



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

**CARACTERIZACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES GENERADOS EN
EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLÁ**

Francisco Sebastián Navichoc Ujpán

Asesorado por el Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa

Guatemala, septiembre de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**CARACTERIZACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES GENERADOS EN
EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLÁ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

FRANCISCO SEBASTIÁN NAVICHOC UJPÁN

ASESORADO POR EL ING. RAFAEL ENRIQUE MORALES OCHOA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Carlos Salvador Gordillo García
EXAMINADOR	Ing. Mario Estuardo Arriola Ávila
EXAMINADORA	Inga. María del Mar Girón Cordón
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento 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 DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES GENERADOS EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLÁ

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 15 de mayo de 2017.



Francisco Sebastián Navichoc Ujpán

Guatemala 08 de mayo de 2019

Ingeniero

Luis Manuel Sandoval Mendoza

Jefe del Departamento de Hidráulica

Facultad de Ingeniería

Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Sandoval:

Por medio de la presente me permito informar que, en mi calidad de asesor nombrado por la dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, he procedido a la revisión final del trabajo de graduación **CARACTERIZACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES GENERADOS EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLÁ**, desarrollado por el estudiante universitario Francisco Sebastián Navichoc Ujpán, Carné No. 2011-31380, determinando que el mismo cumple con todos los requisitos establecidos, por lo que de la manera más atenta solicito se autorice continuar con los trámites pertinentes para la aprobación final.

Atentamente,



Rafael Enrique Morales Ochoa
Ingeniero Civil
Maestría en Ingeniería Sanitaria
Maestría en Energía y Ambiente
Cól. 2,662

Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa

Asesor

No. de colegiado 2662



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Guatemala,
08 de mayo de 2019

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **CARACTERIZACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES GENERADOS EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLÁ** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Francisco Sebastián Navichoc Ujpán, con CUI 1944577880717 Registro Académico No. 201131380, quien contó con la asesoría del Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la ingeniería nacional y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑADA A TODOS

Ing. civil, Luis Manuel Sandoval Mendoza
Jefe Del Departamento de Hidráulica



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

/mrrm.



Más de 138 años de Trabajo y Mejora Continua



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa y Coordinador del Departamento de Hidráulica Ing. Luis Manuel Sandoval Mendoza, al trabajo de graduación del estudiante Francisco Sebastián Navichoc Ujpán **CARACTERIZACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES GENERADOS EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLÁ** da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco



Guatemala, septiembre 2019

/mrm.



Más de 138 años de Trabajo y Mejora Continua

Universidad de San Carlos
de Guatemala

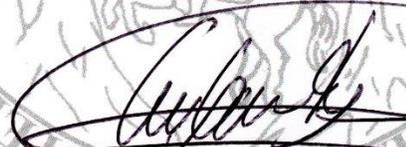


Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref.DTG.351.2019

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **CARACTERIZACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES GENERADOS EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLÁ**, presentado por el estudiante universitario: **Francisco Sebastián Navichoc Ujpán**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, Septiembre de 2019

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por darme la oportunidad de estar en este planeta, por la libertad de elegir lo que quiero ser, por la oportunidad de conocer a personas extraordinarias y experimentar esta forma humana.

Mis padres

Andrés Navichoc Cholotío (q.e.p.d.) y Teresa Ujpán Pérez, por brindarme su vida, su esfuerzo, su trabajo, su amor, su apoyo incondicional y por ser mi inspiración.

Mis hermanos

Claudio, Juana, Miriam, Ana, Andrés y Cecilia Navichoc (q.e.p.d.), por su gran amistad, por su gran apoyo en mi proyecto de vida y por todas las experiencias vividas.

Mi esposa

Delfina Par, por su apoyo incondicional en todos mis proyectos, por motivarme a seguir y persistir en mis metas y soñar conmigo.

Mi hija

Miriam Cecilia Navichoc Par, por darme la oportunidad de experimentar sentimientos inexplicables, por ser luz en mi vida; te amo mi morenita linda.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mi <i>alma mater</i> , abrirme los ojos y expandir mi mente, ya que nunca volveré a ver las cosas de la misma forma.
Facultad de Ingeniería	Por los conocimientos adquiridos y las experiencias vividas durante mi tiempo de estudios.
Mi asesor	El ingeniero Rafael Enrique Morales Ochoa, por su valiosa ayuda y sus conocimientos para la realización de este trabajo.
Mis amigos	Por su apoyo y sincera amistad.
Señora Margaret Carroll	Por enseñarme a luchar por mis sueños y por ser parte fundamental para culminar este sueño.
Mi mamá	Por su esfuerzo incansable y por darme la gran oportunidad de ser ingeniero civil.
Mi hermana Miriam Navichoc	Por cumplir el papel de padre y darme la oportunidad de culminar este gran sueño, que al principio parecía inalcanzable.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
1. CONCEPTOS BÁSICOS.....	1
1.1. Generalidades de los desechos sólidos	1
1.2. Generación de los desechos sólidos	2
1.2.1. Factores que influyen en la generación de desechos sólidos	3
1.3. Clasificación de desechos sólidos según su composición.....	5
1.3.1. Desechos sólidos orgánicos	5
1.3.2. Desechos sólidos inorgánicos	6
1.3.3. Desechos peligrosos	7
1.3.4. Desechos inertes	8
1.4. Clasificación de desechos sólidos según su origen.....	8
1.4.1. Desechos sólidos domiciliarios	9
1.4.2. Desechos sólidos industriales.....	9
1.4.3. Desechos sólidos hospitalarios.....	9
1.4.4. Desechos sólidos comerciales.....	12
1.4.5. Desechos sólidos de construcción.....	12
1.5. Caracterización de los desechos sólidos domiciliarios	12
1.5.1. Producción <i>per cápita</i>	13

1.6.	Propiedades de los desechos sólidos domiciliarios	14
1.6.1.	Peso	14
1.6.2.	Volumen	15
1.6.3.	Peso específico	15
1.6.4.	Humedad.....	15
1.6.5.	Poder calorífico	16
1.7.	Gestión de los desechos sólidos	17
1.8.	Formas de aprovechamiento de los desechos sólidos domiciliarios	18
1.8.1.	Reciclaje.....	18
1.8.2.	Compostaje	20
1.8.3.	Reutilización	21
1.9.	Riesgos de los desechos sólidos en la salud	22
1.9.1.	Riesgos directos.....	22
1.9.2.	Riesgos indirectos	26
1.10.	Efectos de los desechos sólidos en el ambiente	29
1.11.	Marco legal.....	31
2.	DATOS BÁSICOS DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLÁ.....	41
2.1.	Aspectos físicos del municipio de San Juan La Laguna, Sololá	42
2.1.1.	Ubicación geográfica.....	42
2.1.2.	Aspectos topográficos	43
2.1.3.	Demografía.....	44
2.1.4.	Clima	44
2.1.5.	Economía	46
2.1.6.	Servicios básicos.....	47
2.1.6.1.	Energía eléctrica	47

2.1.6.2.	Comunicaciones	48
2.1.6.3.	Drenajes	48
2.1.6.4.	Servicio de agua potable	48
2.1.6.5.	Servicio de recolección de desechos sólidos	49
2.1.6.6.	Servicio de disposición final de desechos sólidos	49
2.1.6.7.	Servicio de barrido de calles.....	49
2.1.7.	Nacimientos y manantiales.....	50
2.1.8.	Dimensión ambiental	50
2.1.8.1.	Suelos.....	50
2.1.9.	Casco urbano del municipio de San Juan La Laguna, Sololá.....	53
3.	DESARROLLO EXPERIMENTAL	57
3.1.	Selección de población sometida bajo estudio	57
3.2.	Logística y estudio de encuestas.....	60
3.3.	Cuantificación de los desechos sólidos domiciliarios	64
3.3.1.	Peso	67
3.3.2.	Volumen	68
3.3.3.	Peso específico	69
3.3.4.	Humedad	71
3.3.5.	Porcentaje de material reciclable y no reciclable	72
3.4.	Determinación de la Producción <i>Per Cápita</i> (PPC) del casco urbano del municipio de San Juan La Laguna, Sololá.....	72
4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS	75

4.1	Propuesta para el manejo y el mejor aprovechamiento de los desechos sólidos en el casco urbano del municipio de San Juan La Laguna, Sololá.....	75
4.1.1.	Reducción	75
4.1.2.	Reutilización	77
4.1.3.	Reciclaje.....	78
4.1.4.	Compostaje	81
4.1.4.1.	Elaboración del compostaje casero	84
	CONCLUSIONES.....	87
	RECOMENDACIONES	89
	BIBLIOGRAFÍA.....	91
	APÉNDICES.....	97
	ANEXOS.....	103

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Desechos sólidos orgánicos.....	5
2.	Desechos sólidos inorgánicos	6
3.	Desechos inertes.....	8
4.	Reciclaje de latas y cartón.....	19
5.	Compostaje	21
6.	Plagas proliferadas de los desechos sólidos.....	28
7.	Alteración del ambiente	30
8.	Marco legal guatemalteco correspondiente a la gestión de residuos y desechos sólidos	40
9.	Ubicación del departamento de Sololá	41
10.	Ubicación del municipio de San Juan La Laguna.....	42
11.	Clasificación de los suelos de San Juan La Laguna.....	52
12.	Casco urbano de San Juan La Laguna	53
13.	Nivel académico de los habitantes de San Juan La Laguna	54
14.	Población económicamente activa de San Juan La Laguna	54
15.	Generación de desechos sólidos según los habitantes del casco urbano de San Juan La Laguna.	61
16.	Clasificación que realizan los habitantes del casco urbano de San Juan La Laguna.	62
17.	Beneficios obtenidos de clasificar los desechos sólidos.....	63
18.	Método para la clasificación de desechos sólidos.....	65
19.	Recipiente cilíndrico para medición de volumen.....	66
20.	Balanza	66

21.	Porcentaje de desechos sólidos recolectados	67
22.	Volumen suelto (m ³).....	68
23.	Volumen compactado (m ³).....	69
24.	Peso específico suelto (kg/m ³).....	70
25.	Peso específico compactado (kg/m ³).....	70
26.	Porcentaje de materiales reciclable y no reciclable.....	72

TABLAS

I.	Tiempo de degradación de residuos sólidos inorgánicos.	7
II.	Composición física de los desechos sólidos domiciliarios	13
III.	Generación <i>per cápita</i> , por tamaño de ciudades	14
IV.	Poder calorífico de desechos sólidos.....	16
V.	Determinación de poder calorífico	17
VI.	Diferentes patógenos y las enfermedades que pueden causar.	25
VII.	Clasificación de los artrópodos de interés médico-sanitario.	27
VIII.	Población de San Juan La Laguna	43
IX.	Estación meteorológica Santiago Atitlán.....	45
X.	Servicio de agua potable	48
XI.	Peso de desechos sólidos	67
XII.	Contenido de humedad en las muestras orgánicas	71

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
E	Error permisible
Kg	Kilogramos
kg/hab/día	Kilogramo por habitante por día
kg/m³	Kilogramo por metro cúbico
km/h	Kilómetro por hora
lb	Libra
m	Metro
m³	Metro cúbico
N	Número total de viviendas
%	Porcentaje
PPC	Producción per cápita o por habitante

GLOSARIO

Aerobio	Procesos u organismos que necesitan oxígeno para desarrollarse y vivir.
Anaerobio	Procesos u organismos que se desarrollan en un medio sin existencia de oxígeno.
Biodegradación	Descomposición natural de una sustancia o producto no contaminante por la acción de agentes biológicos.
Caracterización	Determinación de atributos de un objeto o persona.
Disposición final	Servicio final que reciben los desechos sólidos de cierto lugar.
Lixiviado	Producto de la percolación de las precipitaciones con los desechos sólidos al aire libre.
Proliferación	Reproducción acelerada de un organismo vivo.
SI	Sistema Internacional de Medidas.

Sistema edáfico

Servicio final que reciben los desechos sólidos de cierto lugar.

RESUMEN

El planteamiento principal de este trabajo de graduación es determinar y caracterizar los desechos sólidos que se generan en el casco urbano del municipio de San Juan La Laguna, Sololá, para coadyuvar en la implementación de un plan de manejo adecuado de desechos sólidos e implementación de sistemas energéticos, o bien la información recopilada puede ser utilizada para otros estudios o planificaciones futuras en que se pretenda minimizar, reutilizar y reciclar los desechos sólidos domiciliarios para obtener el mejor aprovechamiento de los mismos antes de su disposición final.

Para realizar la caracterización de desechos sólidos es necesario conocer la clasificación precisa de los desechos y los grupos en los cuales pueden ser clasificados, para obtener mejores resultados en el manejo y disposición final. Para dicho análisis se utilizará el método de análisis de desechos sólidos del Dr. Kunitoshi Sakurai¹.

La falta de una legislación estricta del manejo de los desechos sólido es una problemática que afecta a todo Guatemala, derivando en otros tipos de problemas que afectan al medio ambiente. La falta de educación ambiental e indiferencia por parte de las autoridades competentes al ignorar la latente problemática y no implementar un plan de manejo adecuado de los desechos sólidos, genera el aumento de los botaderos clandestinos a cielo abierto, contaminando el ambiente en diferentes formas y alterando los ecosistemas.

¹ CEPIS/OPS. *Método sencillo del análisis de residuos sólidos*.. Revista AIDIS de ingeniería y ciencias ambientales, 2000. 14 p.

OBJETIVOS

General

Caracterizar los desechos sólidos domiciliarios del casco urbano del municipio de San Juan La Laguna, Sololá.

Específicos

1. Determinar la producción *per cápita* (PPC), expresada en kg/habitante/día, de los residuos sólidos domiciliarios generados en el casco urbano del municipio de San Juan La Laguna, Sololá.
2. Determinar el peso, densidad, volumen y contenido de humedad de las muestras de los desechos sólidos domiciliarios.
3. Determinar el porcentaje de materia reciclable y no reciclable contenida en las muestras sometidas bajo estudio.
4. Elaborar una fuente de información actualizada que sirva de base para la creación de propuestas para el manejo y eliminación apropiados de los desechos sólidos.

INTRODUCCIÓN

La caracterización de desechos sólidos es una herramienta útil que proporciona información básica sobre los parámetros de los desechos sólidos producidos en determinada población, esta información puede ser útil para el diseño, ampliación y mejoramiento de los sistemas de tratamiento de los desechos sólidos, su respectiva recolección y la disposición final de los mismos.

El trabajo pretende realizar una caracterización de los desechos sólidos que se generan en el casco urbano del municipio de San Juan La Laguna, Sololá. Los resultados obtenidos del estudio pueden ser utilizados en el mejoramiento del manejo, clasificación, reutilización y reducción de los desechos sólidos, así como para proporcionar a la población una herramienta útil para el manejo de sus desechos y el mejor aprovechamiento de los mismos antes de ser transportados para su disposición final.

Para la caracterización de los desechos sólidos se empleará el método de análisis de desechos sólidos del Dr. Kunitoshi Sakurai². Básicamente consiste en someter a estudio la población implementando métodos estadísticos para la obtención de una muestra representativa de las viviendas participantes, y de esta forma reducir tiempo y costos durante el desarrollo del estudio, en el cual se pretende conocer primeramente las características de los residuos, tales como: composición, densidad y contenido de humedad.

² Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente CEPIS/OPS. *Hojas de Divulgación Técnica (HDT) - No 17.*

El capítulo I expone conceptos generales y características de los desechos sólidos, su composición física y las consecuencias que para el ambiente tiene el mal manejo. En el capítulo II se encuentra información y datos sobre el municipio de San Juan La Laguna, Sololá.

Por su parte, el capítulo III detalla el desarrollo experimental de los datos obtenidos de las encuestas y la caracterización de los desechos sólidos. Por último, el capítulo IV presenta un análisis de los resultados obtenidos, así como una propuesta para el buen manejo de los desechos domiciliarios, mediante la reducción, reutilización y reciclaje de desechos sólidos.

1. CONCEPTOS BÁSICOS

1.1. Generalidades de los desechos sólidos

Los desechos sólidos son uno de los temas más preocupantes en los últimos años, debido a las grandes cantidades producidas en las ciudades, ocasionando problemas ambientales y de salud. No obstante, algunas personas la han visto como una actividad rentable para el sustento de sus familias y otras como un negocio dedicado al reciclaje.

