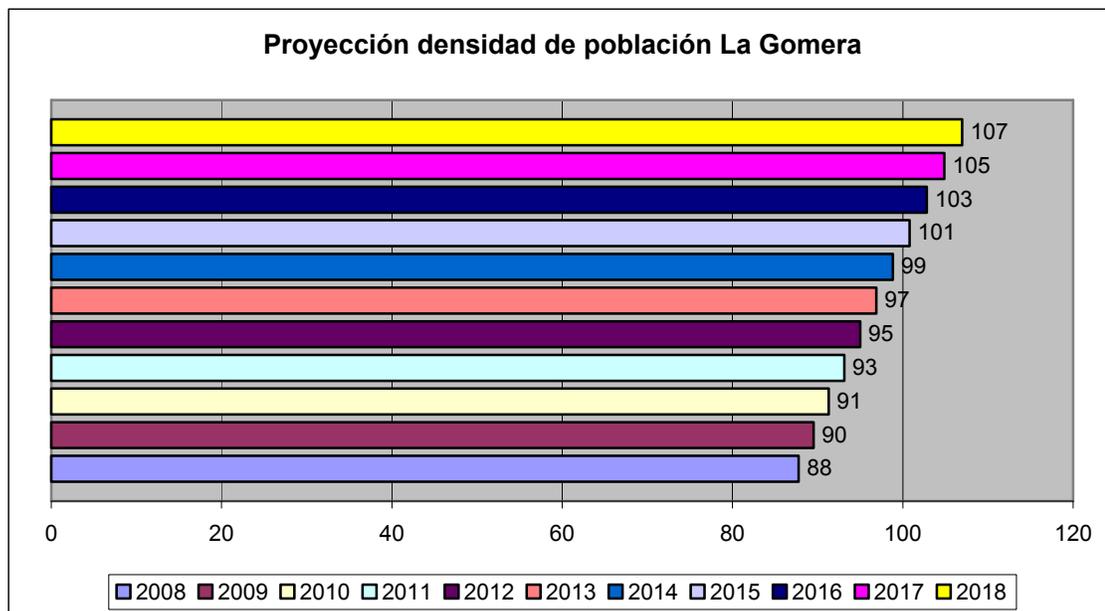
Fuente: Elaboración propia.

Figura 29. Densidad de población en Siquinalá hacia el año 2018



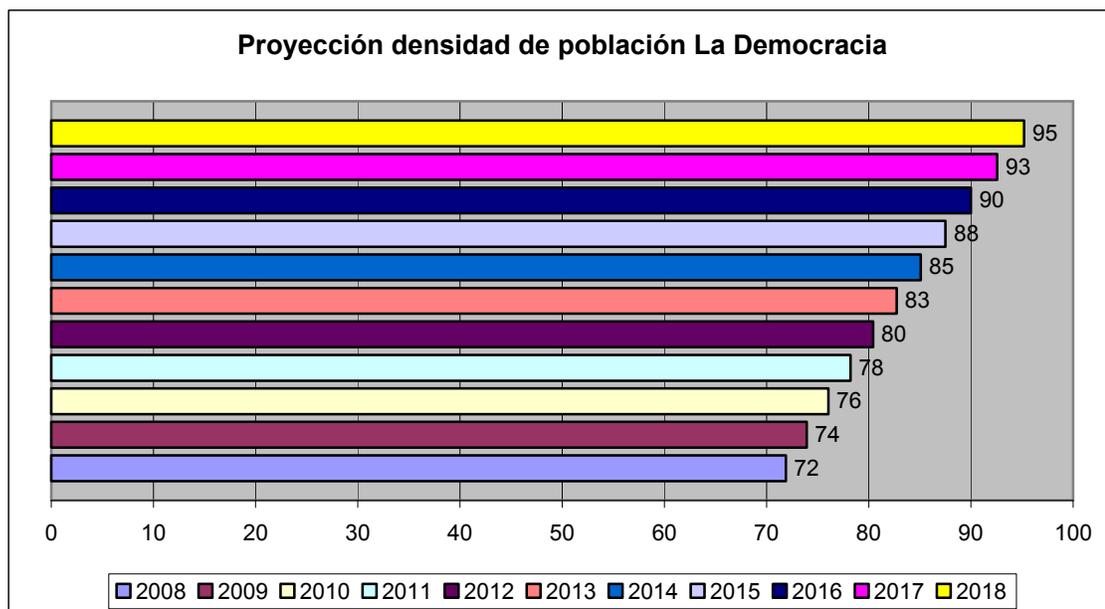
Fuente: Elaboración propia.

Figura 30. Densidad de población en La Gomera hacia el año 2018



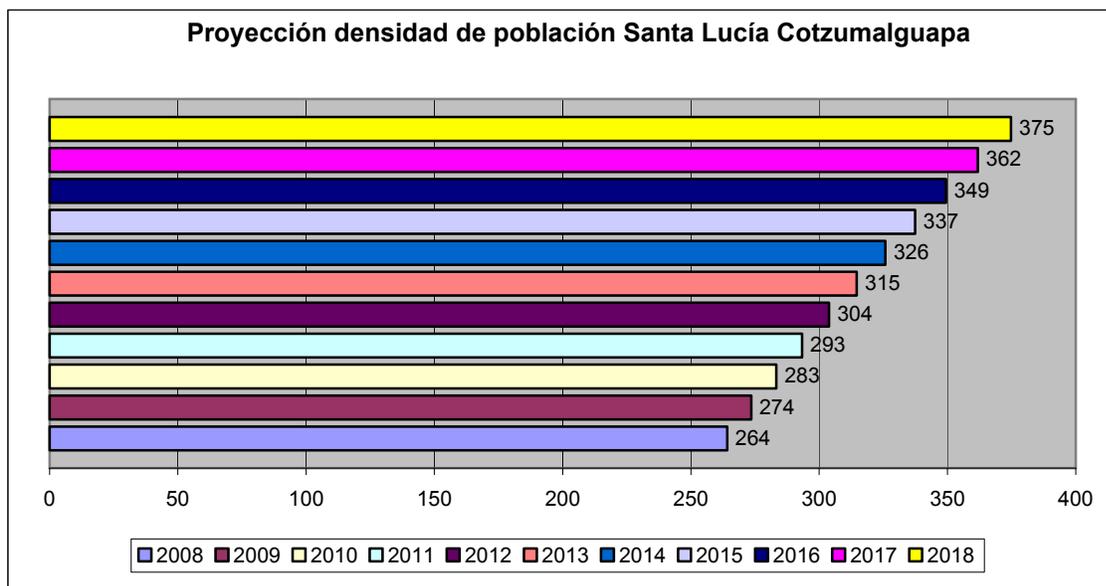
Fuente: Elaboración propia.

Figura 31. Densidad de población en La Democracia hacia el año 2018



Fuente: Elaboración propia.

Figura 32. Densidad de población en Santa Lucía Cotzumalguapa hacia el año 2018

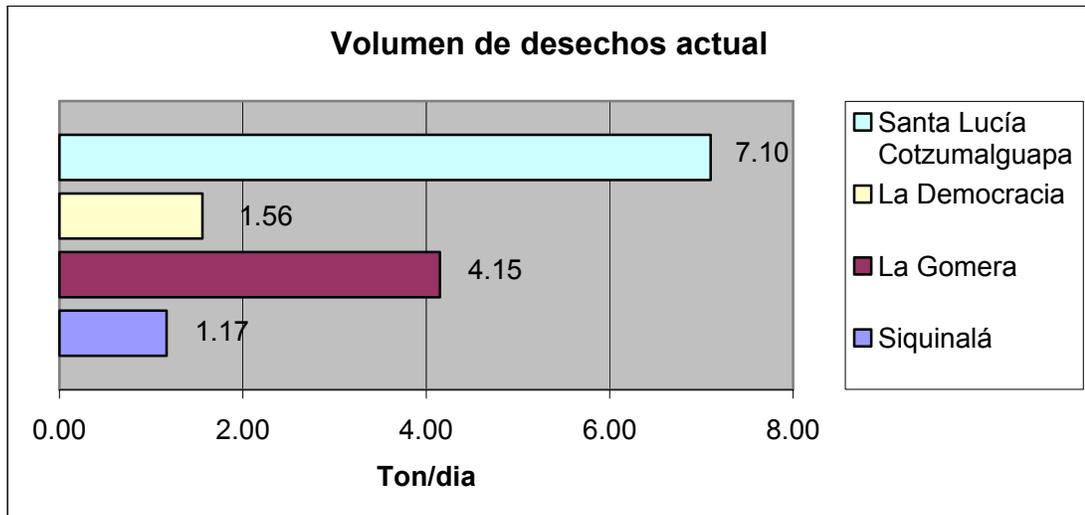


Fuente: Elaboración propia.

4.2 Proyección de los volúmenes de residuos sólidos para 10 años.

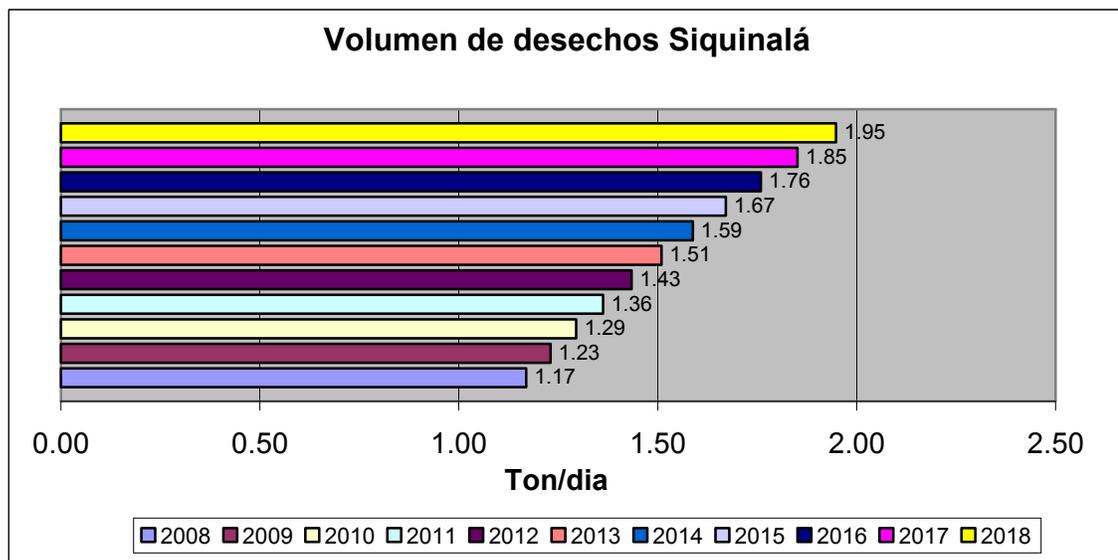
El comportamiento del volumen de los desechos variará conforme el aumento de las poblaciones y el nivel de desarrollo de los municipios. En los casos donde se analicen los volúmenes en función de los estratos socio-económicos se podrá observar un comportamiento irregular en las densidades, principalmente porque la generación de residuos sólidos y sus distintos componentes están sujetos al poder adquisitivo de los habitantes. Es decir, en los estratos bajo y medio bajo la materia orgánica será el principal desecho y en menores cantidades los demás productos (metales, plásticos, vidrios, etc.), mientras que en los estratos medio, medio alto y alto la generación de desechos orgánicos disminuye considerablemente (aunque no del todo) y los materiales no orgánicos aumentan de manera significativa (ver gráficas 33 a 37).

Figura 33. Volúmenes generados actualmente en los municipios bajo estudio



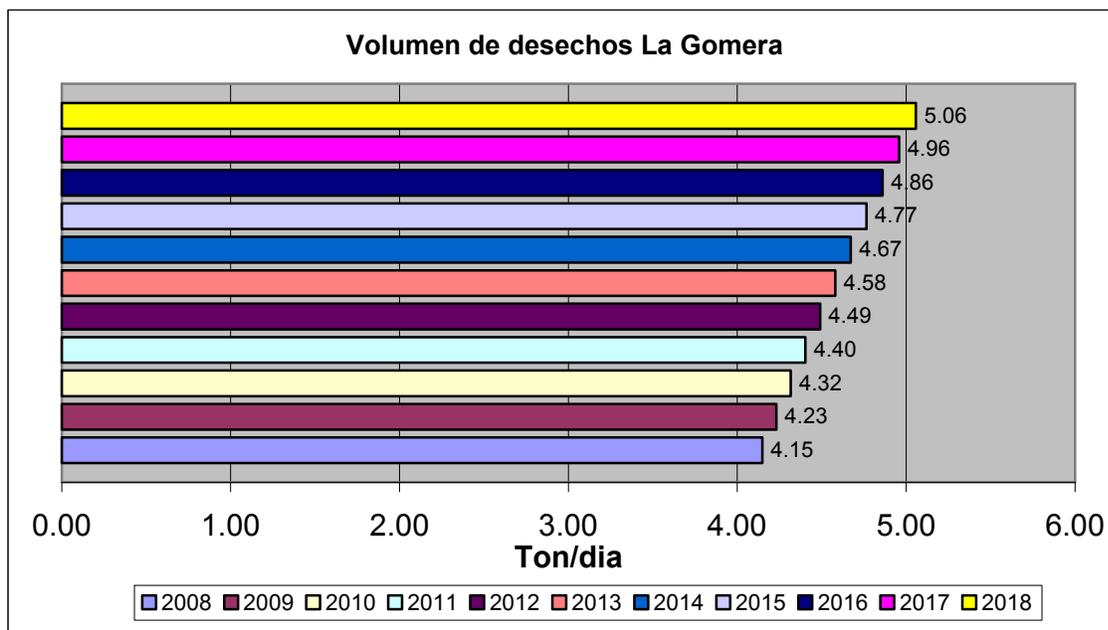
Fuente: Elaboración propia.

Figura 34. Proyección de volúmenes en Siquinalá hacia el año 2018



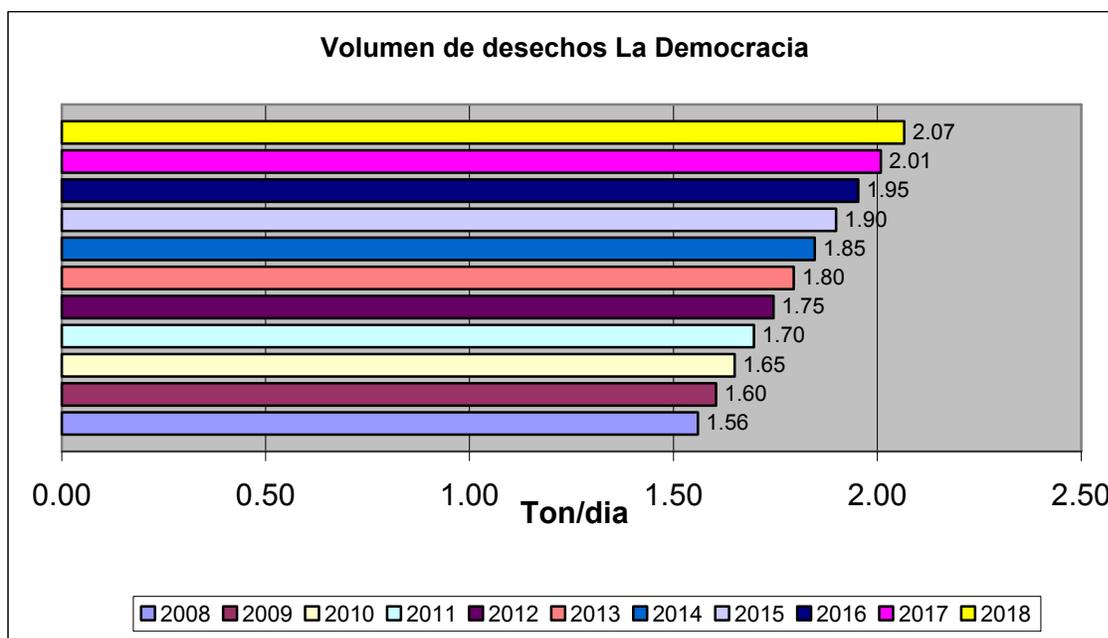
Fuente: Elaboración propia.

Figura 35. Proyección de volúmenes en La Gomera hacia el año 2018



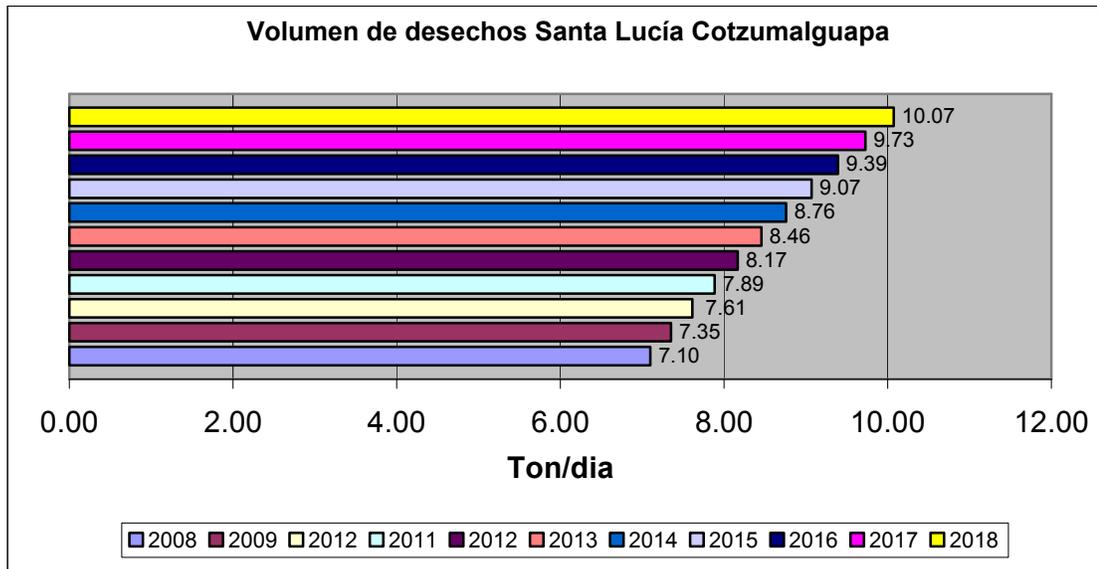
Fuente: Elaboración propia.

Figura 36. Proyección de volúmenes en La Democracia hacia el año 2018



Fuente: Elaboración propia.

Figura 37. Proyección de volúmenes en Santa Lucía Cotzumalguapa hacia el año 2018



Fuente: Elaboración propia.

El comportamiento de las poblaciones en constante crecimiento, la demanda de productos para el consumo y la falta de una cultura de reciclaje trae como consecuencia un crecimiento de la producción diaria de desechos sólidos, tan acelerado como el de la misma población, contrastando fuertemente con el débil desenvolvimiento de las herramientas de control ambiental que actualmente no son suficientes ni eficientes. Los volúmenes de desechos sólidos producidos en las viviendas de los municipios analizados tienden a un crecimiento proporcional al crecimiento de sus poblaciones.