Se entiende como desechos sólidos a todos aquellos objetos, materiales o sustancias que se generaron por medio de una actividad, ya sea del tipo productivo o de consumo, y que no representan valor económico para las personas, por lo cual se deshacen de estos. Sin embargo, esos objetos tienen valor comercial al recuperarlos mediante procesos tecnológicos e incorporarlos al ciclo de vida de la materia³.

Los desechos sólidos son aquellos objetos producto de la desintegración de un material, que deja de representar utilidad, no sirven y que no son reciclados o reutilizados⁴. En algunos casos, el objeto no se puede recuperar o reciclar por distintas razones a considerar, como: el origen, la estructura química, que puede ser tóxica y contener aceites, solventes, etc. Entonces a aquel objeto se le definirá como un desecho, que deberá tener un proceso adecuado para evitar cualquier tipo de daños al ambiente, así como a la salud de las personas (ambiente libre de residuos sólidos).

³ CASTELLS, X. *Reciclaje de residuos industriales*. p.15

⁴ BERNARD, J. *Conversión de basura en recursos*. p. 33

Además, los hábitos, costumbres y economía de las personas que cada vez tienen una calidad de vida mejor, están afectando al ambiente, contribuyendo al incremento de desechos sólidos y al agotamiento de materia prima. Estas variaciones influyen en las decisiones a los problemas de los residuos sólidos.

1.2. Generación de los desechos sólidos

La generación de los desechos se da en actividades humanas o animales, mediante actividades productivas o de consumo. Es por el momento una actividad que tiene muy poco control en algunos países y se espera que en un futuro no muy lejano exista un mayor y estricto control para los mencionados. En la generación de los residuos, restos, escombros o basura son reconocidos por:

- No poseer ningún valor adicional
- Ser tirados o rechazados

Los desechos sólidos se generan desde el inicio del proceso de conversión de la materia prima en algún producto final, y durante cada paso del proceso, mientras las materias primas son convertidas en bienes para el consumo de la población. Por ejemplo, cuando una persona cualquiera compra un producto de consumo, ya sea chocolates, caramelos, etc., el envoltorio de dichos productos suele ser considerado de poco valor para la persona que lo consumió, y en ocasiones suele ser tirado al aire libre o rara vez es depositado en recipientes, provocando de esta manera la generación de los desechos sólidos en las calles o en el lugar donde fueron botados.

1.2.1. Factores que influyen en la generación de desechos sólidos

Existen algunos factores que afectan directamente a las cantidades de residuos generados, las cuales se detallan a continuación:

- Reducción en origen y reciclaje

Se podría realizar mediante la elaboración de productos con un mínimo contenido tóxico, menor volumen y aumentar la duración de vida útil. “Además, en los domicilios, comercios, instituciones se puede realizar la reducción a través de adquisiciones selectivas y reutilización de los productos para aprovecharlos nuevamente”⁵.

- Actitudes públicas

“Cambiar las actitudes de las personas comenzando por los hábitos y estilos de vida, para reducir así la generación de los desechos mediante programas educacionales y campañas sociales”⁶.

- Legislación

“Uno de los puntos más importantes que influyen en la generación de los desechos sólidos son las leyes, normas y códigos que rigen en las ciudades establecidas por la autoridad competente”⁷.

⁵ CAMPOS GÓMEZ, I. *Saneamiento ambiental*. p.44

⁶ GLYNN, Heinke. *Ingeniería ambiental*. p. 11.

⁷ CAMPOS GÓMEZ, I. op. cit., p. 45

- Frecuencia de recolección

El sistema de recolección también influye en la generación de cantidades de residuos, pues en algunas zonas se requiere una recolección más frecuente que en otras, esto dependerá de factores socioeconómicos y la actividad económica principal.

- Condiciones económicas

El estrato socioeconómico de las familias contribuye a la generación de los residuos sólidos, pues el consumo puede ser mayor o menor de acuerdo a su estatus económico.

- Acontecimientos especiales

“En este grupo intervienen las festividades de la ciudad, eventos públicos y privados, incluso los residuos ocasionados por desastres naturales que alteran la generación de los residuos sólidos”⁸.

- Temporadas del año

La generación de los desechos sólidos domiciliarios también se ve afectada por las diferentes temporadas de año, el consumo de los hogares varía según la temporada, en el verano se generan más desechos orgánicos ya que el consumo de frutas o vegetales aumenta y de la misma manera aumentan los desechos sólidos.

⁸ LÓPEZ, Jorge; PEREIRA, Juan; RODRÍGUEZ, Rubén. *Eliminación de los residuos sólidos urbanos*. p. 37

1.3. Clasificación de desechos sólidos según su composición

Según su composición los residuos sólidos se clasifican de la siguiente manera:

1.3.1. Desechos sólidos orgánicos

Son los desechos sólidos más comunes, se generan en mayor cantidad que los otros tipos de desechos, son de origen animal y vegetal, entre su variedad pueden encontrarse: cáscaras de frutas, restos de comida, plantas, ramas de árboles, que son desechados principalmente de los domicilios. Estos desechos, luego de su biodegradación o putrefacción bacteriana, pueden ser utilizados como abono por sus componentes naturales, son bien recibidos por la naturaleza nuevamente y brindan sus nutrientes al suelo.

Figura 1. **Desechos sólidos orgánicos**



Fuente: elaboración propia.

1.3.2. Desechos sólidos inorgánicos

“Son aquellos residuos que no pueden ser degradados o desdoblados naturalmente, o bien, si esto es posible, sufren una descomposición demasiado lenta. Estos residuos provienen de minerales y productos sintéticos. Ejemplos: metales, plásticos, vidrios, cristales, cartones, pilas, etcétera”⁹.

Figura 2. Desechos sólidos inorgánicos



Fuente: elaboración propia.

Su tiempo de degradación es muy largo, en la mayoría de los casos, y puede tardar miles de años.

⁹ RUIZ, Antonio. *Guía para la implementación del programa piloto de reaprovechamiento de residuos sólidos en Hutamanaga*. p. 7.

Tabla I. **Tiempo de degradación de residuos sólidos inorgánicos**

Residuos sólidos inorgánicos	
Material	Tiempo de degradación
Papel	2 a 4 semanas
Cartón	1 a 3 meses
Madera	3 a 4 años
Metal	350 a 500 años
Plástico	100 a 1000 años
Vidrio	3,000 a 4,000 años

Fuente: *Tiempo de degradación de residuos*. www.line.do/es/tiempo-de-descomposicion-de-los-residuos-solidos/mh2/vertical. Consulta: 15 de junio de 2017.

1.3.3. Desechos peligrosos

“Todo desecho que, por sus características corrosivas, tóxicas, venenosas, reactivas, explosivas, inflamables, biológicas, infecciosas, irritantes, de patogenicidad, carcinogénicas, representa un peligro para los seres vivos, el equilibrio ecológico y el medio ambiente”¹⁰.

Se consideran peligrosos porque no es posible la regeneración del medio que dañan, por su alta contaminación. Entre estos se puede mencionar: plaguicidas, baterías de autos, sustancias contaminadas con metales pesados, cloro e hidrocarburos, aceites quemados, desechos de equipos de rayos X y desechos agroquímicos, además de los desechos hospitalarios.

Para su disposición final estos desechos son almacenados según su peligrosidad, se monitorea su generación térmica y la emanación radiactiva al

¹⁰ LAGREGA, Michael; BUCKINGHAM, Phillip; EVANS, Jeffrey. *Gestión de residuos tóxicos, tratamiento, eliminación y recuperación de suelos*. p. 25.

ambiente. Es necesario el uso de equipo de protección personal avanzado para su manipulación.

1.3.4. Desechos inertes

Son los desechos que no sufren una transformación química, física o biológica, ya que no se mezclan con ningún otro componente y “no generan ningún tipo de gas o toxicidad al ambiente o seres vivos, entre estos se encuentran: los restos de ripio de una construcción, tierra, ladrillos y blocks”¹¹.

Figura 3. **Desechos inertes**



Fuente: elaboración propia.

1.4. Clasificación de desechos sólidos según su origen

Por su origen los desechos sólidos se clasifican de la siguiente manera:

¹¹ EGUIZABAL, Ana. *Caracterización de desechos sólidos domiciliarios*. p.4

1.4.1. Desechos sólidos domiciliarios

Son desechos que se generan en áreas rurales y urbanas, engloban los residuos sólidos orgánicos e inorgánicos. Varían en función de factores culturales asociados a los niveles socioeconómicos, hábitos de consumo, desarrollo tecnológico y estándares de calidad de vida de la población. Algunas veces pueden presentarse desechos peligrosos como: medicina vencida, pesticidas de jardinería, pintura, aerosoles, baterías y lámparas fluorescentes, solventes, etcétera.

1.4.2. Desechos sólidos industriales

Son los originados por los diferentes procesos industriales ligeros y pesados, estos desechos varían según el tipo de industria que los produzca como: proceso de fabricación de cuero, procesos de elaboración de textiles, proceso de elaboración de azúcar, extracción de petróleo, etcétera. Se presentan en gran mayoría los desechos peligrosos por el uso de sustancias químicas y la generación de escorias y fibras dañinas para el ser humano y para los ecosistemas cercanos.

1.4.3. Desechos sólidos hospitalarios

Son los desechos producidos durante el desarrollo de sus actividades por los entes generadores, tales como hospitales públicos o privados, sanatorios, clínicas, laboratorios, bancos de sangre, centros clínicos, casas de salud, clínicas odontológicas, control de maternidad y en general “cualquier establecimiento donde se practiquen los niveles de atención humana o

veterinaria, con fines de prevención, diagnóstico, tratamiento, recuperación y rehabilitación de la salud”¹².

El Acuerdo Gubernativo 509-2001 del Congreso de la República de Guatemala establece la clasificación por su peligrosidad de los desechos hospitalarios:

- Desechos bioinfecciosos: son todos los desechos que han sido utilizados para la curación o atención a los pacientes, presentan diferentes niveles de peligro potencial por su exposición a patógenos, virus y bacterias, de acuerdo con el grado de exposición que hayan tenido con los agentes infecciosos como: jeringas, bisturíes, algodones, órganos y tejidos, sangre, vacunas vencidas, cadáveres o partes de animales infectados, etcétera.

Deberán depositarse en bolsas o recipientes de color rojo con la simbología de bioinfecciosos, tal y como se expresa al final de este artículo. Los desechos infecciosos referidos a las jeringas, aguas hipodérmicas y cualquier otro tipo de aguja, deberán ser destruidos por medio de máquina trituradora o termotrituradora; o en su caso, embalsarse en caja de cartón o recipientes plásticos apropiados y debidamente cerrados y sellados, debiéndose incluir tanto los desechos de la trituradora o termotrituradora, así como los de cajas antes referidas en la bolsa roja correspondiente.

- Desechos especiales: son los desechos generados durante las actividades auxiliares de los centros de atención de salud que no han entrado en contacto con los pacientes ni con los agentes infecciosos. Constituyen un

¹² Acuerdo Gubernativo 509-2001 del Congreso de la República. *Clasificación de desechos hospitalarios*. p.2.

peligro para la salud por sus características agresivas tales como corrosividad, reactividad, inflamabilidad, toxicidad, explosividad y radiactividad. Estos desechos se generan principalmente en los servicios auxiliares de diagnóstico y tratamiento, directos, complementarios y generales. Pueden ser, entre otros: desechos químicos peligrosos, desechos farmacéuticos como medicina vencida, medicina contaminada, desechos radioactivos.

Deben depositarse en bolsas de color blanco con la simbología de químicos, tal y como se expresa al final del presente artículo. La cristalería entera o rota debe embalarse en caja de cartón parafinada o recipiente plástico apropiado y debidamente cerradas y selladas; debiéndose depositar dentro de las bolsas de color blanco.

- Desechos comunes: son todos los desechos generados por las actividades administrativas, auxiliares y generales que no corresponden a ninguna de las categorías anteriores, no presentan peligro para la salud y sus características son similares a las que presentan los desechos domésticos comunes, entre estos: periódico, flores, papel, desechos de productos no químicos utilizados para la limpieza y enseres fuera de servicio; así como los desechos de restaurantes, tales como envases, restos de preparación de comidas, comidas no servidas o no consumidas, desechos de los pacientes que no presentan patología infecciosa, y desechables como platos de plástico, servilletas y otros.

Deben depositarse en bolsas o envases de color negro.

- Otros desechos: son los desechos de equipamiento médico obsoleto sin utilizar.

1.4.4. Desechos sólidos comerciales

Se originan principalmente en el área urbana por tiendas, centros comerciales, hoteles, supermercados y restaurantes u otros comercios. Por sus características son muy similares a los residuos domiciliarios.

1.4.5. Desechos sólidos de construcción

Son todos los desechos y residuos provenientes de construcciones y demoliciones debido a construcción de nuevas edificaciones, remodelaciones o ampliación, que generan escombros, los cuales pueden aprovecharse y no presentan un mayor impacto al ambiente o los ecosistemas por ser considerados un desecho inerte.

1.5. Caracterización de los desechos sólidos domiciliarios

El proceso de caracterización consiste en la determinación de un parámetro que proporciona datos cualitativos y cuantitativos para la toma de decisiones. En proyecciones, diseños de sistemas de manejo y disposición final de desechos sólidos, se debe poner especial atención a este parámetro desde la selección de la muestra hasta su análisis estadístico, ya que de esto dependerá la mejora de la calidad de vida y la minimización del impacto a los ecosistemas.

La siguiente tabla muestra la composición física de los desechos sólidos domiciliarios:

Tabla II. **Composición física de los desechos sólidos domiciliarios**

Componente	Tipos de residuos.
Papel y cartón	Periódicos, revistas, cajas, papel usado.
Trapos	Ropa vieja, mantas de cocina.
Madera y follaje	Hojas de plantas, palos, restos de madera utilizada.
Restos de alimentos	Residuos de comida, vegetales, excremento de animales.
Plásticos, caucho y cuero	Botellas plásticas, zapatos, abrigos, cinchos.
Metales	Baterías, latas, marcos de hierro.
Vidrios	Recipientes de vidrio
Suelos y otros	Suelo de jardín, polvo, suciedad.

Fuente: KUNITOSHI, Sakurai. *Método sencillo del análisis de residuos sólidos.*

www.bvsde.paho.org. Consulta: 22 de junio de 2017.

1.5.1. Producción *per cápita*

También se la conoce con el nombre de Producción Per Cápita (PPC), es aquella que permite estimar las cantidades de residuos generadas por cada persona. “La producción de residuos se mide en valores unitarios como: kilogramos de residuos sólidos por habitantes día, kilogramos por vivienda día, kilogramos por cuadra día, kilogramos por tonelada de cosecha o kilogramos por número de animales por día, correspondiente al estudio de una región. De las mencionadas anteriormente, la más usada es kg/hab./día”¹³.

$$PPC = kg/hab/día$$

¹³ JARAMILLO, Jorge. *Una solución para la disposición final de residuos sólidos municipales en pequeñas poblaciones.* p. 16.

En el 2002 se llevó a cabo un estudio en Ecuador denominado Análisis Sectorial de Residuos Sólidos, registrando valores de generación *per cápita* especificados en la siguiente tabla:

Tabla III. **Generación *per cápita*, por tamaño de ciudades**

Tipo de ciudad	GPC (Kg/hab./día)	referencia
Metrópolis	0,85	Quito
Grande	0,65	Santo Domingo
Mediana	0,64	Riobamba
Pequeña	0,45	Tena

Fuente OPS/OMS. *Generación per cápita de Ecuador en 2002.*

<http://www.paho.org>. Consulta: 23 de junio de 2017

1.6. **Propiedades de los desechos sólidos domiciliarios**

Los desechos sólidos muestran propiedades que sirven para su correcta clasificación y estudio, las principales son las siguientes:

1.6.1. **Peso**

Representa la masa de los desechos sólidos, según el SI se mide en kilogramos (kg) y puede ser húmedo o seco según las condiciones de los mismos.

Peso = masa de desechos sólidos (kg)

1.6.2. Volumen

Representa el espacio que ocupa determinada masa de los desechos sólidos, según el SI se mide en metros cúbicos (m³).