4.3 Determinación de las áreas contaminadas.

El muestreo realizado en los diferentes municipios abarcó en varios casos la toma de muestras en localidades rurales, alejadas de los caminos y rutas principales, la tendencia en las comunidades rurales (ubicadas en los estratos bajo y muy bajo) es lanzar los desechos en botaderos vecinales o a cielo

abierto, ya que en ningún momento están sujetas a un control por parte de las autoridades municipales, son fuente de contaminación ambiental y foco de enfermedades infecto-contagiosas. Generalmente en estas áreas donde se dispersan los desechos sólidos es común encontrar aguas estancadas, malos olores (causada por la descomposición bioquímica de la materia orgánica), insectos, roedores y animales carroñeros. A continuación (tablas XXIII, XXIV, XXV, XXVI) se identifican las áreas de mayor concentración de desechos sólidos que no tienen un debido control ni están autorizadas por las autoridades respectivas.

Tabla XXIII. Áreas pobladas contaminadas del municipio de Siquinalá

Lugar poblado	Problema
Aldea: El Nispero, Santa Isabel. Caserio: El Baldío, Guachipilin, El Capulin, La Cuchilla	Botaderos clandestinos Queman desechos
Finca: El Peñon, El Paraíso, El Coco, Santa Marina, El Carmen	Queman desechos Entierran desechos

Fuente: Elaboración propia.

Tabla XXIV. Áreas pobladas contaminadas del municipio de La Gomera

Lugar poblado	Problema
Aldea: El Terrero, Sipacate, Texcuaco, Los Albires, El Refugio, Carolina	Botaderos clandestinos
Caserio: El Chirizo, La Laguna, El Naranja, Paraíso, Isladero, Patricia	Queman desechos Entierran desechos

Fuente: Elaboración propia.

Tabla XXV. Áreas pobladas contaminadas del municipio de La Democracia

Lugar poblado	Problema
Aldea: El Pilar, Las Delicias. Caserio: El Milagro, El Arenal, La Toma	Botaderos clandestinos
Finca: Amaite, El Pilar, San Víctor, El Ojo de Agua, Colonia La Unión	Queman desechos Entierran desechos

Fuente: Elaboración propia.

Tabla XXVI. Áreas pobladas contaminadas del municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa

Lugar poblado	Problema
Fincas: Asunción, Oviedo, El Baúl, El Naranja, Velasquitos I, Tierralinda, Jabalí I, El Cajón	Queman desechos Entierran desechos
Caserios: Betania, El Rosario, Amatillo, El Brillante, San Luis, San Pedrito, San Judas, Las Flores, Pantaleoncito	Botaderos clandestinos Entierran desechos

Fuente: Elaboración propia.

4.3.1 Clasificación de los residuos sólidos que se acumulan en el área

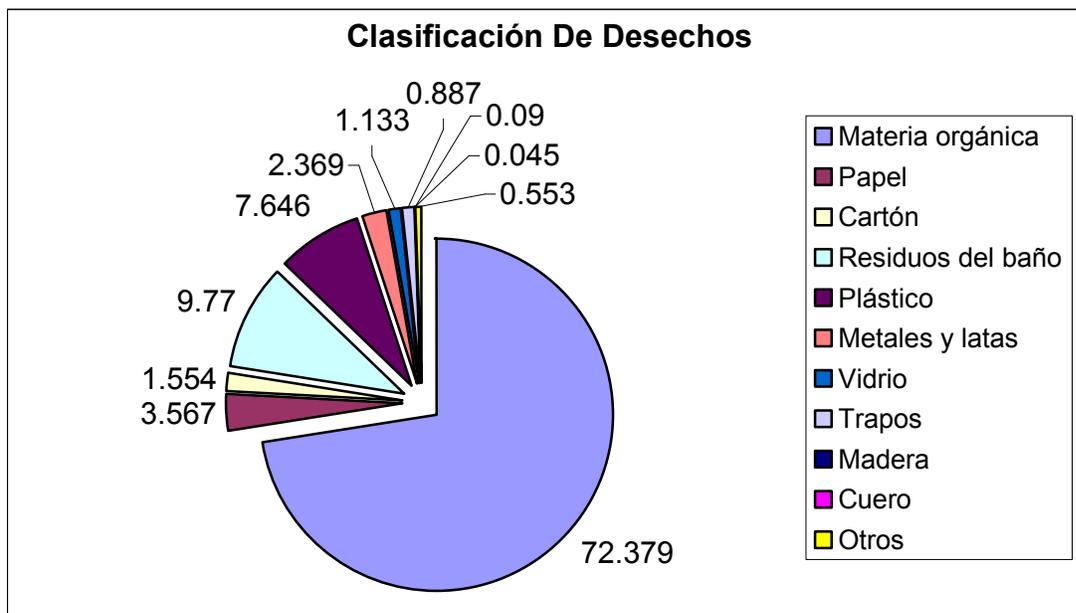
Generalmente en las áreas donde se hallan botaderos clandestinos se pueden encontrar todo tipo de desechos sólidos. Primordialmente la materia orgánica es la que predomina en los botaderos clandestinos, seguidamente por los plásticos, metales y materiales varios, como tela, cuero, etc. (tabla XXVII y gráfica 38)

Tabla XXVII. Residuos sólidos acumulados en botaderos clandestinos

Producto	%
Materia orgánica	72.379
Papel	3.567
Cartón	1.554
Residuos del baño	9.770
Plástico	7.646
Metales y latas	2.369
Vidrio	1.133
Trapos	0.887
Madera	0.090
Cuero	0.045
Otros	0.553

Fuente: Elaboración propia.

Figura 38. Residuos sólidos acumulados en botaderos clandestinos



Fuente: Elaboración propia.

5. PROPUESTA PARA EL MANEJO, CLASIFICACIÓN, TRANSPORTE Y DISPOSICIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS.

Los problemas asociados con el manejo de desechos sólidos en las comunidades hoy día son complejos debido a la cantidad y naturaleza diferente de los desechos, el desarrollo irregular de las áreas urbanas, las limitaciones de recursos municipales para la atención a los servicios públicos en muchos departamentos, los impactos de la tecnología y las limitaciones de energía.

Por estas razones y sabiendo que es necesario dar una solución pronta a la problemática se plantean a continuación propuestas que sirvan como guía para una futura implementación de un sistema de manejo de desechos sólidos. En la mayoría de los casos, un sistema de manejo de desechos sólidos comprende cuatro elementos funcionales: producción de desechos, almacenamiento in situ, recolección y disposición. Como parte del almacenamiento se puede tomar en cuenta la clasificación de los desechos sólidos que puede llevarse a cabo antes de ser recolectados o después.

5.1 Manejo en la recaudación de los desechos sólidos

La recaudación o recolección de residuos es, en términos generales, el transportar los desechos sólidos desde su almacenamiento en la fuente generadora hasta el vehículo recolector y luego trasladarlos hasta el sitio de disposición final o en el mejor de los casos a una estación de transferencia donde se procede a la clasificación y separación de los desechos.

La prestación de servicio de recolección es una de las etapas más caras del sistema del manejo de desechos y es una de las que presenta mayores oportunidades para la minimización de costos. Uno de los factores que más influye sobre el sistema, es la frecuencia de recolección, la cual deberá prever que el volumen acumulado de basura no sea excesivo y que el tiempo transcurrido desde la generación de basura hasta la recolección para su disposición final no exceda el ciclo de reproducción de la mosca, el que varía, según el clima, de 7 a 10 días; tal y como se aprecia en la tabla XXVII.

Tabla XXVIII. Tiempos de incubación y crecimiento de la mosca

Temperatura °C	Huevo a pupa	Huevo a Adulta
20°C	10.1	20.5
28°C	5.6	10.8
35°C	5.6	8.9

Fuente: SEDESOL. **Manual para el manejo de basura en localidades de 100 habitantes, albergues y campamentos.** Página 38.

5.1.1 Área urbana

La recolección en las áreas urbanas debe realizarse en función del estado de las calles y avenidas y los accesos que éstas brinden a los vecindarios, barrios y sectores a servir. Como consecuencia de los resultados que se presentan en los anteriores capítulos se propone el siguiente método de recolección para las áreas urbanas de los municipios de Siquinalá, La Gomera, La Democracia y Santa Lucía Cotzumalguapa:

Recolección cada tercer día.

Actualmente la recolección de los residuos sólidos en casas de habitación y locales comerciales es irregular y se realiza al menos dos veces por semana.

La propuesta es la recolección cada tercer día, en donde el camión recolector pasa un día si y otro no, a excepción de los domingos, por lo que equivale a pasar tres veces por semana.

Con este sistema se logran obtener las siguientes ventajas sobre el actual método que se utiliza en las comunidades:

- ◆ Los depósitos puede ser colocados por lo menos cada 100 metros en las áreas de mayor concentración de viviendas y así la recolección se puede llevar a cabo sin problemas de congestionamiento y de manera más veloz y eficaz. .
- ◆ Los camiones recolectores se llenan en un tiempo más corto y en un recorrido menor; con lo cual, el costo por tonelada-kilómetro, es menor al compararlo con la recolección diaria (que en algunos sectores se lleva a cabo con mayor regularidad).
- ◆ A mediano y largo plazos, los costos por mantenimiento serían menores, también por tonelada de basura que se transporta.
- ◆ La recolección tres veces por semana implica, además, que la sobrecarga de la recolección debida al domingo, no recaería únicamente en el siguiente día de recolección (lunes), sino que sería repartido en dos días (lunes y martes).

La desventaja al emplear esta alternativa propuesta en cuanto a la frecuencia de recolección es:

- ♦ La acumulación de los desechos podría generar malos olores.
- ♦ El método de recolección más adecuado en el área es el método de contenedores, esto debido a la alta concentración de desechos que se generan mayormente por la actividad comercial.

5.1.2 Área rural

A diferencia de las áreas urbanas, las áreas rurales presentan una serie de complicaciones que son determinantes para el buen manejo de los desechos sólidos. El mayor de los problemas se encuentra en las distancias que separan a las viviendas, fincas y caseríos que son los usuarios potenciales del servicio, aunado a esto, los caminos y accesos se encuentran en mal estado.

En las comunidades con acceso medio a las viviendas la propuesta de recolección de desechos es la siguiente:

- ♦ En las comunidades y localidades con dificultad de acceso se recomienda establecer al menos dos o tres contenedores adecuados para almacenar temporalmente los desechos, para posteriormente ser recolectados sobre la ruta correspondiente, y así poder evitar la existencia de botaderos ilegales. La frecuencia de la recolección a utilizar en este caso puede ser de tres días por semana hasta dos días por semana.
- ♦ Las autoridades municipales deben orientar a los vecinos para que el procedimiento se pueda llevar a cabo sin problemas, de igual manera

personal a pie puede realizar la recolección y luego depositar los desechos en los contenedores respectivos.

5.2 Clasificación de los desechos sólidos.

Lamentablemente la falta de una educación y una cultura de reciclaje no han permitido que la población realice una separación y clasificación de sus desechos sólidos antes que éstos sean recolectados. La poca inversión económica de las autoridades para una formación ambiental se refleja en las costumbres de la mayoría de los guatemaltecos, no solo en los municipios sino a nivel nacional.

La propuesta que se presenta para lograr la clasificación de los desechos sólidos pretende mejorar el problema paulatinamente a nivel educación y drásticamente a nivel técnico-administrativo.

Los municipios bajo estudio forman parte actualmente de un proyecto denominado MAMCOSUR (Mancomunidad del Sur) que tiene como objetivo construir, a nivel regional, una planta de tratamiento de desechos sólidos para dar inicio a un programa para la gestión ambiental local y reducir considerablemente la ploriferación de basureros clandestinos y la incineración particular de los desechos.

Campañas de concientización social y educación escolar

La educación y formación ambiental en todos los niveles debe ser una prioridad para alcanzar buenos resultados a largo plazo, dentro de las

actividades propuestas para que sean desarrolladas por las entidades responsables están:

- ◆ Educación formal desde la primaria hasta secundaria, incluyendo programas de reforestación y recolección de desechos a nivel local.
- ◆ Capacitación en el trabajo, en empresas de los sectores productivos y de servicios, establecer programas de capacitación básica a microempresas.
- ◆ Difusión y promoción de una cultura ambiental a todas las comunidades.
- ◆ Reforzar los programas e instituciones existentes.
- ◆ Establecer programas regionales para formar instructores y técnicos en el área ambiental y manejo de desechos sólidos.
- ◆ Impulsar programas de cooperación entre las instituciones académicas.

Selección manual

- ◆ Incentivar y motivar a todas las poblaciones para realizar una separación manual de los componentes de desechos sólidos antes de ser depositados y recolectados. Ésta debe realizarse en las viviendas, comercios e industrias donde se producen los desechos e igualmente en el sitio donde sean depositados. Los componentes a separar incluyen papel periódico, aluminio y vidrio (botellas, vasos, frascos, etc.); cartón y papel de alta calidad, metales y madera (comercios e industrias); y metales, madera y objetos voluminosos de valor de los basureros y botaderos.
- ◆ Promover y difundir desde ya la separación básica entre materia orgánica (frutas, verduras, alimentos, etc.) y los desechos no orgánicos (plástico, metales, textiles, etc.) para agilizar el proceso de clasificación en los botaderos.

Clasificación con aire

- ◆ Utilizar la clasificación con aire en operaciones industriales (ingenios, embotelladoras, industria en general) para la separación de productos de papel, materiales plásticos y otros materiales orgánicos livianos de los demás desechos.

5.3 Transporte de los desechos sólidos.

Dada las condiciones bajo las cuales se encuentran los municipios actualmente, se hace más latente la necesidad de implementar sistemas que mejoren la eficiencia de los procesos de recolección, transporte y disposición de los desechos sólidos, que en todo caso aún no existen en estos municipios. Por tal motivo y tomando en cuenta las características de los botaderos, las distancias de éstos con respecto a sus cascos urbanos y la capacidad técnica con la cual cuentan las municipalidades se plantea la siguiente propuesta:

Equipo de recolección y transporte

- ◆ Realizar una inversión a nivel regional para la adquisición de camiones de volteo con mecanismos hidráulicos de compactación, ya que de esta forma la capacidad de carga aumentaría y el tiempo de recolección sería menor.
- ◆ Contar con vehículos para recolección de materia exclusivamente orgánica y otros para recolección de materia inorgánica, para generar una mayor eficiencia en el momento de la clasificación de los desechos.

Centrales de transferencia

Las estaciones de transferencia se pueden implementar con éxito en casi cualquier tipo de sistema de recolección. Las condiciones que propician que el uso de las operaciones de transferencia sean una solución viable son las que a continuación se numeran y que actualmente se identifican con los municipios bajo estudio:

- ◆ La presencia de botaderos ilegales y grandes cantidades de desechos dispersos en las áreas verdes o lotes baldíos.
- ◆ El uso de camiones o vehículos de recolección con poca capacidad de almacenamiento (generalmente por debajo de 10 m³).
- ◆ La existencia de áreas residenciales de poca densidad (terrenos, fincas y casas con áreas superiores a los 100 m² y con calles y caminos largos).

La propuesta es la siguiente:

- ◆ Implementar al menos dos centros de transferencia, por cada municipio, en donde los desechos sean transportados por vehículos livianos o camiones de poca capacidad y luego transferidos a camiones de mayor capacidad y con mecanismos hidráulicos para agilizar el proceso de disposición.
- ◆ Realizar los trabajos de clasificación y separación de desechos dentro de los centros de transferencia, con lo cual se optimiza el proceso de disposición final.
- ◆ Adquirir terrenos que tengan la capacidad necesaria para poner en funcionamiento un centro de transferencia de desechos sólidos, el cual deberá tener una capacidad no menor a 100 ton/día.

- ♦ Capacitar a todo el personal que actualmente se encarga de la recolección y disposición de los desechos para brindar un servicio eficiente y responsable a toda la población.

5.4 Disposición de los desechos sólidos.

La disposición final de los desechos sólidos actualmente se realiza de una forma muy tradicional en los botaderos disponibles dentro de los municipios, dichos botaderos con distintas características (ver tabla XXIX).

Tabla XXIX. Características de los botaderos de desechos sólidos

Municipios	Autorizado	Extensión	Tipo
Siquinalá	Si	6 Km ²	Relleno Sanitario
La Gomera	Si	1 Km ²	Cielo Abierto
La Democracia	Si	4 Km ²	Cielo Abierto
Santa Lucia	Si	2 Km ²	Cielo Abierto

Fuente: **INE Censos 2002: XI de Población y VI de Habitación** Guatemala. 2003.

La generación per cápita de los residuos sólidos, es un parámetro muy importante para la toma de decisiones en lo que se refiere a proyección y diseño de los sistemas de manejo y disposición final de los desechos sólidos, por ello se enfatiza sobre este parámetro desde la selección de la muestra hasta su análisis estadístico.

Los resultados de la caracterización realizada en el presente trabajo indican datos realmente importantes para el manejo de los desechos sólidos en los municipios analizados. La materia orgánica es, en los cuatro casos, la predominante con más de un 50% de la producción hasta un 72%. En este sentido se realiza una propuesta para disponer de esta materia orgánica de

forma que pueda ser aprovechada y para los productos recuperados no orgánicos se recomienda la práctica del reciclaje que económicamente es muy viable.

Los resultados en la composición de los residuos sólidos, proporcionan las bases necesarias para poder estimar la factibilidad de cualquier tipo de tratamiento de dichos residuos, tales como:

- ◆ Planta productora de compost: materia orgánica reducida por acción bacteriológica de microorganismos contenidos en los mismos residuos, para emplearse como fertilizante.
- ◆ Reciclaje de los subproductos inorgánicos: materiales que pueden ser reutilizados para otros fines.
- ◆ La incineración: poder calorífico de los materiales que se aprovechará en algún proceso de generación de energía.
- ◆ El lombrí compostaje: se basa en el cultivo de lombriz, que permite la conversión de los residuos orgánicos en humus.
- ◆ Relleno sanitario.

Se debe optar por la solución mas adecuada a las condiciones técnicas, económicas, sociales y ambientales locales.

Compostaje y lombrí compostaje

Para desarrollar este proceso es necesario establecer tres objetivos esenciales:

- ◆ Cambio en la cultura ciudadana con respecto al manejo de los residuos sólidos

- ◆ El funcionamiento de un módulo de compostaje para transformar los residuos orgánicos en abono
- ◆ La distribución del abono orgánico entre los productores locales a través de programas de desarrollo agropecuarios, así como repoblar la fauna en los alrededores del municipio.

Esta propuesta es la mejor entre todas las posibles ya que pueden distribuirse los desechos orgánicos a nivel comunal y establecer módulos de compostaje locales que sean administrados por los líderes comunitarios y así se logren tener resultados positivos y a corto plazo.

Reciclaje

La actividad que en segunda instancia debe llevarse a cabo de forma inmediata es el reciclaje de todos aquellos elementos inorgánicos que pueden ser reutilizados y convertidos nuevamente en materiales de utilidad a la sociedad.

El presente programa debe ser contemplado para su desarrollo a nivel municipal y debe ser adoptado como parte del servicio público, y no como herramienta comercial.

Objetivos a alcanzar:

- ◆ Obtener y lograr un principio de solución para el tratamiento de reciclado de los desechos sólidos domiciliarios en los ecosistemas urbanos y rurales de los municipios de Siquinalá, La Gomera, La Democracia y Santa Lucía Cotzumalguapa.
- ◆ Reducir el volumen habitual de basura recolectada y acopiada, lo que también reducirá paulatinamente los costos en el manejo y transporte,

facilitará el procedimiento de degradación para un posible compostaje o lombri-compostaje.