Volumen = espacio que ocupara la masa (m³)

1.6.3. Peso específico

También llamado densidad, es la relación del peso de un material por unidad de volumen, se representa en el SI con las unidades (kg/m³). Se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Densidad de desecho sólido} = \frac{\text{masa de desecho sólido (kg)}}{\text{volumen de desecho sólido (m}^3\text{)}}$$

1.6.4. Humedad

Es la cantidad de agua contenida en la masa de los residuos sólidos, se calcula mayormente en los desechos orgánicos, porque presenta un excesivo contenido de agua debido a su composición física. Se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{\text{peso húmedo (kg)} - \text{peso seco (kg)}}{\text{peso seco (kg)}} \times 100$$

1.6.5. Poder calorífico

Es la cantidad de energía generada por la reacción química, en este caso la combustión de un kilogramo de desechos sólidos mixtos.

$$\text{Poder calorífico} = \frac{\text{Kcal}}{\text{masa de los desechos sólidos (Kg)}}$$

Tabla IV. Poder calorífico de desechos sólidos

Componentes	Poder calorífico
Plásticos, caucho y cuero	9000 kcal/kg
Papel y cartón	4000 kcal/kg
Madera y follaje	4000 kcal/kg
Restos de alimentos	4000 kcal/kg
Trapos	4000 kcal/kg
Metales	0 kcal/kg
Vidrio	0 kcal/kg
Suelos y otros	0 kcal/kg

Fuente: KUNITOSHI, Sakurai. *Método sencillo del análisis de residuos sólidos*.

www.bvsde.paho.org. Consulta: 22 de junio de 2017.

El cálculo del poder calorífico implica conocer la composición húmeda y seca de los desechos, la cual es de la siguiente manera:

Tabla V. **Determinación de poder calorífico**

Componentes	Composición húmeda (%)	Composición seca (%)	Poder calorífico (kcal/kg)
Restos de alimentos	a	$a + b + c + d - W$	$\frac{a + b + c + d - W}{100} \times 400$
xPapel y cartón	b		
Madera y follaje	c		
Plásticos, caucho y cuero	d		
Trapos	e	e	$\frac{e}{100} \times 9000$
Metales	f	f	$\frac{f + g + h + W}{100} \times 400$
Vidrio	g	g	
Suelos y otros	h	h	
Agua	-	w	
total	100%	100%	$40(a + b + c + d - W) + 90e$

Fuente: KUNITOSHI, Sakurai. *Método sencillo del análisis de residuos sólidos*.

www.bvsde.paho.org. Consulta: 22 de junio de 2017.

1.7. **Gestión de los desechos sólidos**

- Gestión integral de los residuos sólidos urbanos (GIRSU)

La gestión integral de los residuos sólidos es un sistema basado en el desarrollo sostenible, el cual es llevar a cabo una disciplina para tener un buen manejo y control de los residuos (según el Observatorio Nacional de Gestión de Residuos, Ecuador). “Para llevar a cabo un buen manejo y control de los mismos se deben realizar las siguientes etapas o actividades”¹⁴:

¹⁴ TCHOBANOGLOUS, G; THEISEN, H. *Gestión integral de residuos sólidos (Vol. 1)*. p. 320.

- Generación.
- Separación y manipulación, almacenamiento y procesamiento en el origen de los residuos.
- Recolección.
- Separación, procesamiento y transformación de residuos sólidos.
- Tratamiento.
- Transferencia y transporte.
- Disposición final o evaluación.

Aplicar un sistema de gestión integral de residuos sólidos es de gran ayuda, ya que la revalorización de estos residuos contribuye a tener un ambiente más saludable, menos contaminación y además permite realizar varias actividades productivas como el reciclaje, aprovechamiento de materiales, elaboración de nuevos productos a partir del reciclaje, entre otros.

1.8. Formas de aprovechamiento de los desechos sólidos domiciliarios

Existen diferentes formas de aprovechar los desechos sólidos, estas son las mas utilizadas.

1.8.1. Reciclaje

El reciclaje consiste en dar un aprovechamiento a los residuos sólidos que se generan y obtener de estos una materia prima que pueda ser incorporada de manera directa a un ciclo de producción o de consumo. “El proceso de reciclaje es una actividad que conlleva la utilización de energía para poder obtener nuevos productos en una planta recicladora”¹⁵. El reciclaje puede constar de varias

¹⁵ CAREAGA, J. A. *Manejo de reciclaje de los residuos de envases y embalajes*. p. 73.

etapas: procesos de tecnologías limpias, reconversión industrial, separación, recolección selectiva de acopio, reutilización, transformación y comercialización.

Su objetivo es evitar que los desechos lleguen a botaderos a cielo abierto o rellenos sanitarios, reduciendo los volúmenes destinados a los sitios de disposición final. Se realiza principalmente con botellas plásticas, latas de aluminio, cartones, papel y llantas. El uso del reciclaje disminuye el gasto de recursos naturales y energía. Para facilitar el proceso de reciclaje es necesario no mezclar los desechos porque dañan a otros que pueden ser reutilizables, como:

- Orgánico con inorgánico
- Biodegradable reutilizable con no biodegradable tóxico

Tradicionalmente el sector de las bebidas y los alimentos líquidos ha sido el que mayor proporción de reutilización de los envases ha desarrollado. Sin embargo, el sistema aplicado durante muchos años ha empezado a desaparecer debido a los nuevos hábitos de consumo y a la implantación de nuevos sistemas de distribución.

Figura 4. **Reciclaje de latas y cartón**



Fuente: elaboración propia.

1.8.2. Compostaje

El compostaje es una tecnología de bajo coste que permite transformar residuos y subproductos orgánicos en materiales biológicamente estables que pueden utilizarse como abonos del suelo y como sustratos para cultivo sin suelo, disminuyendo el impacto ambiental de los mismos y posibilitando el aprovechamiento de los recursos que contienen. Se define como un proceso bioxidativo controlado, que se desarrolla sobre sustratos orgánicos heterogéneos en estado sólido, debido a la actividad secuencial de una gran diversidad de microorganismos que crecen y se reproducen en los materiales orgánicos en descomposición. Implica el desarrollo de una fase termofílica que genera temporalmente fitotoxinas, siendo productos de la biodegradación el dióxido de carbono, agua, minerales y una materia orgánica estabilizada denominada *compost*, con ciertas características húmicas y libre de compuestos fitotóxicos y agentes patógenos¹⁶.

La consecuencia final de estas actividades vitales es la transformación de los materiales orgánicos originales en otras formas químicas. “Los productos finales de esta degradación dependerán de los tiempos de metabolismo y de los grupos fisiológicos que hayan intervenido”¹⁷.

¹⁶ PALMERO, Rafael. *Sobre el compost*. compostandociencia.com. Consulta: 17 de junio 2018.

¹⁷ COLOMER, F. GALLARDO, A. *Tratamiento y gestión de residuos sólidos*. p. 196.

Figura 5. **Compostaje**



Fuente: *Compostaje*.

https://www.harmonia.la/entorno/como_aprovechar_los_restos_de_comida_para_hacer_composta_casera. Consulta: 19 de junio de 2018.

1.8.3. Reutilización

Reutilizar es volver a hacer uso de un objeto en vez de que este sea colocado en un depósito de basura. Reutilizar objetos no conlleva la utilización de energía para que se conserve el mismo.

La reutilización es una actividad que se lleva a cabo con materiales como: cartones, envases de vidrio, envases de botellas plásticas, papel, ropa, recipientes plásticos, entre otros. En la actualidad todavía se sigue haciendo uso de botellas plásticas y de vidrio bajo el concepto de “botellas retornables” en lugares donde se venden bebidas gaseosas, “así también botellas plásticas que son “no retornables” se utilizan para la venta de productos químicos de limpieza como: cloro, desinfectantes, ácido sulfúrico, entre otros”¹⁸.

¹⁸ SEMARNAT. *Guía para la gestión integral de los residuos sólidos municipales*. p. 36

1.9. Riesgos de los desechos sólidos en la salud

Las alteraciones ecológicas provocadas por la inmensa cantidad de residuos generados sin recibir ningún tipo de tratamiento, vertidos en basureros clandestinos, basureros a cielo abierto o ríos para su eliminación, traen como consecuencia diversos cambios que empeoran el nivel de vida de determinadas zonas y desencadenan efectos que pueden resultar perniciosos para la salud humana y el medio ambiente. Los residuos sólidos tienen un alto poder contaminante, entre los distintos problemas de tipo sanitario que generan los residuos sólidos se pueden citar los efectos sobre el medio en sus distintos factores ambientales como agua, aire, suelo, etcétera, que trae como consecuencias trastornos a la población y daños irreparables a los ecosistemas (contaminación de ríos y lagos, contaminación de aguas freáticas, extinción de especies animales y vegetales, etcétera). Por otro lado, “los problemas asociados con el crecimiento de agentes patógenos sobre los residuos pueden ser la causa de epidemias devastadoras. Los residuos sólidos pueden contener diversos agentes patógenos humanos y animales (virus, bacterias, protozoos y helmintos), los cuales encuentran un medio óptimo para su crecimiento y proliferación”¹⁹.

1.9.1. Riesgos directos

Son ocasionados por el contacto directo con los desechos sólidos, que contienen desechos peligrosos y excrementos humanos y de animales. “Las enfermedades que más se pueden adquirir son: fiebre tifoidea, cólera, paludismo y dengue, además de enfermedades del tracto intestinal y diarreico. Se adquieren por no tener un equipo de protección adecuada en la manipulación de los

¹⁹ COLOMER, F. GALLARDO, A. *Tratamiento y gestión de residuos sólidos*. p. 43.

residuos o por habitar en el medio, donde proliferan plagas”²⁰. Se da también por el consumo de agua contaminada debido a los lixiviados que se infiltran al suelo contaminando los mantos freáticos y pozos de donde es extraída el agua, o bien por el arrastre de los propios residuos que quedan esparcidos y son arrastrados por las escorrentías, con lo cual aportan agentes contaminantes aguas abajo en donde pueden ser captados para varios usos. “Como principales problemas sanitarios ocasionados por la mala gestión de los residuos sólidos se consideran”²¹:

- Contaminación biótica: entre los residuos sólidos se encuentran diversos componentes de origen animal o humano que aportan un gran número de microorganismos patógenos al medio. Estos componentes suelen ser pañales, excretas, comida contaminada, etcétera. Los agentes patógenos capaces de provocar enfermedades infecciosas pueden agruparse en las siguientes categorías biológicas:
 - Virus: proceden fundamentalmente de excretas, mucosas, alimentos en mal estado, su transmisión se realiza con el contacto directo con los residuos.
 - Bacterias: son fundamentales para la degradación y mineralización de la materia orgánica, en la que crecen rápidamente, sin embargo junto a estos grupos aparecen otros de carácter patógeno.
 - Hongos: algunas especies de hongos suelen ser nocivas para el ser humano y los animales.

²⁰ EGUIZABAL, Ana. *Caracterización de desechos sólidos en colonia Los Naranjales*. p. 14.

²¹ COLOMER, F. GALLARDO, A. *Tratamiento y gestión de residuos sólidos*. p. 44.

- Protozoos: son microorganismos eucariotas pluricelulares que crecen en las heces fecales.
- Helmintos: hay una gran especie de helmintos capaces de ocasionar enfermedades a los seres humanos, muestran diferentes formas de resistencia como huevos o quistes que permanecen viables durante mucho tiempo.
- Contaminación química: no es frecuente la contaminación química directa por contacto o manipulación, es más frecuente cuando se trabaja con residuos tóxicos y peligrosos. Se tiene un mayor problema de contaminación cuando no se ha realizado una separación previa.
- Contaminación de suelos: es muy frecuente en los basureros clandestinos y basureros a cielo abierto, en este tipo de basureros los desechos no reciben ningún tipo de tratamiento, por lo que modifican las propiedades fisicoquímicas de los suelos.
- Producción de olores: se da por los procesos de fermentación anaerobia, descomposición y putrefacción de los residuos sólidos que emanan olores desagradables.
- Contaminación atmosférica: se da por emisión de gases producidos por fermentación anaerobia (metano) o por incineración de los desechos (dióxido de carbono).

Entre los grupos de enfermedades que se contrae por factores directos o indirectos están:

- Enfermedades infecciosas entéricas: tifoidea, paratifoidea A y B, disentería, lambiasis, etcétera.
- Enfermedades transmitidas por artrópodos (vectores): paludismo, fiebre amarilla, tifus, peste, fiebre manchada, etcétera.
- “Enfermedades profesionales y seguridad industrial: silicosis, dermatosis, intoxicaciones, traumatismo, etcétera.
Enfermedades de transmisión aérea: difteria, tuberculosis, sarampión, escarlatina, tos ferina, viruela, varicela, etcétera.”²²

Tabla VI. **Diferentes patógenos y las enfermedades que puede causar**

Patógeno	Organismos	Enfermedades
Virus	Poliovirus	Parálisis, meningitis
	Hepatitis A	Hepatitis A
	Hepatitis B	Hepatitis B
	Coxsackievirus	Meningitis, afecciones respiratorias, parálisis, fiebre
	Reovirus	Enfermedades respiratorias
Bacterias	E. coli	Diarrea
	Salmonella thyphi	Fiebre tifoidea
	Shigella	Disentería bacilar
	Vibrio cholerae	Cólera
	Yersinia enterocolitica	Gastroenteritis
	Campilobácter	Gastroenteritis
	Mycobacterium tuberculosis	Tuberculosis
	Bacillus anthracis	Antrax
	Leptospira	Leptospirosis
Protozoos	Entamoeba hystolytica	Disentería amebiana
	Giardia Lamblia	Giardiasis
	Acanthamoeba castellani	Meningoencefalitis
	Balantidium coli	Disentería, úlcera intestinal
	Cryptosporidium	Diarrea, náuseas.

²² UNDA OPAZO, Francisco. *Ingeniería sanitaria: aplicada a saneamiento y salud pública*. p.3.

Continuación de la tabla VI.

	<i>Ascaris lumbricoides</i>	Ascariasis
Helmintos	<i>Taenia salginata</i>	Teniasis
	<i>Taenia solium</i>	Teniasis
	<i>Hymenolepis nana</i>	Himenolepiasis
	<i>Trichuris trichiura</i>	Trichuriasis
	<i>Ancylostoma duodenales</i>	Anquilostomiasis

Fuente: COLOMER, F; GALLARDO, A. *Tratamiento y gestión de residuos sólidos*. p. 47.

1.9.2. Riesgos indirectos

Se dan por la proliferación de roedores y artrópodos (vectores sanitarios) que se reproducen por las condiciones de falta de higiene, mal manejo de los desechos sólidos y hábitat sostenible de ciertas plagas como: ratas, pulgas, moscas, zancudos y cucarachas, que son muy perjudiciales para la salud y para la economía, por el perjuicio económico que ocasionan en los alimentos al poner sus huevos en ellos, su orina o heces, los alimentos pasan a ser contaminados y no son aptos para el consumo humano, producen daños a la agricultura, ganadería o industria.

Se le denomina vector sanitario a un organismo vivo (ratas, ratones, cucarachas, mosquitos, moscas, etcétera), que es capaz de transmitir una serie de enfermedades causadas por microorganismos (virus, bacterias, protozoos, hongos, helmintos). Estos vectores pueden ser:

- Mecánicos: el mismo vector actúa como vehículo para el transporte del microorganismo patógeno (mosca, cucaracha, etcétera). Transportan el agente patógeno sobre su cuerpo recogido al posarse sobre la superficie de residuos infectados.

- Biológicos: “el microorganismo patógeno cumple una etapa de su desarrollo dentro del vector (mosquito anopheles). Los ejemplos más característicos son los insectos hematófagos que, al alimentarse de sangre, pueden producir el contagio de todos aquellos individuos a los que piquen.”²³

Los artrópodos en general son animales de simetría bilateral, se caracterizan por poseer una envoltura externa. Los artrópodos de interés médico-sanitario se clasifican en tres clases: insectos, arácnidos y crustáceos.

Tabla VII. **Clasificación de los artrópodos de interés médico-sanitario**

Artrópodos	Insectos	Dípteros: moscas, mosquitos
		Blatarios: cucarachas
		Hemípteros: chinches, triatomídeos
		Sifonápteros: pulgas
		Anopluros: piojos
	Arácnidos	Arañidos: arañas
		Acarinos: ácaros, garrapatas
		Escorpiónidos: escorpiones
	Crustáceos	Copépodos: cyclops diapromus

Fuente: UNDA OPAZO, Francisco. *Ingeniería sanitaria: aplicada a saneamiento y salud pública*.

p. 674

Los artrópodos pueden causar daño a la salud del hombre a través de tres mecanismos:

²³ COLOMER, F. GALLARDO, A. *Tratamiento y gestión de residuos sólidos*. p. 51.

- Actuando como vectores de organismos patógenos. Hay vectores mecánicos y biológicos. Los vectores mecánicos son agentes infecciosos bacterianos, virales o parasitarios. Los representantes más característicos son las moscas y cucarachas. Los elementos infecciosos son simplemente transportados sin sufrir modificación.
- Siendo parásitos por sí mismos, ya sea en su forma adulta o juvenil, como ocurre en general con los artrópodos hematófagos, pulgas, piojos, triatomas, garrapatas y ácaros de la sarna.

“Produciendo cuadros tóxicos o alérgicos, o una combinación de ellos, como sucede con algunas especies de arañas y escorpiones.”²⁴

Figura 6. **Plagas proliferadas de los desechos sólidos**



Fuente: *Plagas de los desechos*. www.interempresas.net/Madera/Articulos/146494-Por-que-documentar-los-servicios-decontrol-de-plagas.html. Consulta: 22 de junio de 2018.

²⁴ UNDA OPAZO, Francisco. *Ingeniería sanitaria: aplicada a saneamiento y salud pública*. p. 673.

1.10. Efectos de los desechos sólidos en el ambiente

El medio ambiente sin duda recibe todos los daños ocasionados por los desechos sólidos y los gases que estos generan, ocasionando el desgaste del ozono debido a los gases de efecto invernadero que generan. Entre los daños que afectan al ambiente están:

- La alteración de los sistemas hídricos, la alteración de las propiedades de salubridad de las fuentes superficiales y subterráneas, debido al uso de fuentes hídricas como vertederos directos para los residuos sólidos. También por la generación de lixiviados que son la descomposición de la materia orgánica en forma líquida, infiltrándose en el suelo y contaminando las fuentes de agua subterránea.
- La alteración del sistema edáfico, por el uso de bosques, jardines y áreas verdes como botaderos para los desechos sólidos, “la mezcla de los diversos tipos de residuos hace que su composición sea más tóxica, perjudicando la fauna que habita en el lugar, erosionando y dañando la capacidad vegetativa del suelo. Está directamente involucrada con la alteración de los sistemas hídricos, alterando la composición del suelo”²⁵.
- La alteración del sistema atmosférico, se debe a la generación de gases por el proceso de descomposición de la basura, incineración y la suspensión de partículas contaminantes, como el metano, el dióxido de carbono y furanos, los cuales ayudan a incrementar el efecto invernadero en el planeta, aumentando la temperatura y generando el deshielo de los polos.

²⁵ EGUIZABAL, Ana. *Caracterización de desechos sólidos en colonia Los Naranjales*. p.15

- La alteración del sistema audiovisual, que se produce por la acumulación de desechos en botaderos clandestinos, que afectan la estética del medio en donde se encuentran.

Figura 7. **Alteración del ambiente**



Fuente: elaboración propia.

1.11. Marco legal

El marco legal guatemalteco aplicable a los Residuos Sólidos tiene su fundamento en la Constitución Política de la República de Guatemala, instrumento por medio del cual el Estado de Guatemala garantiza el respeto a la identidad cultural y promueve la conservación y protección del ambiente y los recursos naturales. Para tales efectos estipula que el gobierno nacional y las municipalidades deben desarrollar políticas para mejorar la salud y preservar el medio ambiente.

- Artículo 64. 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 de la fauna y la flora que en ellos exista.
- 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 119. Obligaciones del Estado, son obligaciones fundamentales del Estado: c) Adoptar las medidas que sean necesarias para la conservación, desarrollo y aprovechamiento de los recursos naturales en forma eficiente.²⁶

²⁶ Asamblea General Constituyente. *Constitución Política de la República de Guatemala*. Págs. 11, 17, 23-24.

Se mencionarán las normas legales más importantes que, obedeciendo el principio constitucional, responden al tema de los residuos sólidos.

Código de Salud, Decreto 90-97 del Congreso de la República de Guatemala. Este código trata sobre las normas de salud a nivel nacional, el mal manejo de la disposición de desechos sólidos y los riesgos que ocasionan.

- Artículo 65. Enfermedades transmitidas por vectores. El Ministerio de Salud, en coordinación con las demás instituciones del sector que desarrollen acciones en esta área, administrará programas que promuevan la participación comunitaria para la protección del medio ambiente y la eliminación de reservorios que faciliten la proliferación de vectores que participan en la transmisión de estas enfermedades.
- Artículo 72. Programas de prevención y control de riesgos ambientales: El Ministerio de Salud, el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, las Municipalidades y la comunidad organizada con todas las 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, y ocasionados por contaminantes químicos, físicos o biológicos.
- 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 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 bausa legales o clandestinos²⁷.

Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente (Decreto 68-86) y reformas en los Decretos 75-91 y 90-2000 del Congreso de la República de Guatemala:

- Artículo 12. Son objetivos específicos de la ley: inciso b, “la prevención, regulación y control de cualesquiera de las causas o actividades que originen el 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”; y el inciso c, “Orientar los sistemas educativos, ambientales y culturales, hacia la formación de recursos humanos calificados en ciencias ambientales y la

²⁷ Decreto 90-97 del Congreso de la República de Guatemala. *Código de salud*. Págs. 12-13,16-17.

ocupación a todos los niveles para formar una conciencia ecológica en toda la población”.

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

- Artículo 14. a) Promover el empleo de métodos adecuados para reducir las emisiones contaminantes; d) Regular la existencia de lugares que provoquen emanaciones.

- Artículo 15. b) Ejercer control para que el aprovechamiento y uso de las aguas no cause deterioro ambiental; d) Determinara técnicamente los casos en que debe producirse o permitirse el vertimiento de residuos, basuras, desechos o desperdicios en una fuente receptora, de acuerdo a las normas de calidad del agua; k) Investigar, prevenir y controlar cualesquiera otras causas o fuentes de contaminación hídrica.

- Artículo 16, ordena que el Organismo Ejecutivo emitirá los reglamentos relacionados con: inciso b, “la descarga de cualquier tipo de sustancias que puedan alterar la calidad física, química o mineralógica del suelo o del subsuelo que le sean nocivas a la salud o a la vida humana, la flora, la fauna y a los recursos o bienes.”²⁸

Se delega en el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) la rectoría del tema ambiental. Dicho Ministerio fue creado bajo el Decreto 90-2000.

²⁸ Decreto 68-86 del Congreso de la República de Guatemala. *Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente*. p. 4-6.

- Artículo 3. Por medio del cual se definen al MARN las funciones relacionadas con formular participativamente, la política de conservación, protección y mejoramiento del medio ambiente y de los recursos naturales, y ejecutarla en conjunto con las otras autoridades con competencia legal en la materia correspondiente, respetando el marco normativo nacional e internacional vigente en el país²⁹.

Mientras que, en el Reglamento Orgánico Interno del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, contenido en el Acuerdo Gubernativo No. 186- 2001, se establece que “le corresponde a este, entre otras funciones, prevenir la contaminación ambiental y disminuir el deterioro ambiental y la pérdida del patrimonio natural”³⁰.

El Código Municipal, Decreto No. 12-2002 y sus reformas, contenidas en el Decreto 22-2010, por medio del cual se cumple con el mandato constitucional que reconoce la autonomía del municipio, como expresión fundamental del poder local y se establece que la administración pública será descentralizada, permitiendo definir dicho poder y organizarlo para su correcta administración y funcionamiento indicando que su competencia son los servicios que presta.

- Artículo 68. Competencias propias del municipio, inciso 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; limpieza y ornato; formular y coordinar políticas, planes y programas relativos a la recolección, tratamiento y disposición final de desechos y residuos sólidos hasta su disposición final.

²⁹ Decreto 90-2000 del Congreso de la República de Guatemala. *Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales*.

³⁰ Acuerdo Gubernativo 86-2001. *Reglamento orgánico interno del MARN*.

- Artículo 72. Servicios públicos municipales. El municipio debe regular y prestar los servicios públicos municipales de su circunscripción territorial y, por lo tanto, tiene competencia para establecerlos, mantenerlos, ampliarlos y mejorarlos, en los términos indicados en los artículos anteriores, garantizando un funcionamiento eficaz, seguro y continuo y, en su caso, la determinación y cobro de tasas y contribuciones equitativas y justas. Las tasas y contribuciones deberán ser fijadas atendiendo los costos de operación, mantenimiento y mejoramiento de calidad y cobertura de servicios.
- Artículo 150. Faltas. Serán sancionadas las faltas que estén expresamente consignadas en las ordenanzas, reglamentos, acuerdos y disposiciones municipales, que tengan que observar los vecinos, transeúntes y personas jurídicas en la circunscripción municipal de que se trate.
- Artículo 151. Sanciones. Las sanciones serán aquellas determinadas expresamente en las leyes y reglamentos, así como en las ordenanzas, acuerdos y disposiciones municipales; aplicadas por el juez de asuntos municipales; y se aplicarán con sujeción al orden señalado³¹.

Las multas se graduarán entre un mínimo de cincuenta quetzales (Q.50 00) a un máximo de quinientos mil quetzales (Q. 500 000,00), según la naturaleza y gravedad de la falta. Sin embargo, cuando la gravedad de la falta afecte notoriamente los intereses del municipio, el monto del rango superior de la sanción podrá elevarse al cien por ciento (100 %) del daño causado.

Los residuos sólidos provenientes de centros de salud, humanos o animales (hospitales, clínicas, laboratorios, morgues, centros de prevención, diagnóstico, recuperación, tratamiento o investigación, y todo establecimiento de atención en

³¹ Decreto 12-2002 del Congreso de la República de Guatemala. *Código municipal*. Págs. 21-22, 42.

salud), que por su naturaleza se consideren tóxicos, radioactivos o capaces de diseminar elementos patógenos, están regulados en cuanto a su generación, clasificación, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final por medio del Acuerdo Gubernativo No. 509-2001, Reglamento para el Manejo de Desechos Sólidos Hospitalarios; y en cumplimiento de esta norma llevarán un tratamiento especial completamente aparte de la gestión de residuos sólidos municipales, y se estipula que su correcta aplicación y sanciones corresponderán a los Ministerios de Salud Pública y Asistencia Social, y de Ambiente y Recursos Naturales.

El Reglamento de Tránsito (Acuerdo Gubernativo No. 273-98) establece:

- Artículo 41. Actividades que Afectan la Seguridad de la Circulación; en el cual se prohíbe tirar o lanzar objetos o basura desde el interior del vehículo hacia la vía pública; y para garantizar el cumplimiento a esta disposición, esta infracción es sancionada con multa, en el Título VI Infracciones y Sanciones.
- Artículo 182. Multa de Trescientos Quetzales; la cual se aplicará según el numeral 3), por medio del cual la sanción recae en el conductor del vehículo³².

Política marco de gestión ambiental, Acuerdo Gubernativo 791-2003, que tiene como principio el fortalecimiento de la gestión de la calidad ambiental, también la conservación del patrimonio natural de la nación, con un equilibrio ecológico, como lo describirán los siguientes artículos:

³² Acuerdo Gubernativo 273-98. *Reglamento de tránsito*.

- Artículo 2. Secciones 2.1) El desarrollo sostenible. A fin de alcanzar el desarrollo sostenible, la protección del ambiente constituirá parte del proceso de desarrollo y no podrá considerarse en forma aislada. 2.9) La ética ambiental. Será responsabilidad de la sociedad guatemalteca, practicar el conjunto de normas que rigen la conducta humana en pro del ambiente.
- Artículo 3. Sección 3.1.2. Fortalecer la gestión de la calidad ambiental, promoviendo el crecimiento económico, el bienestar social y la competitividad a escala nacional, regional y mundial, a partir de la incorporación del concepto de producción limpia en los procesos productivos, fomentando el uso de prácticas innovadoras de gestión ambiental previniendo y minimizando los impactos y riesgos a los seres humanos y al ambiente.
- Artículo 5. Sección 5.2.2. Eje de evaluación, control y seguimiento ambiental: El seguimiento ambiental, en general tiene por objetivo monitorear la evolución del ambiente en un proyecto desde las fases de construcción, operación y abandono de la actividad. El control ambiental, se aplica sobre todo al cumplimiento de las medidas de mitigación, protección y mejoramiento comprendidos en un proyecto³³.

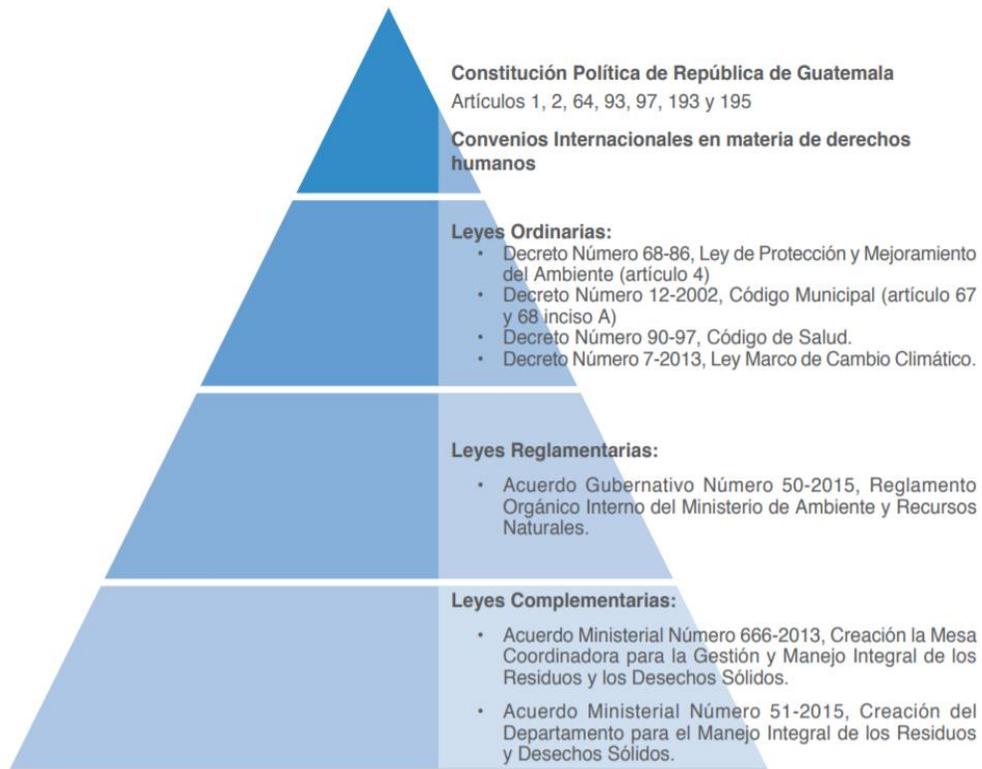
Se debe tener en cuenta la Política Nacional para la gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos (Acuerdo Gubernativo No. 281-2015), por medio de propuestas compartidas entre los cuatro componentes sociales, Iniciativa Privada, Gobierno Central, Municipalidades y Organizaciones Civiles, como grupos responsables de la producción, manejo y disposición final de los desechos sólidos.

³³ Acuerdo Gubernativo 791-2003. *Política marco de gestión ambiental*. p. 1-3.

También es importante el Acuerdo Gubernativo No. 234-2004, de fecha 12 de agosto de 2004, por medio del cual se crea la Comisión Nacional para el Manejo de los Desechos Sólidos (CONADES), como el órgano consultor y asesor para la formulación y dirección de las Políticas Nacionales, con la finalidad de mejorar el manejo integral de los residuos y desechos sólidos. Está integrado por: el MARN, que la preside, el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, el Comisionado Presidencial para el Desarrollo Local, SEGEPLAN, INFOM, ANAM y la Coordinadora de Asociaciones Agrícolas, Comerciales, Industriales y Financieras (CACIF).

En el año 2005, por medio del Acuerdo Gubernativo No. 111-2005, es aprobada la Política Nacional para el Manejo Integral de los Residuos y Desechos Sólidos, que responde a la visión conjunta de la Iniciativa Privada, Gobierno Central, Municipalidades y Organizaciones Civiles, como parte de un proceso participativo en la producción, manejo y disposición final de los desechos sólidos, teniendo como responsabilidad todas las acciones de apoyo a las instituciones ejecutoras que son las municipalidades.