- ◆ Posibilitar una primera separación y concentración de los plásticos, vidrios y latas, lo que habrá de mejorar la calidad ambiental y evitar que sean luego diseminados en los alrededores de la ciudad.
- ◆ Realizar la reclasificación de los residuos inorgánicos y organizar su comercialización, tarea que puede ser adoptada como generadora de nuevas fuentes de trabajo para la comunidad.
- ◆ Reducir la actividad de los segregadores, comúnmente llamados guajeros o pepenadores, dentro de los basureros municipales, procurándoles dentro de su misma labor una actividad organizada de trabajo.

5.5 Costo e inversión.

Se estima que en la última década, en Guatemala la generación de residuos sólidos municipales se ha incrementado, aproximadamente, a un ritmo de 13% anual de toneladas diarias por año, esto trae como consecuencia el aumento a los problemas sanitarios y ambientales asociados directamente al manejo de los desechos sólidos, dejando en evidencia las debilidades que existen en cuanto a la gestión de los mismos y la vulnerabilidad de las autoridades frente a este fenómeno que es producto del progreso y desarrollo de las comunidades. Estas debilidades se hacen más notorias en los municipios pequeños (menores a 50,000 habitantes) y medianos (menores a 150,000) que presentan, en su mayoría, limitaciones técnicas, económicas y sociales para mejorar las condiciones del manejo de los desechos sólidos.

Los costos de los servicios en materia de manejo de desechos sólidos, lo cual abarca recolección, transporte y disposición final están enmarcados dentro

del presupuesto global de las municipalidades. En muchas ocasiones la inversión es dirigida a los centros de salud y hospitales, quedando los servicios de saneamiento público relegados a una segunda instancia.

Actualmente el promedio de gastos por servicio de recolección, transporte y disposición de desechos sólidos en las municipalidades es aproximadamente el siguiente:

Tabla XXX. Costos por servicios en manejo de desechos sólidos

Actividad	%	Costo/Ton. (US\$)	Costo/Ton. (IVA) (US\$)
Recolección	46.65	17.91	20.06
Transporte	14.77	9.15	10.25
Disposición Final	38.58	11.34	12.70
Total	100.00	38.40	43.01

Fuente: SEDESOL. México 1997.

Costos de inversión en tecnologías de recuperación

Los costos de inversión en lombricompostaje corresponden básicamente a:

- ◆ Infraestructura
- ◆ Instalaciones
- ◆ Equipos para el procesamiento (manual o mecánico).

Infraestructura e Instalaciones

Los costos de inversión en infraestructura en lombricompostaje incluyen: servicios públicos (agua, energía, alcantarillado y comunicaciones) y vías de acceso. Estos costos pueden ser relativamente altos, sobre todo si se utilizan sitios alejados de la fuente de residuos orgánicos, por tal motivo se recomienda que la localización de la planta, empresa o local se haga en un sitio que cuente con los servicios básicos y esté en un punto estratégico para la recepción de una cantidad de materia orgánica significativa y así disminuir la inversión inicial en este ramo.

En lombricompostaje se debe tener en cuenta: el área de producción del lombricomuesto (camas, corredores y área para secado) y el área de almacenamiento del producto final. Por otro lado, el área de administración no depende de la cantidad de materia prima procesada sino del área que ocupará dentro de las instalaciones de la producción (aproximadamente 20m² y 30m²).

Equipos

El lombricompostaje y el reciclaje pueden ejecutarse con diferentes cantidades de equipo, de vida útil mayor a un año (vehículos, mezcladores, separadores, bandas transportadoras y otros), la utilización de los equipos debe hacerse únicamente si es conveniente y económicamente viable en las distintas comunidades municipales. Se requieren opcionalmente los siguientes equipos:

- ◆ Molino de martillo para fraccionar materiales con alto contenido de humedad en tamaños de 1 a 3 cm.
- ◆ Balanzas de piso (entrada y salida).
- ◆ Lavadoras industriales (bolsas, telas plásticas, envases plásticos).

- ◆ Molino para plástico.
- ◆ Prensa hidráulica para papel y cartón.
- ◆ Trituradora para vidrio.

Costos de reposición

Estos costos están relacionados directamente con la remodelación o reconstrucción de las instalaciones y equipos o de algunos de sus componentes cuando ha terminado su vida útil por alguna de las siguientes causas:

- ◆ Desgaste físico o deterioro
- ◆ Equipos obsoletos

La vida útil de los diferentes equipos e instalaciones utilizadas en el manejo y disposición de los desechos sólidos puede ser estimada de acuerdo a la tabla XXXI.

Tabla XXXI. Vida útil de la infraestructura y equipos en el manejo de desechos sólidos

Equipos o infraestructura	Vida útil
Maquinaria (movimientos de desechos)	15 años
Infraestructura (construcción)	10 años
Instalaciones (materiales no pétreos)	10 años
Instalaciones (materiales pétreos)	20 años
Equipos eléctricos	5 años
Balanzas	10 años

Fuente: **UNICEF**, 2001

Costos de operación y mantenimiento

Los costos de operación y mantenimiento son los costos que se generan para garantizar que la infraestructura sea operada y mantenida eficientemente, es decir, está asociado a las rutinas periódicas del personal de operación y mantenimiento y la provisión de insumos requeridos, éstos sirven para estimar el presupuesto anual requerido para operar el sistema de aseo e incluyen:

- ◆ Personal.
- ◆ Herramientas y elementos de protección.
- ◆ Combustibles, aceites y grasas de los equipos.
- ◆ Mantenimiento de los equipos utilizados.
- ◆ Reparación (repuestos y mano de obra) de los equipos.

Los costos del personal incluyen los salarios y prestaciones sociales del personal de la empresa que trabaje permanentemente o temporalmente, depende del modo de operación (número de turnos, horario de trabajo, horas extras, etc). El personal requerido se puede calcular según el peso en toneladas diario de residuos a manejar (ver tabla XXXII).

Tabla XXXII. Requerimientos de personal

Actividad	Requerimiento de personal
Relleno sanitario manual	$T = 0.06 + 0.54(PB)$
Compostaje	$T = PB/5$
Lombricompostaje	$T = PB/3$
Reciclaje (empaque y almacenaje)	$T = PB/2$

T= número de trabajadores

PB= toneladas diarias de materia prima

Fuente: **MAVDT/UNICEF**, 2005

Al número de obreros se le debe aumentar el costo de la supervisión, que debe ser como mínimo un técnico en saneamiento ambiental, de acuerdo con UNICEF.

Costos de administración

Cualquiera que sea la modalidad para administrar un servicio público, bien sea a través del municipio o mediante empresas y asociaciones corporativas, ésta debe atender un área cuyo desempeño garantice la provisión, continuidad, eficiencia y oportunidad en la prestación del servicio. Tales áreas son:

- ◆ Operativa
- ◆ Financiera
- ◆ Comercial
- ◆ Administrativa

En este sentido, los costos administrativos deben considerar:

- ◆ Salarios de personal administrativo incluyendo prestaciones.
- ◆ Reparación y mantenimiento de equipos y edificios.
- ◆ Insumos de papelería y oficina.
- ◆ Facturación e impuestos.
- ◆ Seguros (si los hubiere).
- ◆ Capacitación y desarrollo.
- ◆ Alquiler y servicios públicos e Imprevistos.

Costos de recolección y transporte

Para una capacidad fija de vehículos, la inversión y los costos directos por vehículo constituyen un costo fijo, la mano de obra es un costo semifijo que depende del modo de operación (turnos, horarios, etc.) y los otros dos

(mantenimiento e insumos) son de naturaleza variable en función del uso de los vehículos y su depreciación.

Costos fijos

- ◆ Salarios y prestaciones.
- ◆ Parqueos (si amerita)
- ◆ Depreciación
- ◆ Alquiler (vehículos)

Costos variables

- ◆ Consumos del vehículo (combustibles, lubricantes, repuestos, etc.)
- ◆ Comisiones a los conductores (horas extras y servicios extraoficiales)

Es difícil estimar una cifra exacta de la inversión que las municipalidades deben realizar para implementar mejoras al servicio de manejo de los desechos sólidos urbanos, pero también es cierto que existen herramientas legales como la política para el manejo de desechos sólidos que sirven como plataforma de trabajo para la búsqueda de financiamiento por medio de organismos internacionales o entidades gubernamentales.

En la tabla XXXIII se muestran algunas cifras en materia de inversión para la mejora del manejo de los desechos sólidos, las cantidades variarán de acuerdo a la cobertura y capacidad de los sistemas de tratamiento y clasificación si esta no es realizada desde la fuente de generación.

Tabla XXXIII. Costos comparativos de los sistemas de tratamiento.

Sistema	Costo de inversión (US\$/ton)	Costo de operación (US\$/ton)
Relleno sanitario ¹	5,000 – 15,000	30
Compostaje	20,000 – 40,000	25
Lombricompostaje	15,000 – 25,000	25
Incineración	50,000 – 100,000	60

¹ Las especificaciones técnicas para rellenos sanitarios varían con respecto a la región lo cual influye en los costos.

Fuente: **MAVDT/UNICEF**, 2005

La inversión económica para el desarrollo de los proyectos de mejora ambiental tiene costo elevado, pero al ser los métodos propuestos métodos auto-sostenibles se pretende que a mediano plazo las corporaciones municipales vean con buenos ojos el buen desempeño de los mismos y se establezcan metas de inversión más ambiciosas para ampliar las capacidades y la cobertura de las plantas de servicio de disposición de desechos.