Figura 8. **Marco legal guatemalteco correspondiente a la gestión de residuos y desechos sólidos**



Fuente: Acuerdo Gubernativo 281-2015. *Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos*. p. 25.

2. DATOS BÁSICOS DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLÁ

San Juan La Laguna (San Juan: en honor a su santo patrono San Juan; La Laguna: por estar próximo al Lago de Atitlán), es un municipio del departamento de Sololá, en la República de Guatemala, que está en el lado suroccidental del lago Atitlán. La cabecera municipal se encuentra rodeada por cerros: de Las Cristalinas, Kyaq Aaba'aj, Kajnom, es la parte donde se han establecido indígenas tz'utujiles. Tiene tres aldeas en la parte alta: Palestina, Panyebar y Pasajquim, que son indígenas mayas k'iches.

Figura 9. **Ubicación del departamento de Sololá**



Fuente: *Ubicación de Sololá*. <https://miblogchapin.wordpress.com/category/mapas-de-guatemala/page/4/>. Consulta: 23 de junio de 2017.

2.1. Aspectos físicos del municipio de San Juan La Laguna, Sololá

El pueblo actual fue fundado en la época colonial, entre los años 1618 y 1623. Los pobladores tz'utujiles provenientes de Santiago Atitlán dieron al lugar el nombre de Pueblo Nuevo de San Juan o San Juan Atitlán, nombre que con el paso del tiempo fue cambiando hasta llegar a ser San Juan La Laguna.

2.1.1. Ubicación geográfica

El municipio de San Juan La Laguna está situado en el occidente de la República, en el departamento de Sololá. Colinda al norte con el municipio de Santa Clara La Laguna y San Pablo La Laguna, al este con el lago de Atitlán y el municipio de San Pedro La Laguna, al sur con el departamento de Suchitepéquez y al oeste con los municipios de Santa Catarina Ixtahuacán y Santa María Visitación.

Figura 10. Ubicación del municipio de San Juan La Laguna



Fuente: *Ubicación de San Juan La Laguna.*

<https://miblogchapin.wordpress.com/category/mapas-de-guatemala/>. Consulta: 23 de junio de 2017.

Tiene una extensión territorial de 37.18 kilómetros cuadrados, equivalente al 3.19% del territorio departamental. El municipio de San Juan La Laguna cuenta con ocho centros poblados, siendo estos un pueblo, que es la cabecera municipal, tres aldeas, dos caseríos, una finca y un paraje. Su altitud oscila entre los 1,560 a 2,257 metros sobre el nivel del mar. Las coordenadas de la cabecera son: latitud 14d, 41'39" y longitud: 91d, 17', 14.3".

Tabla VIII. **Población de San Juan La Laguna**

Municipio	Poblado	Categoría	Población
San Juan La Laguna	San Juan La Laguna	Pueblo	6,910
San Juan La Laguna	Panacal	Caserío	1,003
San Juan La Laguna	Palestina	Aldea	1,995
San Juan La Laguna	Pasajquim	Aldea	2,107
San Juan La Laguna	Panyebar	Aldea	2,601
San Juan La Laguna	Pacaybal	Finca	10
San Juan La Laguna	San simón	Paraje	35
San Juan La Laguna	Pocona	Caserío	41

Fuente: INE. *DMP*. 2018. <https://www.censopoblacion.gt/>. Consulta: 27 de junio de 2017

2.1.2. Aspectos topográficos

La situación del municipio sobre la cordillera hace a su suelo muy accidentado, presentando alturas de consideración relativa, desde las cuales se observan panoramas sorprendentes, estando enclavado casi en el centro del departamento el lago de Atitlán y en sus inmediaciones los volcanes de Atitlán, San Pedro y Tolimán. Con variedad de clima debido a su topografía, su suelo es naturalmente fértil, inmejorable para toda clase de cultivos conforme a la elevación.

2.1.3. Demografía

Comprende el estudio de características sociales de la población, para el análisis del conjunto de personas que habitan y desarrollan sus actividades dentro del municipio. La siguiente información presenta la población total del Municipio de San Juan La Laguna, por centros poblados de acuerdo con los censos de población de los años 1994 y 2002, y la población según Registro Nacional de las Personas (RENAP) del año 2017: 14,702 habitantes de la comunidad de San Juan La Laguna.

- Densidad poblacional: 282 habitantes por kilómetro cuadrado.
- Distribución urbana y rural: el 47 % de habitantes viven en el área rural, el 53 % de habitantes viven en el área urbana.
- Distribución de población por edades: el 44 % son menores de 15 años, el 52 % son de edades entre 15 y 64 años, y el 4 % son mayores de 65 años.
- Población por sexo: el 50 % son hombres, el 50 % son mujeres.
- Población económicamente activa: 32 % de la población.

2.1.4. Clima

El municipio de San Juan La Laguna pertenece a las tierras altas de la cadena volcánica, con montañas, colinas y conos con una unidad bioclimática, bosque húmedo montano bajo subtropical BHMB. Por lo general, esta unidad se da en lugares que se encuentran entre 1,500 y 2,400 metros sobre el nivel del mar, como es el caso del municipio. Sus precipitaciones pluviales anuales oscilan entre los 1,400 y 2,300 milímetros y las temperaturas promedio se encuentran entre 18 y 25 grados centígrados. En la cabecera hay poco viento por causa de la deforestación existente, lo que crea un clima cálido, especialmente en verano,

caso contrario sucede en las aldeas en donde existen bosques como el Panán, en donde todavía se respira aire puro y fresco.

Los datos de la estación meteorológica serán tomados de la estación ubicada en Santiago Atitlán, con las siguientes coordenadas: latitud 14d37'55.2", longitud 91d13'51.6", a una altitud de 1,578 metros sobre el nivel del mar.

Tabla IX. **Estación meteorológica de Santiago Atitlán**

Información meteorológica	
Temperatura máxima	27.0 °C
Temperatura media	19.2 °C
Temperatura mínima	13.4 °C
Velocidad del viento	2.1 km/hora
Precipitación	2,633.5 mm
nubosidad	5 octas
Temperatura Máxima Absoluta	33.5 °C
Temperatura Mínima Absoluta	5.8 °C
Evaporación tanque en MM	4.7
Dirección del Viento en Grados	210 °
Humedad relativa en %	85 %
Humedad Mínima en %	52 %
Humedad Máxima en promedio %	94.9 %

Fuente: *Estación meteorológica de Santiago Atitlán.*

<http://www.insivumeh.gob.gt/estaciones/SOLOLA/SANTIAGO%20ATITLAN%20PARAMETROS.htm>. Consulta: 03 de marzo de 2019.

2.1.5. Economía

La economía y producción de San Juan La Laguna está basada principalmente en actividades agrícolas y de servicios. El cultivo que predomina en el área agrícola es el café, ya que este genera la mayoría de trabajos para la población.

- Actividad de servicios: el municipio de San Juan La Laguna cuenta con diversos servicios comerciales entre los que se pueden mencionar: tiendas, cantinas, panaderías, carnicerías, ferreterías, fotocopiadoras, Internet, comedores, restaurantes y una diversidad de negocios cuya participación en el comercio del municipio no es representativa, tanto en la cabecera municipal como en las aldeas Palestina, Pasajquim y Panyebar.
- Actividad agrícola: la actividad agrícola aporta a la economía del municipio el 10% del total de los ingresos, además genera el 68% de los empleos y es la principal fuente de subsistencia para la población. El municipio se caracteriza por ser de los principales productores de café del Departamento de Sololá. El cultivo fue introducido como parte de la diversificación agrícola y desde entonces se ha convertido en el producto más importante del lugar, tanto en volumen de producción como por fuentes de ingresos. En segundo plano, se producen los cultivos de maíz y frijol, la importancia de estos productos radica en que constituyen la base alimenticia de la mayoría de juaneros, tanto en el área urbana como rural. Son considerados productos de autoconsumo o subsistencia.

- **Actividad pecuaria:** la producción de porcinos y aves de corral se da en pequeña escala, tanto para la venta como para el consumo familiar. La producción pecuaria en el Municipio de San Juan La Laguna constituye una de las actividades que favorecen el desarrollo económico y social. En la producción pecuaria, la actividad avícola es la que tiene más representación en el municipio y se realiza como complemento de la agricultura. En el área urbana, y en menor escala en la rural, el producto obtenido es dedicado al autoconsumo y una parte se destina a la venta, como fuente adicional de ingresos.
- **Producción artesanal:** una de las actividades productivas más importantes en el Municipio de San Juan La Laguna es la artesanía, en particular de tejidos típicos como las servilletas, bufandas y morrales; la panadería con el pan dulce y francés; y la carpintería con la elaboración de mesas y roperos. Se utilizan sistemas de producción y herramientas rudimentarias.

2.1.6. Servicios básicos

El municipio de San Juan La Laguna por su desarrollo social tiene los siguientes servicios básicos:

2.1.6.1. Energía eléctrica

“El municipio tiene una cobertura de servicio de energía eléctrica de 96,3% en viviendas y el 3,7% que está pendiente de la instalación”³⁴.

³⁴ Dirección Municipal de Planificación, *plan de desarrollo municipal*. p. 10.

2.1.6.2. Comunicaciones

Actualmente se dispone de servicios de telefonía celular, domiciliar y pública (Claro, Comcel y Telefónica), fax, correo, televisión nacional, televisión por cable, radio e internet.

2.1.6.3. Drenajes

“El servicio de drenaje y alcantarillado cubre 35 % de la población del casco urbano, mientras las demás viviendas no pueden hacer uso de este servicio. Sin embargo, en el municipio no está habilitado el uso del sistema de alcantarillado, por lo tanto el 100 % de la población hace uso de pozos ciegos”³⁵.

2.1.6.4. Servicio de agua potable

“San Juan La Laguna cuenta con 800 chorros domiciliarios cubriendo un 98.9 % de la población y 9 llenacántaros, cubriendo el 1,1 % restantes”³⁶.

Tabla X. **Servicio de agua potable**

Abastecimiento	Cantidad	Porcentaje
Chorros domiciliarios	800	98,9%
Chorros comunales	0	0%
Llena cántaros	9	1,1%
Lago/Río	0	0%
Pozo/Otros	0	0%

Fuente: INE. AECI 2015-2016.

³⁵ *Plan de Desarrollo Municipal 2016-2020*. p. 14.

³⁶ *Ibíd.*

2.1.6.5. Servicio de recolección de desechos sólidos

El municipio tiene un tren de aseo en el área del casco urbano, donde el 69% de la población paga servicio de extracción, sin embargo, “existe un 31 % de la población que no hace uso del tren de aseo, por lo que esto representa un problema y evidencia de ello es la existencia de botaderos clandestinos en la comunidad.”³⁷

2.1.6.6. Servicio de disposición final de desechos sólidos

“En cuanto a la disposición final de los desechos sólidos, se califica como botadero a cielo abierto, y se constituye en un problema por la emanación de gases como el dióxido de carbono y metano, que contaminan la atmósfera y los cuerpos de agua, tanto superficiales como subterráneos, creando condiciones de insalubridad para la población en general”³⁸.

2.1.6.7. Servicio de barrido de calles

El barrido de calles se lleva a cabo de manera manual con 20 personas en 2 turnos por día, dependiendo de las rutas, estas se han dividido por cantones debido a la facilidad de su identificación, siendo el primer turno a las 5:00 horas y el segundo turno a las 14:00 horas.

³⁷ Dirección Municipal de Planificación. 2017.

³⁸ SNIP. p. 45.

2.1.7. Nacimientos y manantiales

Por el territorio de San Juan La Laguna pasan dos ríos importantes, el Río Yatzá y el Río Panán, que corren en la parte oeste del municipio. Además, “existen doce nacimientos en las cercanías de la cabecera municipal. En las proximidades de la aldea Panyebar existen seis nacimientos, en territorio de la Aldea Palestina existen tres nacimientos y dos nacimientos más se encuentran en Pasajquim.”³⁹

Fuentes hídricas más relevantes del municipio: Pa Ch’akok, Xe’ Kístalín, K’amb’al, Chuwach Achkál, K’uwa’ I, K’uwa’ II, Xe’Kaq ab’aj, Ch’amayá, Patz’alu’, Chaqij K’uwa’, Pa Maqsuur I y II, Tz’unuj, Kaibal, Panakal, Chuaquanaq’, Yatz’a, Panan y Atitlán. K’amb’al y Xe’ Kístalín son los manantiales más importantes, ya que estos son los que abastecen de agua potable a la población del casco urbano.

2.1.8. Dimensión ambiental

El Municipio de San Juan La Laguna posee una gran riqueza en recursos naturales, dentro de los cuales se encuentra su alta extensión de tierra fértil y sus paisajes turísticos por explotar.

2.1.8.1. Suelos

Los suelos dominantes en el municipio de San Juan La Laguna según Simmons son:

³⁹ *Plan de Desarrollo Municipal 2016-2020*. p. 19.

- Totonicapán (Tp). Material original: “cenizas volcánicas, encontrado arriba de los 2,400 metros sobre el nivel del mar, relieve suave, buen drenaje, color negro o café muy oscuro, textura moderadamente fina, profundidad efectiva promedio de 90 centímetros, pH ácido (5.95), riesgo de erosión alto, potencial de fertilidad regular. 1.04 kilómetros cuadrados.”⁴⁰
- Suchitepéquez (Sx). “Material original de cenizas volcánicas, encontrada entre 400 a 1,200 metros sobre el nivel del mar relieve suave, buen drenaje, color café oscuro, textura media, profundidad efectiva entre 150 y 200 centímetros, pH ácido (6.00), riesgo de erosión regular a alto, pedregoso ocasionalmente, potencial de fertilidad regular a bajo (baja saturación de bases). 7.77 kilómetros cuadrados.”⁴¹
- Chipó (Chi). Proveniente de roca granítica o ceniza volcánica, relieve muy inclinado, drenaje excesivo, color café muy oscuro, textura media, profundidad efectiva promedio de 40 centímetros, pH ácido (5.88), alto riesgo de erosión, regular a bajo potencial de fertilidad. 11.92 kilómetros cuadrados.
- Camanchá erosionada (Cme). “Originado de cenizas volcánicas, en altitudes de 2,300 metros sobre el nivel del mar, relieve inclinado, buen drenaje, textura media, alto riesgo de erosión, severamente erosionados, potencial de fertilidad no detectable. 5.15 kilómetros cuadrados.”⁴²

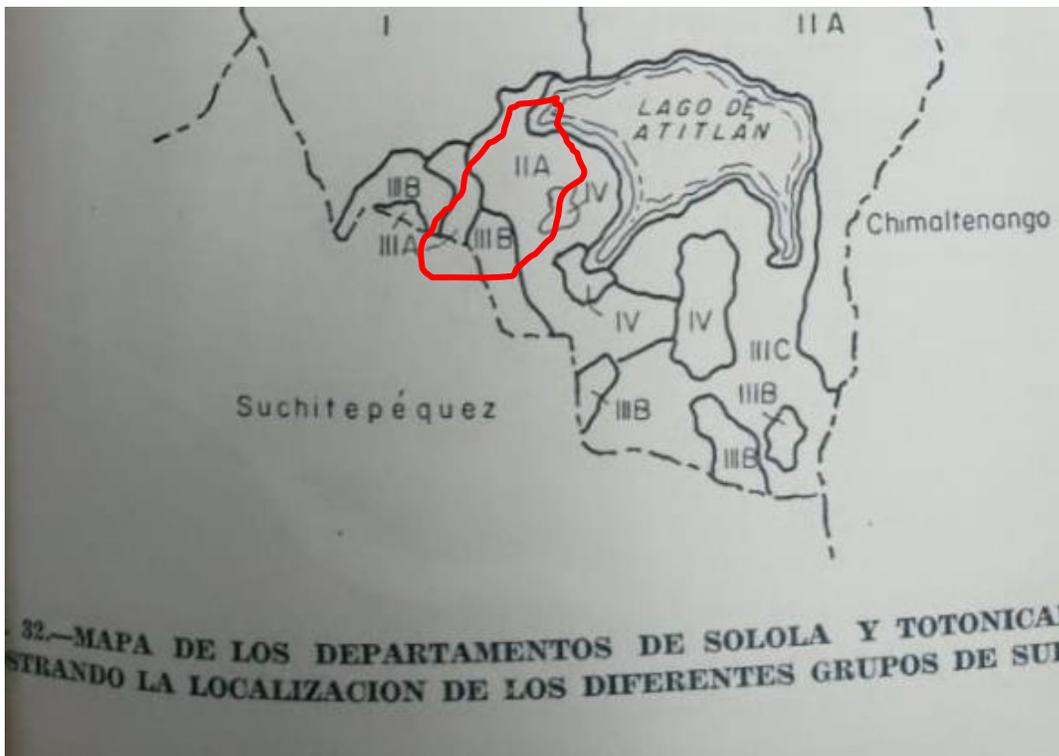
⁴⁰ SIMMONS, Charles. *Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala*. p. 243

⁴¹ *Ibíd.* p. 254

⁴² *Ibíd.* p. 252

- “Tolimán (Tn). Originado de ceniza volcánica, en altitudes entre 1,650 a 2,250 metros sobre el nivel del mar, relieve ondulado a inclinado, buen drenaje, color café oscuro, textura media, profundidad efectiva promedio de 100 centímetros, pH ácido (6.00), alto riesgo de erosión, regular a bajo potencial de fertilidad. 11.30 kilómetros cuadrados.”⁴³

Figura 11. **Clasificación de los suelos de San Juan La Laguna**



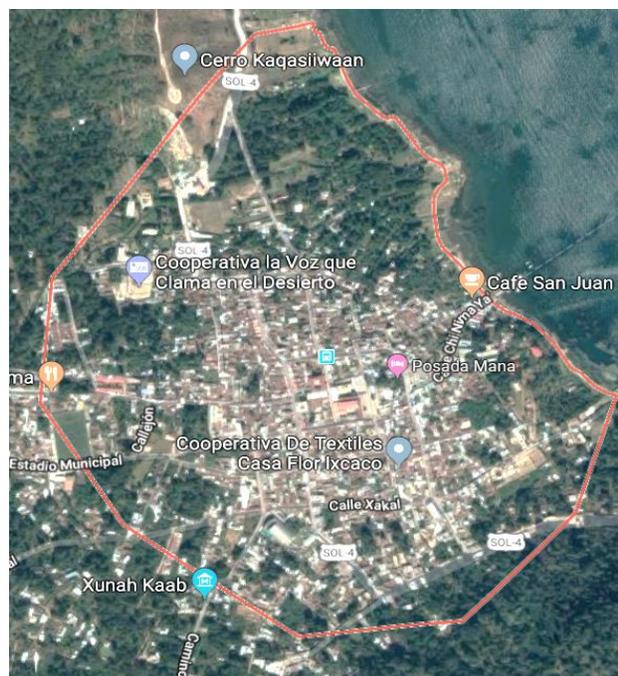
Fuente: SIMMONS, Charles. *Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala*. p. 255.

⁴³ SIMMONS, Charles. *Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala*. p. 258.

2.1.9. Casco urbano del municipio de San Juan La Laguna, Sololá

“Desde hace muchos años la cabecera municipal se divide en nueve cantones, que se comunican por medio de calles y avenidas distribuidas en zona 1 y zona 2 y casas identificadas con su respectiva nomenclatura. Al recinto del municipio se ubican cinco nuevas colonias que, cuando fueron creadas o habitadas por las personas, fueron dando nombres sin ser reconocidos por las autoridades locales.”⁴⁴

Figura 12. Casco urbano de San Juan La Laguna

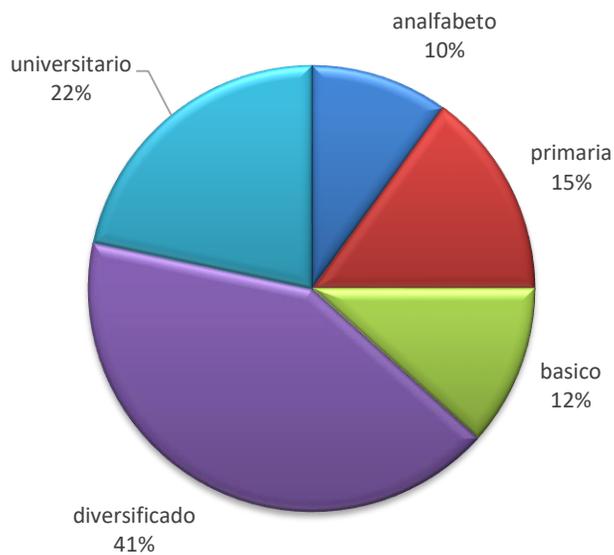


Fuente: *Casco urbano*. <https://earth.google.com/web/@14.69386275,-91.28893092,1608.23523688a,1769.07106371d,35y,-35.96231668h,2.38110231t,0.00000117r>.
Consulta: 14 de diciembre de 2019.

⁴⁴ Manclalaguna. Oficina de planificación, *características de San Juan La Laguna*. p. 10.

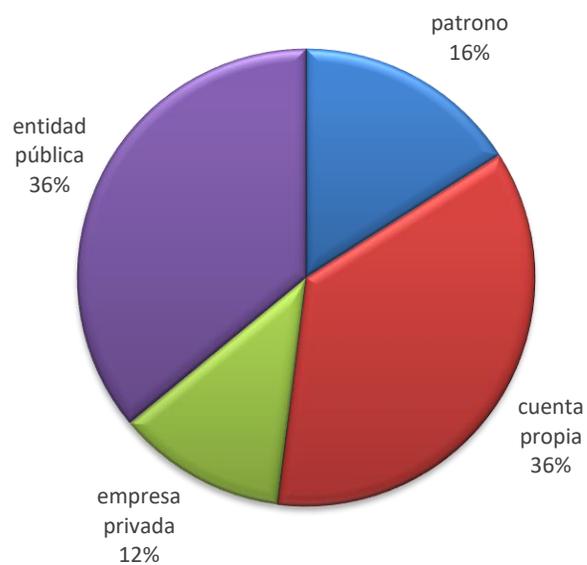
El nivel académico de la población es la siguiente:

Figura 13. **Nivel académico de los habitantes de San Juan La Laguna**



Fuente: elaboración propia.

Figura 14. **Población económicamente activa de San Juan La Laguna**



Fuente: elaboración propia.

Para el 42 % de la población es económicamente activa la fuente de ingresos proviene de empresas privadas, entidad pública, patrono y cuenta propia. Debido a la falta de empleo que afronta toda la población muchos han decidido emprender sus propios negocios aprovechando la fuente de turismo en el área, ofreciendo servicios y productos al turista.

Según el nivel académico y la categoría ocupacional, los vecinos de San Juan La Laguna se encuentran en un nivel socioeconómico bajo, el 85% de la población cuenta con ingresos monetarios mensuales que van desde Q 0.00 a Q1,999.00; esto representa que la mayor parte de la población no gana el salario mínimo. Entre las ocupaciones laborales se encuentran: encargados de negocios, pilotos, comerciantes, secretarias y maestros.

3. DESARROLLO EXPERIMENTAL

3.1. Selección de población sometida bajo estudio

La selección de la población sometida bajo estudio o el campo muestral, consiste en el conjunto de todos los posibles resultados de un experimento aleatorio, de tal modo que sea una muestra universal que pueda representar a la población bajo estudio. Para la obtención del campo muestral en el casco urbano del Municipio de San Juan La Laguna, se utilizó la fórmula del Dr. Kunitoshi Sakurai⁴⁵, experto en desechos sólidos para la Organización Panamericana de la Salud (OPS), juntamente con el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS).

En la metodología a aplicar se expone que si el tamaño de una muestra es pequeña los resultados que se obtengan con el estudio serán de baja o poca confiabilidad, por lo cual es importante obtener un número mínimo de muestras que reflejen un grado de confiabilidad alto y de tal manera reducir el porcentaje de error que se pueda cometer.

“La determinación del tamaño muestral se realizó mediante la siguiente ecuación matemática propuesta por la *Guía de caracterización de residuos sólidos* de la OPS/CEPIS:”⁴⁶

⁴⁵ SAKURAI, Kunitoshi. *Método sencillo del análisis de residuos sólidos*. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente CEPIS/OPS. Hojas de Divulgación Técnica (HDT). No 17.

⁴⁶ CEPIS/OPS. *Guía de caracterización de residuos sólidos*. p. 62-63.

$$n = \frac{z^2 * (pq) * N}{N * E^2 + z^2 * (pq)}$$

Donde:

- $n = \text{tamaño de la muestra}$

Este dato es la cantidad de hogares proporcionalmente al dato total de viviendas que se estudiarán, para la caracterización de los desechos sólidos en determinado lugar.

- $N = \text{No. total de viviendas}$

Este dato es la totalidad de viviendas de la población en estudio del lugar, del cual saldrá una porción que representará el universo.

- $pq = \text{variabilidad de la población}$

Dentro del método sencillo de análisis de residuos sólidos se exponen dos tablas donde varía según la cantidad de viviendas a estudiar. “Se describe que al no tener datos de la desviación estándar del lugar se procede a tomar un dato de 200 g/hab/día equivalente a 0,2 kg/hab/día. La expresión matemática anterior es elevada al cuadrado, por lo que se convierte en una variación estándar de la población de 0,04 kg/hab/día.”⁴⁷

- $z^2 = \text{grado de confianza}$

⁴⁷ CEPIS/OPS. *Guía de caracterización de residuos sólidos*. p. 66.

Este es un parámetro establecido como constante cuando no se tienen datos concretos de una población a evaluar, por el cual se utiliza frecuentemente en estudios de este tipo un nivel de confianza del 95 %, 1-a será igual a 0,95, esto es equivalente a un coeficiente de confianza de 1,96 en cifras significativas.

- $E = \text{error permisible en la estimación de producción per cápita}$

El rango de error permisible establecido para estos casos se toma entre el 1 % hasta un 15 % para la estimación de la producción *per cápita*; el doctor Kunitoshi habla que el dato más común utilizado en la caracterización es de 50 gr/hab/día equivalente a 0,05 kg/hab/día. Se puede tomar un dato mayor a criterio propio a este propuesto, pero al tomarse un dato superior la muestra número 68 disminuye, por lo que puede ser o resultar una muestra no confiable, que no represente al universo.

De la información recolectada y criterios dados para la obtención de la muestra, se obtienen los siguientes datos:

$$N = 1,304 \text{ casas}$$

$$pq = 0,04 \text{ gr/hab/día}$$

$$z^2 = 1,96, \text{ con un grado de confianza del } 95\%$$

$$E = 5\%$$

$$n = \frac{1,96^2 * (0,04) * 1,304}{1,304 * 0,05^2 + 1,96^2 * (0,04)} = 58,70 \text{ casas}$$

La muestra seleccionada para el estudio de la caracterización de desechos sólidos es de 60 casas.

3.2. Logística y estudio de encuestas

Para la selección de la población a participar se deben identificar las viviendas particulares que entren en el área de estudio. Para ello se recomienda realizar la división de la población en estratos socioeconómicos, sin embargo, en el casco urbano de San Juan La Laguna no se pueden demarcar idóneamente los estratos, ya que al ser un pueblo pequeño y dividido por cantones las colonias no están separadas, por lo que se trabaja o se determina como estrato mixto⁴⁸.

“La muestra se selecciona por el método de muestreo simple aleatorio, que consiste en escoger de las unidades muestrales un total de viviendas, de tal modo que cada una tenga la misma posibilidad de ser escogida.”⁴⁹

Se realizó una encuesta por casa en el casco urbano del Municipio de San Juan la Laguna, tomando en cuenta los cantones y los barrios del mismo, de tal manera que se pueda tener una muestra que realmente represente a toda la población, tomando en cuenta el nivel de vida de cada una de los habitantes, así como el nivel académico de los mismos, para poder estudiar en qué influyen estos parámetros sociales. La encuesta consistió en 12 preguntas básicas para obtener información útil como: cuántas personas viven en su hogar, clasifica su basura, importancia de impacto que genera el mal manejo de desechos sólidos en el ambiente, etcétera (ver apéndice 1).

Se seleccionaron las 60 viviendas al azar dentro de los barrios y cantones que conforman el pueblo, de las encuestas realizadas se sabe que el 98% de la población es consciente de los daños producidos por los desechos sólidos al

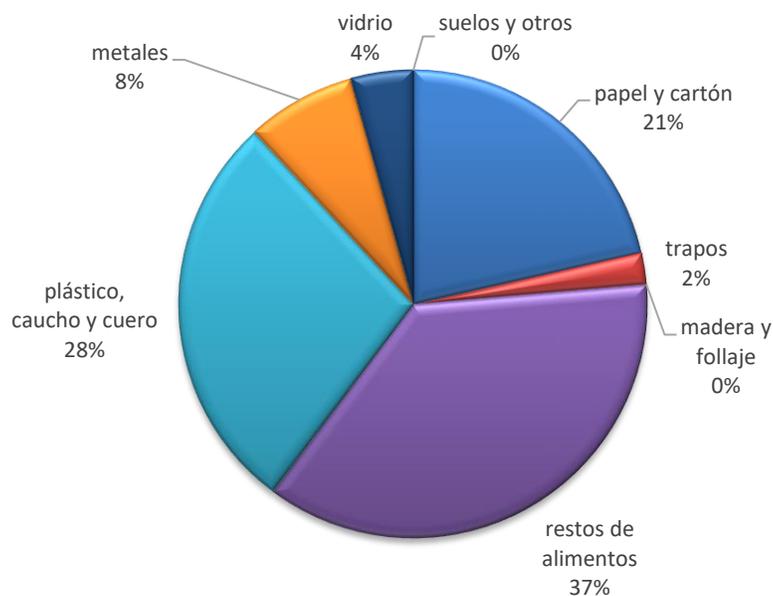
10. ⁴⁸ MARN. *Guía para elaborar estudios de caracterización de residuos sólidos comunes*. p.

⁴⁹ *Ibidem*, p. 11.

medio ambiente, por lo que existe una mínima parte del 2 % que no tiene idea del daño que ocasionan los desechos sólidos al medio ambiente.

Según la recopilación de datos el 91 % de la población clasifica sus desechos sólidos. Los desechos que consideran generar mayor cantidad en sus hogares son: desechos sólidos orgánicos, plástico, caucho, cuero, papel y cartón.

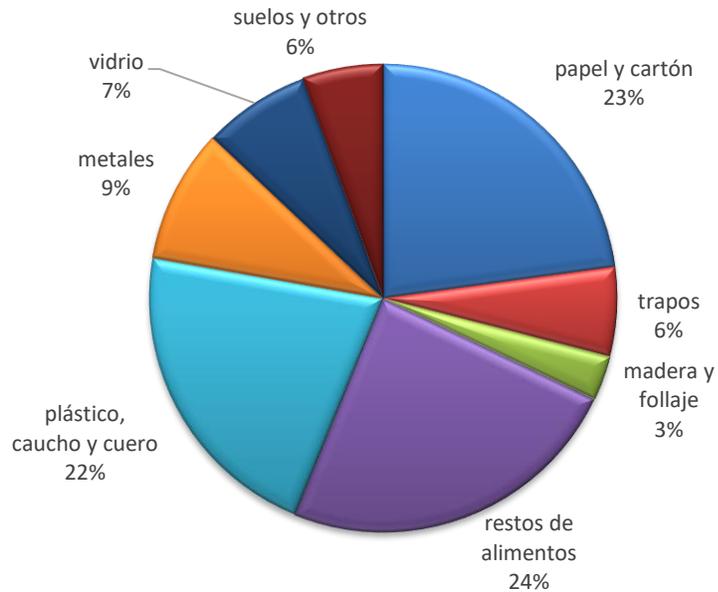
Figura 15. **Generación de desechos sólidos según los habitantes del casco urbano de San Juan La Laguna**



Fuente: elaboración propia.

Del total de desechos sólidos que se genera a diario en el casco urbano del municipio de San Juan La Laguna se encuentran algunos que son aprovechados, por lo que son clasificados para darle una reutilización posterior. Entre los desechos más clasificados por los vecinos están el papel y el cartón. El 23 % de la población del casco urbano realiza esta actividad; el 22 % de la población clasifica los plásticos, siendo estas botellas desechables en su mayoría.