CONCLUSIONES

1. Los niveles de generación de desechos sólidos en los municipios, Santa Lucía Cotzumalguapa, La Democracia, Siquinalá y La Gomera sometidos a este estudio fueron estimados sobre la base de la caracterización y clasificación sobre la muestra. Con los datos obtenidos se logró realizar las proyecciones deseadas en cuanto al crecimiento de la generación de desechos sólidos en función del crecimiento de las poblaciones de cada localidad municipal.
2. La caracterización de los desechos sólidos entregó como resultado una serie de distintos componentes y cantidades de desechos orgánicos e inorgánicos, producto del consumo de las poblaciones analizadas. La mayor cantidad de desechos sólidos se ubicó en la categoría de materia orgánica con más del 50% de presencia en los cuatro municipios, seguidamente la materia inorgánica, papel y cartón más del 5%; vidrios y metales más del 13% y otros productos con más del 10% en presencia generalizada.
3. Como resultado de una caracterización se pueden establecer distintos métodos de manejo y tratamiento para los desechos sólidos, éstos son varios y son implementados en función de las características de los desechos sólidos, las cantidades a tratar y la capacidad económica de las entidades administrativas. Entre los sistemas de tratamiento y disposición final se establecieron: a) Reutilización (de materia inorgánica) b) Incineración (recuperación de materia reciclable) c) Compostaje (materia orgánica) d) Lombricompostaje (materia orgánica).

4. Tomando como base la misma caracterización realizada, se lograron identificar varios métodos y sistemas de manejo, tratamiento y disposición final para los desechos sólidos. Para dar solución a las grandes cantidades de materia orgánica que se producen a nivel habitacional en los municipios se propone el manejo exclusivo de esta para su tratamiento posterior en plantas de compostaje o lombricompostaje que sean auto-sostenibles y produzcan material que pueda ser utilizado por la población en los cultivos tradicionales. Por aparte, para los productos inorgánicos se propone dar seguimiento a las políticas de reciclaje fomentando y difundiendo una cultura de separación entre la población para posteriormente, las municipalidades, sean capaces de generar ingresos por medio de la venta de los productos que tienen demanda en el mercado (aluminio, vidrios, papel).

RECOMENDACIONES

1. Antes de realizar un estudio de caracterización se debe establecer qué área será sometida al estudio, con base a la experiencia adquirida en este estudio se propone dividir las poblaciones en estratos económicos para su análisis, ya que de esta manera los resultados son más fáciles de interpretar y los objetivos serán orientados a un área de la población en específico.
2. Es importante, con la ayuda de la Municipalidad, hacer del conocimiento a la población acerca de los beneficios del buen manejo y disposición final de los desechos sólidos, ya que al momento de realizar las encuestas, varias personas fueron renuentes a colaborar con el estudio y en algunos casos no se tomó con seriedad.
3. Debe tomarse en cuenta que una vez establecido el universo, que se someterá al estudio, se debe calcular la muestra para realizar la caracterización, seguidamente es preferible consultar con las autoridades municipales sobre los lugares en donde es factible proceder a la toma de muestras, en este punto es imprescindible contar con la metodología a emplear para no omitir ningún sitio dentro del muestreo.
4. En el momento de la caracterización es necesario tener un control estricto de todos los datos que se obtienen por vivienda, dichos datos son cruciales para la caracterización, el lugar de trabajo debe permanecer limpio y en orden para poder trabajar la caracterización rápida y ágilmente y evitar la pérdida de humedad en el caso de la materia orgánica.

5. Para identificar una posible solución al problema de la disposición de los desechos sólidos, es necesario evaluar las condiciones económicas, jurídicas y sociales que forman parte del entorno de la localidad, se debe trabajar en conjunto con el departamento de planificación de las municipalidades, para lograr así una propuesta real que se ajuste a las necesidades de la mayoría de la población.

BIBLIOGRAFÍA

1. Cantanhede, Álvaro Luiz Gonçalves *et al.* **Procedimientos estadísticos para los estudios de caracterización de residuos sólidos** CEPIS. (s.l) 2005. 8 pp.
2. Congreso de la República de Guatemala, Decreto 45-79, Código de Salud. Guatemala: (s.e.)
3. Congreso de la República de Guatemala, Decreto 12-2002, Código Municipal. Guatemala: (s.e.)
4. Congreso de la República de Guatemala, Decreto 68-86, Ley de protección y mejoramiento del ambiente. Guatemala: (s.e.)
5. Congreso de la República de Guatemala, Acuerdo gubernativo 111-2005, Política para el manejo integral de los residuos y desechos sólidos. Guatemala: (s.e.)
6. Congreso de la República de Guatemala, Acuerdo gubernativo 23-2003, Reglamento de evaluación, control y seguimiento ambiental. Guatemala: (s.e.)
7. Congreso de la República de Guatemala, Acuerdo gubernativo 111-2005, Política para el manejo integral de los residuos y desechos sólidos. Guatemala: (s.e.)
8. De León Maldonado, Alma. **El problema de la disposición de residuos sólidos en la ciudad de Guatemala** Centro De Estudios Urbanos Y Regionales Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, Boletín No. 41. 1999. 77 pp.

9. García Laguardia, Jorge Mario. **Política y constitución en Guatemala la constitución de 1985**. 4ª- ed. Guatemala: PDH, 1996. 178 pp.

10. IDEAM *et al.* **Proyecto selección de tecnologías para la recolección, transporte, recuperación, tratamiento y disposición final en torno al manejo integral de residuos sólidos en municipios menores de 50,000 habitantes**. (s.e.) Colombia: 2006. 30 pp.

11. Instituto Nacional De Estadística *et al.* **Características de la población y de los locales de habitación censados**. Guatemala: (s.e.) 2003. 271 pp.

12. Kunitoshi, Sakurai. **Método sencillo del análisis de residuos sólidos**. 2da edición, Lima: C.E.P.I.S. 1983. 35 pp.

13. Martínez López, José Florentín. **La situación de la basura en la ciudad de Guatemala**. Centro De Estudios Urbanos Y Regionales Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, Boletín No. 30. 1996. 55 pp.

14. SEDESOL. **Manual para el diseño de rutas de recolección de residuos sólidos municipales**. Human Consultores, S.A. de C.V. México: 1997. 49 pp.

15. Tchobanoglous, George. **Desechos sólidos principios de ingeniería y administración**. (s.e.) Ambiente y los Recursos Naturales Renovables. Venezuela: 1982.

16. Universidad Rafael Landivar *et al.* **Perfil ambiental de Guatemala tendencias y reflexiones sobre la gestión ambiental**. Guatemala: Perfil Ambiental de Guatemala, 2006. 250 pp.

APÉNDICE

Formato de la encuesta realizada

1. ¿Cuántas personas viven en su domicilio?
2. ¿Qué tipo de depósito utiliza para almacenar su basura?

Tipo	Capacidad aprox.		Otro
Bolsas	Normal -10L	Grande-50L	
Costales	Normal 50kg	Grande	
Bote plástico	Normal -10L	Grande-50L	
Bote metal	Normal -10L	Grande-50L	
Bote madera	Normal -10L	Grande-50L	
Otros:			

3. Recibe UD. el servicio de limpieza municipal?

SI	NO
----	----

4. ¿Cuántas veces por semana pasa por su casa el camión recolector?

1	2	3	4	5	6	7	No Pasa
---	---	---	---	---	---	---	---------

5. A que hora pasa el camión recolector?

--

6. ¿Cuántas veces bota la basura en una semana típica?

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

7. ¿Existe recolección informal de basura en el barrio?

SI	NO
----	----

8. ¿Qué objetos que se podría considerar “basura”, usted reutiliza?

Botellas de plástico	Papel	No reutiliza	Otros:
----------------------	-------	--------------	--------

9. ¿Sabe UD. cual es el destino final de su basura?

SI	NO
----	----

10. ¿Quién realiza la limpieza de las calles?

Municipalidad	
Empresa Privada	
Otros	
No Sabe	

11. ¿Qué opina de la labor municipal con respecto a la limpieza pública?

Excelente	Bueno	Regular	Malo	Pésimo
-----------	-------	---------	------	--------

12. ¿Qué problemas detecta en el servicio Municipal?

No pasa el camión o vehículo	Dejan caer basura	
Personal mal capacitado	Mala organización	
Falta de cortesía	Horario Inadecuado	
Mala apariencia	No tienen horario fijo	
No recogen todo	Otros:	

13. ¿Sabe UD. lo que es reciclaje?

SI	NO
----	----

14. ¿Estaría usted dispuesto a participar en una campaña de reciclaje?

SI	NO
----	----

15. Si es afirmativa, ¿Con quien estaría dispuesto a participar?

Municipalidad	ONG	Otros:
---------------	-----	--------

13. ¿Usted es consciente de que la basura puede causar impacto negativo a su salud?

SI	NO
----	----

14. Si la respuesta es afirmativa ¿qué tipo de enfermedades cree usted que podría causar el mal manejo de la basura?

Enfermedades respiratorias:

Diarreas:

Alergias a la piel:

19. ¿Ha padecido alguna de las enfermedades mencionadas?

SI	NO
----	----

Dirección:.....

Encuestado:.....

B	MB	M	MA	Código:
---	----	---	----	---------

	Numero:
	Fecha:

Fórmulas utilizadas para el cálculo de la muestra

- i. N = Tamaño de la población
- ii. N_h = Tamaño de la población del estrato h (donde $h = 1, 2, 3$)
- iii. n = Tamaño de la muestra
- iv. n_h = Tamaño de la muestra del estrato h
- v. $\mu = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i$ Media de la población
- vi. μ_h Media de la población del estrato
- vii. $\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i$ Media de la muestra
- viii. \bar{x}_h Media de la muestra del estrato h
- ix. $\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_{i-\mu})^2$ Varianza de la población
- x. $S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2$ Varianza muestral
- xi. $1 - \alpha$ Nivel de confianza
- xii. $Z_{1-\alpha/2}$ Coeficiente de confianza
- xiii. E = Error permisible

Tabulación y resultados de los pesos tomados en el trabajo de campo

En las siguientes tablas (XXXIV, XXXV, XXXVI, XXXVII) se presentan los pesos de los residuos sólidos domiciliarios de las muestras tomadas en los municipios bajo estudio.