Figura 16. **Clasificación que realizan los habitantes del casco urbano de San Juan La Laguna**



Fuente: elaboración propia.

El 24 % de la población clasifica restos de alimentos, estos encuentran beneficio realizando esta actividad, ya que los restos de alimentos clasificados sirven para alimentar a cerdos, gallinas, etcétera, lo cual es una mala práctica, pues alimentar a los cerdos con restos de comida tiende a aumentar las posibilidades de infectar la carne de cerdo, se sabe que los cerdos alimentados con restos de comida tienen el potencial de infectar cinco veces más que los cerdos alimentados con cereales. El resto que clasifica papel, cartón o plásticos, generalmente encuentra un beneficio económico al realizar esta actividad, específicamente se benefician con la venta de los materiales clasificados.

Muchos de los materiales tienen un solo uso, por lo que aumenta la generación de desechos sólidos. Son pocas las personas que realizan la

actividad de clasificar metales, esto puede ser porque no se generan muchos metales en los hogares.

Figura 17. **Beneficios obtenidos de clasificar los desechos sólidos**



Fuente: elaboración propia.

De las personas encuestadas el 2 % no es consciente del daño que los desechos sólidos causan en el ambiente y de cómo estos alteran los ecosistemas, sin embargo, el 100 % de las personas encuestadas está de acuerdo con la colocación de una planta de tratamiento de desechos sólidos en el casco urbano de San Juan La Laguna y contribuir con la caracterización de los desechos sólidos domésticos a fin de mejorar su disposición final.

3.3. Cuantificación de los desechos sólidos domiciliarios

El proceso de recolección de los desechos sólidos domiciliarios en el casco urbano de San Juan La Laguna tuvo la duración de una semana, el método empleado para su recolección fue la dotación a los vecinos de bolsas plásticas previamente identificadas, para la clasificación de los desechos sólidos domiciliarios, y estos fueron recolectados dos veces durante la semana que duró el estudio.

Cuando se inició el proceso de recolección de bolsas en los hogares, se procedió a tomar el peso de cada bolsa con los desechos respectivos, los pesos fueron tomados en superficies planas con la balanza calibrada en cero para obtener mejores resultados, luego se registraron los datos de cada hogar clasificando los tipos de desechos generados y anotando el peso respectivo.

La nomenclatura utilizada para la separación de los desechos fue la siguiente:

Figura 18. **Método para la clasificación de desechos sólidos**

CARACTERIZACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES EN COLONIA LOS NARANJALES, ZONA 4, MUNICIPIO DE ESCUINTLA



-  **ORGÁNICOS:** restos de comida por manipulación, preparación, cocción y consumo.
-  **METALES:** latas de comida y bebidas, aluminio, aparatos eléctricos, hierro, acero.
-  **PLÁSTICOS, CAUCHO Y CUERO:** botellas, bolsas de supermercado, bolsas de agua y refresco, toda clase de productos de goma, tapicería.
-  **VIDRIOS:** vidrio de recipientes, vidrios planos, espejos.
-  **PAPEL Y CARTÓN:** periódico, papel en general, revistas, cartón de todas clases.
-  **TRAPOS:** ropa vieja, mantas, sábanas, etcétera.
-  **SUELOS, MADERA Y FOLLAJE:** palos de madera, hojas y ramas de árboles, tierra de jardín.

Fuente: EGUIZÁBAL, Ana. *Método para la clasificación de desechos sólidos*. p. 33.

Los recipientes utilizados para la medición fueron un recipiente cilíndrico con volumen de 0,0189 m³ y una balanza con precisión $\pm 0,0625$ lb.

Figura 19. **Recipiente cilíndrico para medición de volumen**



Fuente: elaboración propia.

Figura 20. **Balanza**



Fuente: elaboración propia.

3.3.1. Peso

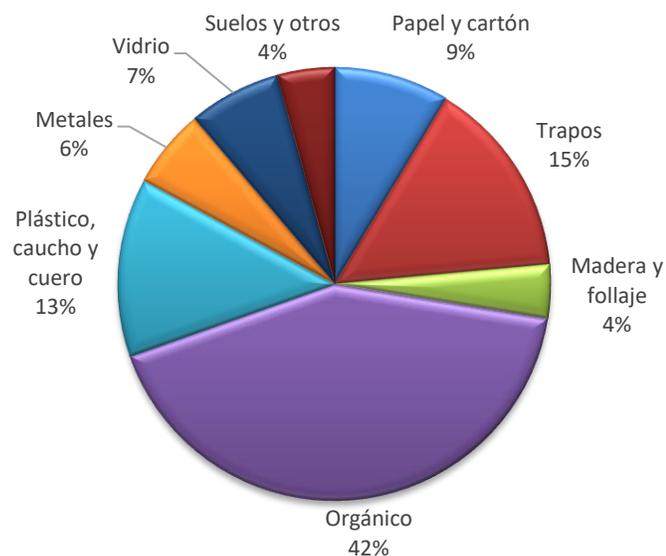
El peso obtenido de los desechos sólidos recolectados en los hogares fue de 681,66 kilogramos (ver apéndice 2 y 3), la distribución de los desechos sólidos fue de la siguiente manera:

Tabla XI. **Peso de desechos sólidos**

Desechos sólidos	Peso en (Kg)
Papel y cartón	58,81
Trapos	101,79
Madera y follaje	27,24
Orgánico	286,63
Plástico, caucho y cuero	90,96
Metales	40,26
Vidrio	46,84
Suelos y otros	29,14

Fuente: elaboración propia.

Figura 21. **Porcentaje de desechos sólidos recolectados**



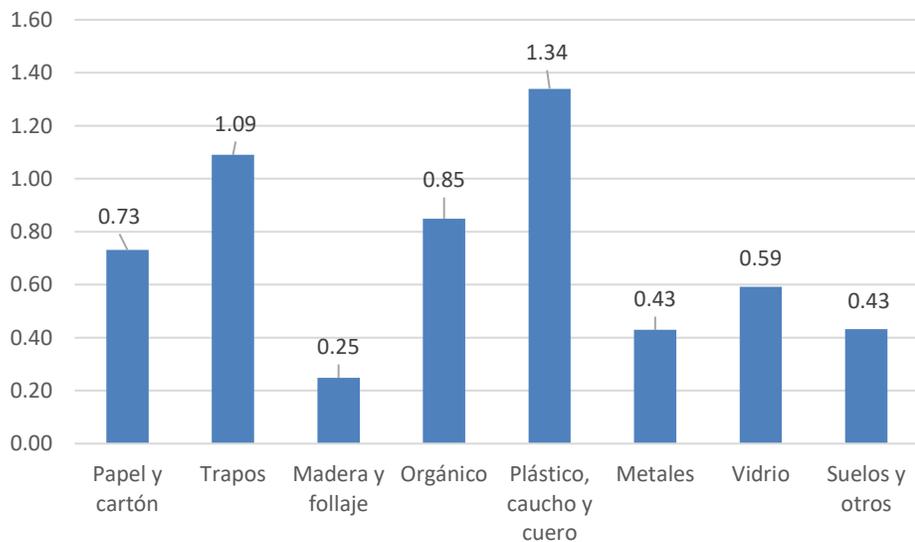
Fuente: elaboración propia.

3.3.2. Volumen

La medición del volumen de los desechos sólidos se realizó en dos formas, en forma suelta y en forma compactada (ver apéndice 4 y 5). La medición del volumen en forma suelta se realizó colocando los desechos sólidos en el recipiente cilíndrico previamente cubicado, este procesos se llevó sin hacer ninguna presión, solo llenando los espacios vacíos. El volumen de los desechos sólidos se expresa en metros cúbicos. El volumen de los desechos sólidos en forma suelta fue de: 5,71 m³.

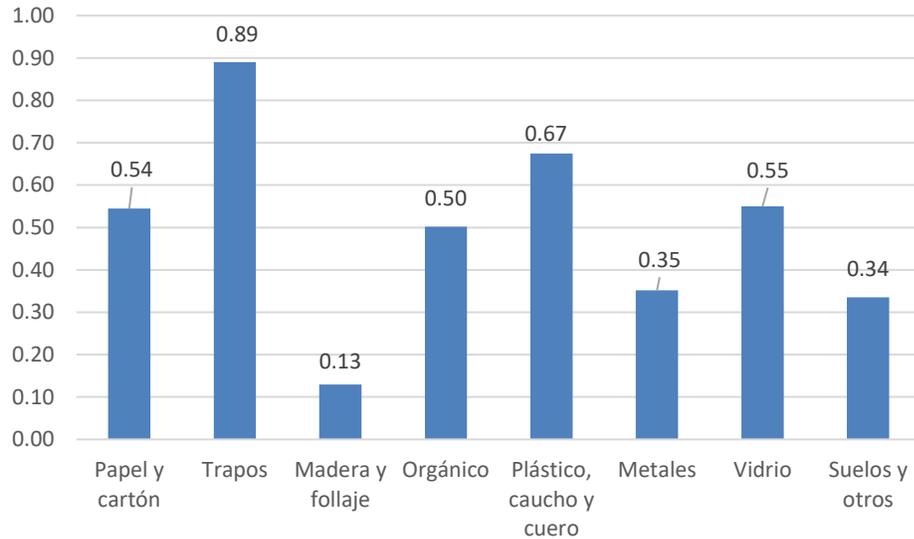
El proceso de compactación del volumen se realizó manualmente, ejerciendo presión sobre los desechos en el recipiente hasta que ya no se tuviera ningún asentamiento. El volumen de los desechos sólidos en forma compactada fue de: 3,98 m³.

Figura 22. Volumen suelto (m³)



Fuente: elaboración propia.

Figura 23. **Volumen compactado (m³)**



Fuente: elaboración propia.

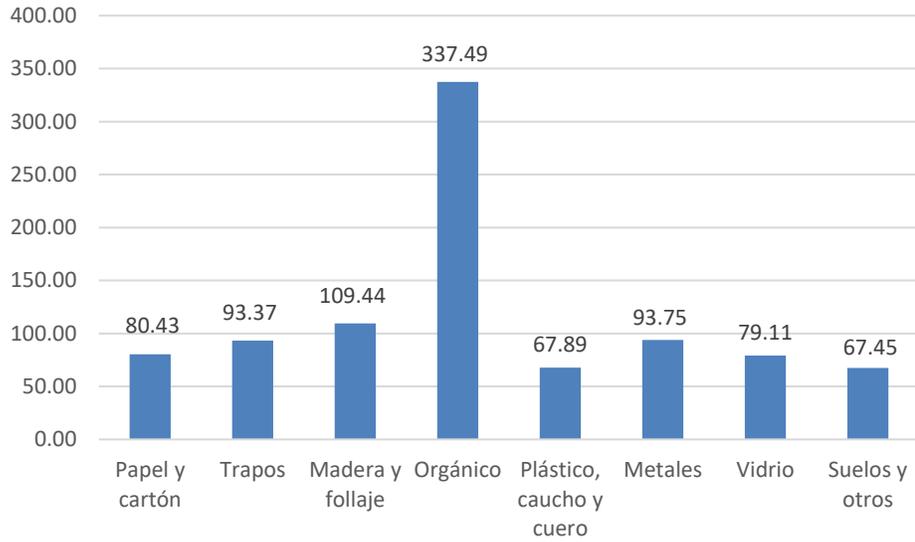
3.3.3. **Peso específico**

Para determinar el peso específico suelto y compactado se utilizó en cada una de las clasificaciones de desechos sólidos la siguiente ecuación:

$$\text{peso específico de sechos sólidos} = \frac{\text{peso de desechos sólidos (kg)}}{\text{volumen de desechos sólidos (m}^3\text{)}}$$

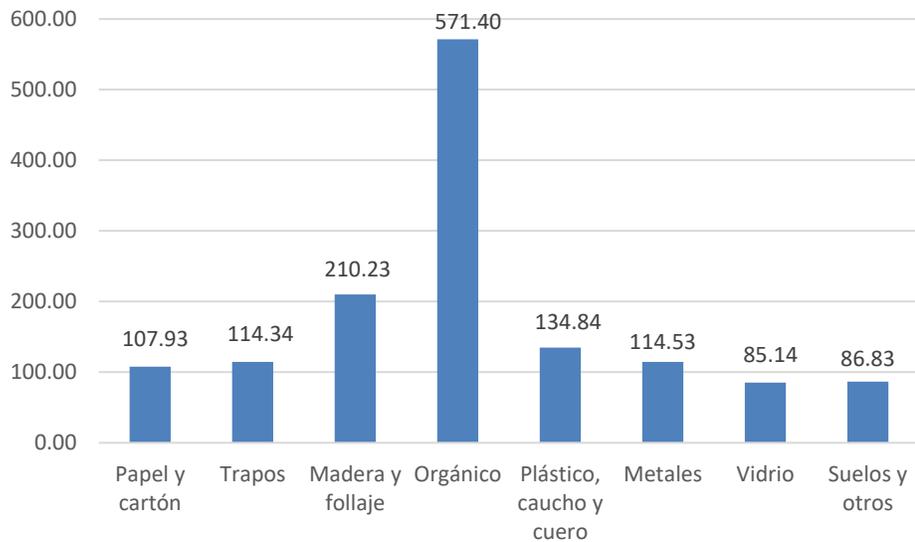
Obteniendo los pesos específicos siguientes:

Figura 24. **Peso específico suelto (kg/m³)**



Fuente: elaboración propia.

Figura 25. **Peso específico compactado (kg/m³)**



Fuente: elaboración propia.

3.3.4. Humedad

El contenido de humedad se determinó en las muestras orgánicas. Se realizó cortando los desechos orgánicos en trozos pequeños, luego se procedió a tomar los datos del peso de cada muestra en estado húmedo, teniendo seis muestras en total, luego se procedió a meter las muestras al horno por un período de veinticuatro horas a una temperatura de 105 °C. Al completar las veinticuatro horas se procedió a retirar las muestras para tomar datos del peso en estado seco y anotar en la tabla para después calcular el contenido de humedad (ver apéndice 6,7 y 8).

Se utilizó la siguiente ecuación para el contenido de humedad:

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{\text{peso humedo (kg)} - \text{peso seco (kg)}}{\text{peso seco (kg)}} \times 100$$

Tabla XII. **Contenido de humedad en las muestras orgánicas**

muestra	Contenido de humedad (%)
muestra 1	258,1008
muestra 2	290,0908
muestra 3	169,4484
muestra 4	109,723
muestra 5	159,4802
muestra 6	154,3663

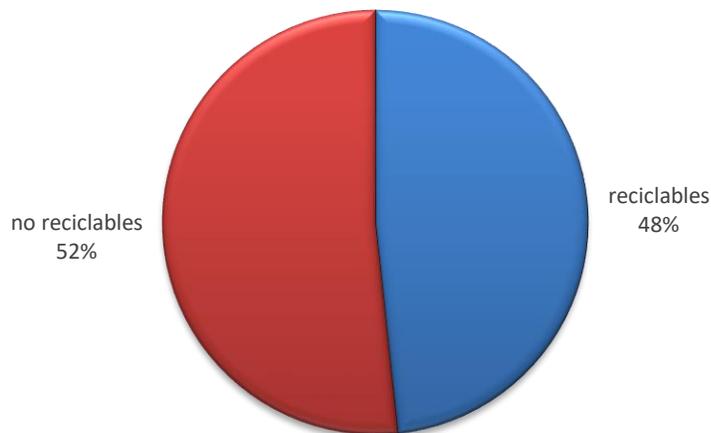
Fuente: elaboración propia.

El promedio de contenido de humedad obtenido de las muestras orgánicas del casco urbano de San Juan La Laguna es de 190,20 %.

3.3.5. Porcentaje de material reciclable y no reciclable

De los desechos domiciliarios que se generan a diario existe un porcentaje que se puede reciclar para darle otro uso, o bien venderlo para que sea convertido en materia prima nuevamente. Sin embargo, existen algunos productos que solo pueden ser utilizados una vez y pierden el valor original.

Figura 26. **Porcentaje de materiales reciclable y no reciclable**



Fuente: elaboración propia.

3.4. Determinación de la Producción *Per Cápita* (PPC) del casco urbano del municipio de San Juan La Laguna, Sololá

La producción de residuos sólidos domésticos es una variable que depende básicamente del tamaño de la población y de sus características socioeconómicas. Una variable necesaria para dimensionar el sitio de disposición final es la llamada Producción *Per Cápita* (PPC). Este parámetro asocia el

tamaño de la población, la cantidad de residuos y el tiempo, siendo la unidad de expresión el kilogramo por habitante por día (kg/hab/día).