Tabla XXXIV. Resultados en Siquinalá

Vivienda	Habitantes	Peso (Kg.)						
		4/2/08	5/2/08	6/2/08	7/2/08	8/2/08	9/2/08	10/2/08
1	7	5	5.5	0.9	2.2	0	1.9	0.6
2	9	1.9	0.2	0	0.1	0.4	0	0
3	2	1	1.4	1.9	1.2	0.8	0.8	1.5
4	5	1.2	5.7	8	6.5	5.9	4.4	4.5
5	3	2	0.1	2.1	1.1	0.9	2.3	3.1
6	5	3.1	5.4	2.9	0.7	3.1	4	1.1
7	7	0	1.9	2.6	2.1	0	0.4	0.1
8	10	0	0	0.8	6	0.6	6.3	0
9	8	0	1.2	2.5	0	1.9	0	0
10	5	0	0	4.7	2.7	0.5	0	1
11	3	1.4	0	1.7	0.9	0	0	0.9
12	8	0	1.5	0.9	4.2	0	2.3	0
13	7	0	1.9	1.4	0	1.3	1.4	1.5
14	5	0.7	4	6	0	3.5	1.5	0
15	4	6	2.7	3.3	0	0	0	0
16	8	0	5.5	4.5	0.6	3.15	6.5	3.1
17	6	3.5	0.9	4.6	3.5	0.7	1.7	2.9
18	6	5.5	2.7	0	3	4.3	4.4	0
19	4	1.5	3.3	2.1	0	4	1.5	4.8
20	10	1.2	3.7	0	2.9	3	2.8	2.1
21	4	2.1	0	1.7	3.2	2.2	3.6	1
22	5	0.7	1.5	0.5	0	0	0	0
23	5	4.5	0.9	0.7	0	0	0.5	0
24	4	0	2	1.2	1.2	1.2	0.8	2
25	6	0	4.3	0	2.2	0	0	1.8
26	5	0	0	4.2	3.5	3.15	0	0
27	6	3.6	2.1	2.2	2.4	4.5	1.4	2.6
28	6	3.5	0	0	0	2	4.1	1.6
29	10	0	0	0	2.5	0	0.1	0
30	6	0	2.9	8.4	3.5	5	3	4.6
31	8	4.9	0.6	0	0	0	0	0
32	8	0	3	1.3	0	2.5	0	0
33	5	0	7.2	3.4	4.9	3.9	2.9	0
34	5	0.5	0.6	1.4	0.8	1.3	1.9	1.1
35	7	2	2.8	0	0	2.6	2.3	2.3
36	4	3.5	2.5	3.1	0	1.7	2.3	1.8
37	4	2.1	4.5	0	2.6	2.1	3.9	0
38	5	3.5	1.8	1.4	2.8	7.8	8	1.2
39	4	0	0	2.3	2.8	1.3	1.6	1.4
40	4	1.4	3	0	0	0	0	0
41	5	4	0	0	0	0	0	0
42	5	2.2	0	3	3.2	1.9	3.2	2.6
43	5	0	1.2	0.8	0.45	2.4	0	2.4
44	7	0	0	0	0	3	0.5	2.7

Continúa

45	6	0	2.4	2	0	1.2	1.9	0.3
46	4	1.2	1.4	2	2.5	2.3	9.4	1.7
47	8	8.8	4	4.8	7.6	3.4	2.2	6.2
48	6	1.5	1.9	0	1.1	0	2.3	2.1

Tabla XXXV. Resultados en La Gomera

Vivienda	Habitantes	Peso (Kg.)						
		11/2/08	12/2/08	13/2/08	14/2/08	15/2/08	16/2/08	17/2/08
1	4	4	3.5	1.4	2.5	0.5	2.9	1.6
2	6	3.9	1.2	2.0	2.1	1.4	2.9	0.6
3	4	1.1	1.4	1.4	1.0	0.8	1.8	0.5
4	3	1.2	1.7	0.8	1.5	0.9	1.4	1.5
5	3	2	1.1	2.1	0.5	0.5	1.3	1.1
6	5	1.1	1.4	0.9	1.7	3.0	3.5	2.1
7	3	0.5	0.9	1.6	0.5	0.8	1.4	1.1
8	8	2.5	0.5	1.8	4	0	3.3	3.5
9	5	2.5	1.2	1.5	0.5	1.9	0.8	2.5
10	5	2.3	1.5	4.7	1.7	0.5	2.5	1.9
11	4	1	0.5	1.8	1.9	0.5	0.5	2.9
12	6	3.5	2.5	1.9	2.2	0.8	0	3.5
13	7	1.1	1.9	3.4	1.5	2.3	3.4	2.5
14	7	2.7	1.5	3.5	0.5	1.5	0.5	2.0
15	5	4	2.5	3.0	0.5	2.5	1.9	2.5
16	4	1.5	2.5	2.5	1.6	2.1	1.5	2.1
17	5	2.5	1.9	2.6	2.5	1.7	3.7	1.9
18	5	3.5	2.4	1.5	4	1.3	2.1	0.9
19	4	1	1.3	1.1	2.5	1.4	1	2.8
20	7	2.2	0	1	1.9	2.5	1.8	3.1
21	4	1.1	0.5	0.7	1.2	2	2.5	1.5
22	5	1.7	1	0	0.5	0.5	3	0
23	4	2.5	0.5	1.7	0.1	0.5	1.5	0.5
24	5	2	2.5	0.2	0.2	1	1.8	1.5
25	6	2	2.3	3.5	2.8	1.5	0.8	3.8
26	5	0.5	2	3.5	2.8	1.5	2	3.5
27	7	2.6	3.1	2.5	2.4	1.5	3.4	3
28	5	3	0.5	1	2.5	0	1.1	1.2
29	8	1	1	0.5	0.5	0	0.1	1.5
30	5	2	1.9	2.4	1.5	0.5	3	1.6
31	6	1.9	2	0.5	0	0.5	1	2.5
32	4	2	1	1.5	0.5	1.5	0	1
33	5	0.5	2	3.1	1.1	2.9	4.9	0.5
34	5	1.5	0.2	0.4	2.8	2.3	2.9	0.1
35	6	3.5	1.2	0.1	0.5	1.6	3.3	0.3
36	3	2.5	1	0.5	0.2	1.5	0.3	1.8
37	4	2.5	0.5	1	1.6	0.1	1.9	0.5

Continúa

38	6	3.8	1	0.4	3.8	2.5	0.8	2.2
39	4	2	1.5	0.3	1.8	0.3	2.6	0.4
40	5	2.6	1.3	0.5	0.1	1.1	0.5	2.5
41	6	3.4	0.5	2.5	1.5	3.1	0.5	0.9
42	5	2.5	1.5	1.3	2.2	0.9	0.2	3.8
43	6	3	2.2	0.5	2.45	1.2	0.5	1.4
44	4	2.5	0.5	0.1	1.5	2.3	0.5	3.7
45	3	0.1	1.4	0.2	0	1.8	2.9	0.1
46	5	3.2	2	1.2	0.5	2	4.1	0.7
47	4	2.8	3	5.8	0.6	2.4	0.2	4
48	5	2.5	2.9	0.5	2.1	0.5	1	1.1
49	6	4.5	3.3	1	1.4	0.5	1.9	3.2

Tabla XXXVI. Resultados en La Democracia

Vivienda	Habitantes	Peso (Kg.)						
		18/2/08	19/2/08	20/2/08	21/2/08	22/2/08	23/2/08	24/2/08
1	3	1.4	0.5	0	1.5	0.5	0.9	0.6
2	4	1	0.2	2	1.1	0.4	1.9	1.6
3	5	3.2	1	0.4	2.2	1.8	0.8	1.5
4	2	0.2	0.7	0.5	0	0.4	2.4	0.5
5	6	3.2	1.5	2.5	4.5	1	0.3	3.5
6	6	1.3	4.2	0.6	0	0.3	1.5	3.8
7	3	1.5	2.9	0.6	0	0	0.4	0.1
8	5	3.5	2.5	0.8	2	0	0.3	2
9	6	2	2.2	0.5	3.5	2.9	1.8	2
10	4	2	0.5	2.7	0.7	0.5	3	0.9
11	6	3	3.5	3.8	0.9	0	2.5	2
12	3	3	0.5	2.9	3	2	1.2	0.5
13	4	1	0.9	1.4	2.5	1.3	0.4	1.5
14	5	2	2.5	1.5	0	0	1.5	3.5
15	4	2.4	1.6	0.3	0.7	3.5	0.9	2
16	4	2.3	1.2	0.2	0.8	2.5	1.2	0.1
17	4	1.5	2.9	0	0.5	0.3	1.8	0.9
18	5	3.8	3.4	1	2.2	1.5	0.1	2.2
19	6	3.5	2.5	0.9	2.5	3.2	1.8	0.8
20	4	5.2	1.2	1.2	0.9	2.8	2.8	4.1
21	7	2.1	2.5	0.3	3.2	1	0.5	3.5
22	8	0.7	2.3	3.5	0	0	2.3	4.5
23	4	1.5	2.5	1	2	3.5	3.5	0.9
24	3	0.3	1.5	0.1	0	1	0.8	0.5
25	5	2	1.3	2.5	1	2.5	1.8	1.2
26	4	2.5	0.2	3	0.8	0.5	0.2	3
27	5	3.6	2	2	0.1	0.5	4	1.3
28	4	2.1	2.5	0	1.5	0.6	2.1	0.2
29	3	0.1	1	1.5	0	0	0.2	4.5

Continúa

30	4	1.2	1.9	0.4	0.5	1.5	3.5	2
31	5	2.9	0.9	3.5	0.9	3.5	0.1	2
32	4	2.1	0.1	0.5	3.5	0	0.1	0.1
33	3	0.2	0.2	2.1	3.1	0.9	0	0.5
34	4	0.5	3.2	0	0.3	3.3	0.9	0.1
35	3	0.5	1	0	5.1	2.6	0.3	0
36	2	0.1	0.1	0.5	1	1	0.1	0.8
37	4	2	0.1	1.5	0.6	1.1	0.3	1.1
38	3	0.8	1	1.4	0.8	0.5	0.8	0.2
39	4	1.2	0.1	1.2	0.8	1.3	1.3	0.1
40	5	4.6	1.1	0	0	1	1.5	3.2
41	6	3.4	1.5	2	1	3.5	1.5	2.9
42	7	3.8	1.8	0.9	1.2	0.2	1.2	4.8
43	4	1.2	2	1.5	2.3	0.2	1.5	0.4
44	5	3.5	1.5	1	1	0.3	3.5	0.1
45	4	3.1	0.4	0	0.3	1	2	0.5
46	5	2.9	2.2	0.2	0.1	2.3	0.1	3.7
47	3	0.8	1.2	0.8	2	0.7	1.2	0
48	5	4.5	0.9	1.5	2	0.2	1.1	3.5

Tabla XXXVII. Resultados en Santa Lucía Cotzumalguapa

Vivienda	Habitantes	Peso (Kg.)						
		3/3/08	4/3/08	5/3/08	6/3/08	7/3/08	8/3/08	9/3/08
1	5	2.5	0.5	2.9	2	0.9	3.9	2.6
2	3	0.9	1.2	1.5	2.1	0.9	0.1	0.2
3	2	0.2	0.3	0.9	1	0	1.1	0.2
4	3	0.2	1.6	0.8	1.5	0.9	2.1	2.1
5	6	3.2	5.1	0.1	0.1	0	0.3	3.8
6	7	4.1	2.8	3.9	1.7	0.1	2.4	3.1
7	4	2.5	2.9	2	2	0.9	1.4	1.1
8	5	2.5	3.1	2.8	0.6	1.6	2	1.9
9	2	0.5	1	1	0.5	1	0.1	0.1
10	5	2.5	1.3	3.5	0.7	0.5	0.4	1.1
11	6	3.5	0.5	1	3.9	2.5	3.5	2.9
12	4	2.3	1.5	2.9	2.2	0.5	3.3	1.5
13	3	1.5	1.2	2.3	1.2	0.3	2.4	0.5
14	5	2.7	2.3	2	0.6	1.5	0.5	2.3
15	4	2.3	2.4	3	0.8	1.4	0.5	0.8
16	3	2.2	0.5	1	0.3	0.5	0.1	1.1
17	3	1.5	2.1	2.3	1.8	1.7	0.7	0.4
18	5	2.5	1.7	0.5	1.3	3.1	2.1	2.5
19	4	1.2	1.3	0.7	0	2.1	0.5	2.2
20	2	1	0.7	1.1	0.9	1.2	0.8	0.1
21	3	1.1	0.6	0.7	1.2	3.2	1.2	0.1
22	7	4.7	1	1.5	0.9	1.3	2.5	3.5
23	5	1.5	2.9	0.1	0.8	1.2	0.9	2.5

Continúa

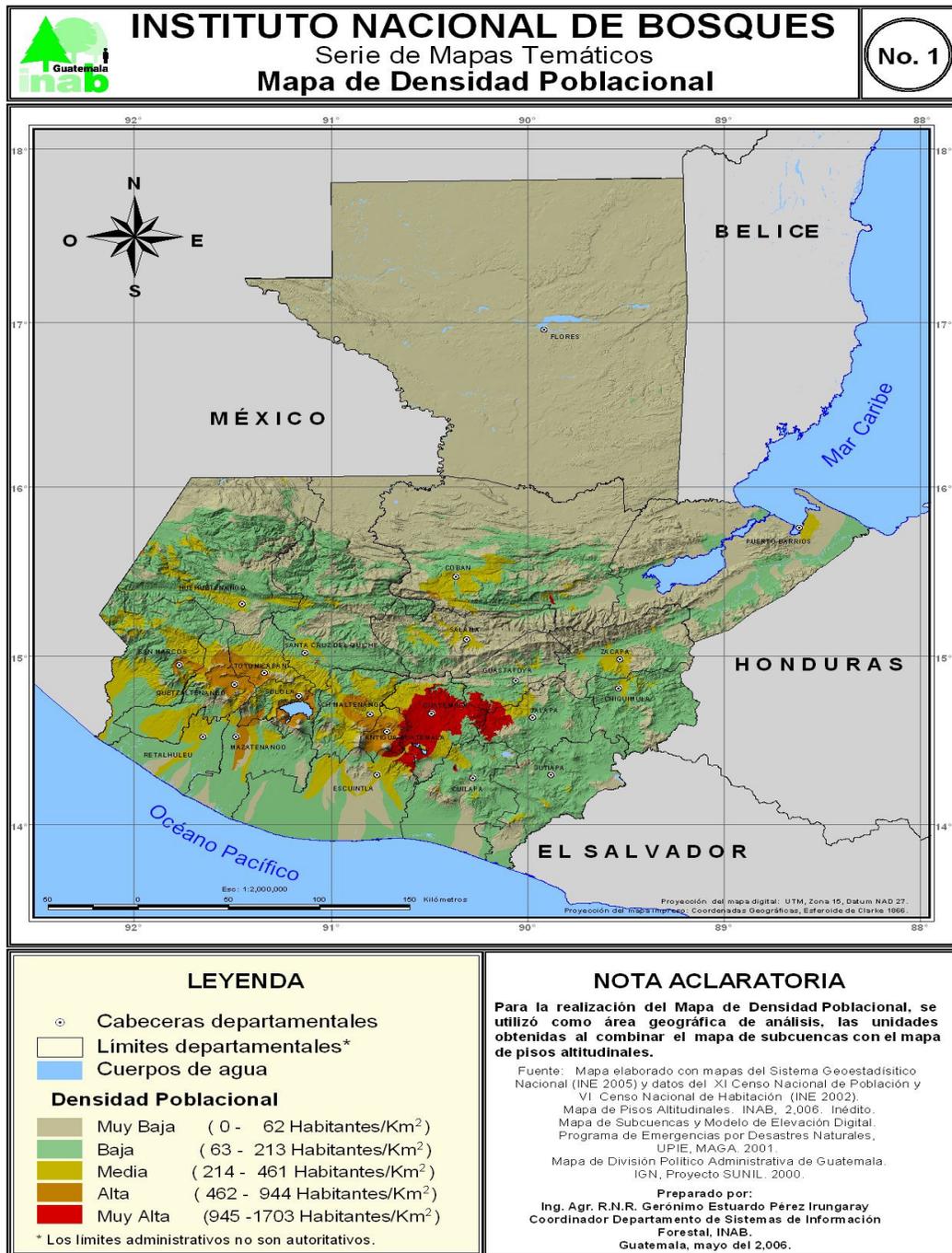
24	2	0.5	1	0.2	1	0.5	0.8	1.2
25	4	3.5	0.7	0.8	2.1	0.9	0.8	2.5
26	5	3.8	1.1	0.5	1.7	2.6	1.5	2.3
27	7	3.7	3.1	2.1	0.8	2.3	2.1	1.6
28	6	3.7	2.8	2.3	0.8	2.7	3.8	2.8
29	7	4.3	2.5	1.8	2.5	1.8	3.4	3.5
30	8	4.5	3.9	2.3	2.1	2.5	3.5	1.8
31	5	3.8	2.7	2.3	2.1	1.8	0.5	3.4
32	3	1.5	0.8	1	0.7	1.4	0.5	1.5
33	3	1	2.2	1.4	2.1	1.8	1.9	0.5
34	2	1.5	0.7	1	0.5	1	0.6	1
35	4	1.8	1.9	0.8	1.3	0.9	1.7	1.9
36	6	4.1	2	2.1	0.8	1.9	3.3	2.8
37	6	3.8	3.5	0.8	2	1.9	2.9	4.3
38	7	3	2.7	1.2	1.8	3.5	4.7	3.2
39	3	0.9	0.8	1	2.1	0.3	1	0.4
40	2	1	0	1	0.4	0.3	0.1	0.4
41	5	2.5	2.1	0.5	0	1.7	2.4	0.8
42	3	2	0.4	1.3	0.2	1	1.2	0.6
43	3	0.4	0.2	2.8	0.5	1.4	0.8	1.4
44	5	0.9	2.1	2.5	0.4	0.8	1.5	2.7
45	3	1.1	2	1.1	0.8	1.4	0.9	2.3
46	2	1	0.8	2.2	1.5	1.1	0.8	1.1
47	5	2.9	0.9	3.3	1.8	2.2	2.8	3.2
48	6	3.5	1.9	2.5	1.9	0.9	1.7	3.5
49	3	0.6	1.3	1.6	2.4	1.5	0.9	1.2

Agradezco a todas las personas que se vieron involucradas dentro de este trabajo de graduación, que desde el año 2006 comenzó a tomar forma gracias a la implementación del curso Introducción a la evaluación ambiental por parte de la escuela de ingeniería civil de la facultad de ingeniería, Universidad De San Carlos de Guatemala. En especial agradezco a:

Dr. Julio Paz	Ex Alcalde de Santa Lucía Cotzumalguapa
Francisco Vázquez Montepeque	Alcalde de La Gomera
Ramón Soto García	Alcalde de La Democracia
Alberto Rosales	Ex Miembro COCODE La Gomera
Jose Manuel Martínez	Ex Miembro COCODE Santa Lucía Cotzumalguapa

Mapa de densidad de población a nivel nacional

Figura 39. Mapa de densidad poblacional



Fuente: Instituto Nacional De Bosques (INAB 2006).