La PPC es un parámetro que evoluciona en la medida que los elementos que la definen varían. “A grandes rasgos se puede decir que la PPC varía de una población a otra, de acuerdo principalmente a su grado de urbanización, su densidad poblacional y su nivel de consumo o nivel socioeconómico. Otros elementos, como los períodos estacionales y las actividades predominantes, también afectan la PPC.”⁵⁰

Se calculó la producción *per cápita* con los datos obtenidos y la siguiente ecuación:

$$PPC = \frac{\text{kg de desecho}}{\text{número de habitantes} * \text{número de días}}$$

Entonces:

- *kg de desecho*

El peso total de los desechos sólidos domiciliarios recolectados durante el estudio de caracterización.

- *número de habitantes*

Es el número de casas que participaron en el estudio multiplicado por el número de habitantes en cada casa.

⁵⁰ CEPIS/OPS. *Guía de caracterización de residuos sólidos*. p. 68.

- *número de días*

El número de días que duró la realización del estudio de caracterización de desechos sólidos en el casco urbano de San Juan La Laguna.

$$PPC = \frac{681.66 \text{ kg}}{316 \text{ hab} * 6 \text{ días}}$$

Obteniendo:

$$PPC = \frac{681.66 \text{ kg}}{1,896} = 0.39$$

En el casco urbano del municipio de San Juan La Laguna, Sololá, se producen 0,39 kilogramos por habitante al día.

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS

4.1 Propuesta para el manejo y el mejor aprovechamiento de los desechos sólidos en el casco urbano del municipio de San Juan La Laguna, Sololá

Para el manejo adecuado de los desechos sólidos domiciliarios se hacen tres propuestas muy básicas y fundamentales, las cuales son muy eficientes para el control y manejo de los hábitos que alteran el medio ambiente y modifican los ecosistemas. Las tres propuestas son: reducción, reutilización y reciclaje.

4.1.1. Reducción

La reducción es el primer paso para el control de la generación de los desechos sólidos domiciliarios, se deben reducir los materiales a utilizar, utilizar solo lo necesario para satisfacer o cubrir una necesidad, ya que si se tiene un exceso de material inservible este pasa a ser un desecho, por lo que ocupará cierto volumen en un relleno sanitario, al igual este desecho en exceso necesitará mano de obra para su correcta disposición o tratamiento, por lo que se aumentan los costos de manejo de los desechos. También se utilizará materia prima para la elaboración del material y se estará agotando la materia prima haciendo cada vez más elevados los costos de adquisición de estos productos. En cambio, al minimizar la generación de los desechos sólidos, también se reducen los costos involucrados en el manejo e impacto ambiental que estos causan.

El consumo responsable de determinados productos es amigable con el ambiente, ya que se tendrá materia prima suficiente para la elaboración de más

productos y por ende se contamina menos el ambiente. En San Juan La Laguna se debe concientizar a la población respecto los beneficios que se obtienen con minimizar los desechos e implementar nuevos hábitos que además son beneficiosos para la salud, como por ejemplo:

- Fomento de la reducción y reutilización de desechos para minimizar la contaminación e impacto que estos causan en el lago de Atitlán.
- Acuerdos entre la municipalidad local y los vecinos del pueblo, sobre el compromiso de contribuir en la caracterización y minimización de los residuos.
- Normativas y acuerdos municipales que regulen el uso y minimización de ciertos productos y residuos domiciliarios.
- Campañas educativas y formativas en escuelas y centros educativos orientadas a fomentar la minimización de desechos.

Existen varias formas muy fáciles y prácticas que se pueden aplicar en la vida cotidiana que ayudan a minimizar la generación de desechos sólidos:

- Utilizar bolsas de tela
- Evitar el uso de materiales desechables
- Evitar el uso de bolsas plásticas
- Consumir productos que tengan menos empaques
- Uso de envases reciclables
- Utilizar la tecnología para minimizar el uso de papel impreso
- Imprimir lo necesario y utilizar ambas caras de la hoja
- Utilizar productos que sean lavables y reutilizables

4.1.2. Reutilización

El acto de reutilizar permite prolongar la vida útil de los materiales antes de ser desechados, “mediante procesos de operaciones o técnicas se le devuelve a los materiales su posibilidad de ser utilizados nuevamente, ya sea en su función original o bien convertidos nuevamente en materia prima para elaboración de nuevos productos.”⁵¹ Existen dos maneras muy frecuentes de reutilizar los desechos:

- Emplear productos usados: tal vez esta es la forma más común de reutilización, la cual consiste en un intercambio de artículos que posiblemente para una persona ya no son útiles pero para otra persona sí, esto es más frecuente en: ropa, zapatos, muebles, libros, etcétera.
- Darle valor a los objetos usados: “transformar un objeto sin uso o destinado a ser un residuo en otro de igual o mayor utilidad y valor, como mobiliario o joyas, e incluso algunas iniciativas pagan a los consumidores que lleven sus productos viejos.”⁵²

Uno de los problemas en el casco urbano del Municipio de San Juan La Laguna es que el 0 % de los vecinos reutilizan los desechos, prácticamente después del uso el producto pasa a ser un desecho, por lo que conviene concientizar a los vecinos a reutilizar los productos para poder aprovechar la vida útil de los materiales y productos, haciendo campañas para educar a la población sobre los usos que se le pueden dar a los materiales.

⁵¹ Decreto 1713-2002 del Congreso de la República de Guatemala. *Artículo 1.* p. 8.

⁵² EROSKI, C. *Reducir, reutilizar y reciclar.* p. 2.

4.1.3. Reciclaje

Es el proceso mediante el cual se aprovechan y transforman los residuos sólidos recuperados y se devuelve a los materiales su potencialidad de reincorporación como materia prima para la fabricación de nuevos productos. “El reciclaje puede constar de varias etapas: procesos de tecnologías limpias, reconversión industrial, separación, recolección selectiva, acopio, reutilización, transformación y comercialización.”⁵³

“En términos de absoluta propiedad se podría considerar el reciclaje puro solo cuando el producto material se reincorpora a su ciclo natural y primitivo: materia orgánica que se incorpora al ciclo natural de la materia mediante el compostaje.”⁵⁴

“El reciclaje también se suele definir como un proceso que tiene por objetivo la recuperación, de forma directa o indirecta, de los componentes que contienen los residuos urbanos. Este sistema de tratamiento debe tender a lograr los objetivos siguientes:”⁵⁵

- Conservación o ahorro de energía
- Conservación o ahorro de recursos naturales
- Disminución del volumen de residuos que hay que eliminar
- Protección del medio ambiente
- Ahorro en costos de fabricación

Hay muchas formas de valorizar los desechos, ya sea reciclando los materiales que los componen o recuperando parte de la energía que contienen.

⁵³ EROSKI, C. *Reducir, reutilizar y reciclar*. p. 2.

⁵⁴ COLOMER, F; GALLARDO, A. *Tratamiento y gestión de residuos sólidos*. p. 165.

⁵⁵ *Ibidem*. p. 165.

“Con el reciclaje es posible reutilizar algunos desperdicios materiales y transformarlos en nuevos empaques y productos útiles, debido a este proceso es posible.”⁵⁶

- Usar el mismo papel hasta seis veces.
- Ahorrar 117 barriles de petróleo por cada tonelada de vidrio reutilizado varias veces.
- Los expertos aseguran que se salva suficiente energía reciclando una lata de aluminio como para hacer funcionar un televisor durante tres horas y media.
- En la producción de vidrio, si se utiliza vidrio reciclado, se ahorra un 44% de energía.
- La recuperación de dos toneladas de plástico equivale a ahorrar una tonelada de petróleo.
- Reciclando una tonelada de papel periódico se ahorran 30,000 litros de agua.
- Con cada cincuenta kilogramos de papel reciclado se evita que un árbol sea talado.
- Al fabricar papel con material reciclado se ahorra un 30% de energía.

El reciclaje de metales es muy fundamental, ya que es un material muy utilizado en las latas y botes de refrescos, sin embargo la conciencia del reciclaje de los metales no es tan difundida como la del papel o el vidrio. El reciclaje de metales aporta los siguientes beneficios:

- Reducción del impacto ambiental que produce la extracción de las materias primas.

⁵⁶ COLOMER, F; GALLARDO, A. *Tratamiento y gestión de residuos sólidos*. p. 166.

- La recuperación del acero de las latas usadas es un proceso contaminante, aunque en menor medida que la producción de acero nuevo.
- Reciclar los metales férricos ahorra el 62 % de energías respecto a la producción con mineral de hierro.
- Se ahorran grandes volúmenes de agua.

Se debe concientizar a la población para que el reciclaje se lleve internamente en los hogares, de esta manera se optimiza tiempo para su disposición final. Para un reciclaje óptimo generalmente se necesita:

- Espacio para la separación de los desechos
- Almacenamiento central o temporal
- Disposición final
- Recolección y transporte

Los residuos reciclables son:

- Botellas de bebidas y productos de limpieza
- Revistas
- Bolsas plásticas
- Enlatados de comida
- Latas de bebidas
- Papel, periódico y cartón

Los residuos no reciclables y que son altamente peligrosos para quienes los manipulan son:

- Baterías de carro o pilas
- Materiales corrosivos
- Aerosoles de todo tipo
- Bombillas y lámparas fluorescentes
- Aparatos eléctricos

En San Juan La Laguna no existen centros de acopio donde se pueda manejar correctamente los materiales reciclables tales como: latas, papel y cartón. Con la creación de un centro de acopio los vecinos de San Juan La Laguna tendrían oportunidades para comercializar los materiales reciclables.

El reciclaje puede adoptarse como una estrategia dentro del manejo integral de residuos sólidos y puede promoverse cuando el mejoramiento ambiental alcanzado sea económica y socialmente aceptable. “El beneficio ambiental se incrementa dependiendo de la limpieza, disponibilidad y cantidad de los materiales valorizables. Comúnmente los de origen comercial, industrial e institucional constituyen un aporte importante en las tasas de reciclaje; y los domiciliarios, a pesar de contener sus materiales mezclados, con un buen programa de separación en la fuente pueden aportar pequeñas cantidades.”⁵⁷

4.1.4. Compostaje

En términos generales “el compostaje se puede definir como una biotécnica donde es posible ejercer un control sobre los procesos de biodegradación de la

⁵⁷ CORTINAS DE NAVA, Cristina. *Conceptos básicos de gestión ambiental y desarrollo sustentable*. p. 231.

materia orgánica.”⁵⁸ La biodegradación es consecuencia de la actividad de los microorganismos que crecen y se reproducen en los materiales orgánicos en descomposición.

La finalidad de estas actividades es la transformación de los materiales orgánicos originales en otras formas químicas. Durante la transformación de los materiales orgánicos se dan procesos de fermentación, lo deseable durante este proceso es que prevalezcan los metabolismos respiratorios de tipo aerobio, tratando de minimizar los procesos fermentativos y las respiraciones anaerobias.

“Lo importante de esta técnica no es biodegradar, sino poder conducir esta biodegradación por rutas metabólicas, que permitan la obtención de un producto final lo más apropiado posible, aplicando conocimientos de microbiología.”⁵⁹

“El compostaje consiste de varias etapas, las cuales son:”⁶⁰

- Etapa de latencia: es la etapa inicial, se considera desde la formación de los residuos hasta que se constatan incrementos en la temperatura, la duración de esta etapa es muy variable. La temperatura puede ir de 10 a 12 °C, esta etapa puede durar de 24 a 72 horas.
- Etapa mesotérmica 1 (10 - 40 °C): en esta se destacan las fermentaciones facultativas de la microflora mesófila, es importante que en esta etapa se mantengan las condiciones de aerobiosis. La actividad metabólica incrementa paulatinamente la temperatura, la falta de disipación de calor

⁵⁸ COLOMER, F; GALLARDO, A. *Tratamiento y gestión de residuos sólidos*. p. 196.

⁵⁹ *Ibidem*, p. 196.

⁶⁰ *Ibid.*, p. 198.

aumenta la temperatura y favorece el desarrollo de la microflora termófila. La duración de esta etapa es variable.

- Etapa termógena (40 – 75 °C): la microflora mesófila es sustituida por la termófila debido a la acción de bacilos y actinomicetos termófilos, normalmente en esta etapa es donde se eliminan todos los patógenos, hongos, esporas, semillas y elementos biológicos indeseables, en esta etapa se produce dióxido de carbono, el cual juega un papel muy importante en el control de larvas de insectos. Como esta etapa es de gran interés para la higienización del material, es conveniente su prolongación hasta el agotamiento de nutrientes.
- Etapa mesotérmica 2: con el agotamiento de los nutrientes y la desaparición de los termófilos comienza el descenso de la temperatura. Cuando la misma se sitúa aproximadamente a 40 °C se desarrollan nuevamente los microorganismos mesófilos que utilizan como nutrientes los materiales más recientes a la biodegradación. Esta etapa se conoce generalmente como etapa de maduración. La temperatura descenderá paulatinamente hasta presentarse en valores muy cercanos a la temperatura ambiente.

El uso del *compost*, que es el material obtenido del compostaje, ayuda al mejoramiento del medio ambiente de las siguientes maneras:

- Disminuye el uso y la demanda de fertilizantes químicos que modifican los suelos y contaminan las fuentes hídricas.
- Minimiza los cambios de pH en el suelo.
- Mejora el crecimiento de las plantas.
- Reduce el volumen de los desechos domiciliarios orgánicos.

- Aumenta la capacidad de retención de humedad del suelo.

4.1.4.1. Elaboración del compostaje casero

Para la elaboración del compostaje casero se necesita un espacio destinado exclusivamente para realizar el *compost*, debe tener por lo menos 1m³ protegido de lluvias. Debido a que en la mayoría de los hogares no se cuenta con espacio suficiente para la elaboración de *compost*, se puede elaborar mediante el uso de pilas estáticas.

- La materia prima para el compostaje se puede dividir en desechos secos y desechos húmedos, no se recomienda la utilización de carnes, productos lácteos y huesos, ya que estos en el proceso de descomposición generan malos olores y producen bacterias indeseables para la elaboración del *compost*.
- Para la elaboración del compostaje se necesita que los residuos se viertan en forma de capas, se colocan dos capas de desechos secos por una capa de desechos húmedos. Al final se coloca una capa de desechos secos para evitar la presencia de insectos, roedores, así como evitar los malos olores.
- “Es necesario voltear periódicamente para suministrar oxígeno al proceso de *compost* y para que se produzca el proceso de descomposición aerobia, generalmente es cada quince días, así también es necesario humedecerlos para que se lleve a cabo el proceso de fermentación. A medida que esto se realiza, se irá elaborando el compostaje

reconociéndolo por la disminución de tamaño en sus partículas, llevándose a cabo en un tiempo aproximado de 6 a 8 meses.”⁶¹

“El factor principal para saber si el compostaje ha sido bien elaborado, es que no debe presentar mal olor, su color es marrón o negro y de temperatura fría, sin exceso de agua ni gusanos. Al determinar estas cualidades debe tamizarse y estará listo para utilizarse en macetas o huertos, aplicándose una capa de 2 a 5 centímetros.”⁶²

- En la elaboración de compostaje, la temperatura tiende a aumentar debido a la actividad microbiana, esta fase de la elaboración del *compost* es conocida también como termofílica y es donde los residuos tienden a descomponerse de una manera más rápida. La temperatura óptima para la descomposición está entre 50° a 60° C.

⁶¹ EGUIZABAL, Ana. *Caracterización de desechos sólidos domiciliarios*. p. 48.

⁶² *Ibidem*, p. 48

CONCLUSIONES

1. La caracterización de los desechos sólidos domiciliarios llevada a cabo en el casco urbano del municipio de San Juan La Laguna, permitió determinar las cantidades físicas de desechos sólidos que actualmente se generan según el estilo de vida actual de la población. La distribución de la composición de los desechos sólidos es la siguiente: 42 % de material orgánico, 13 % de plásticos y cauchos, 6 % de metales, 7 % de vidrio, 9 % de papel y cartón, 15 % de trapos y 4 % de madera y follaje.
2. El peso total de los desechos sólidos recolectados fue de 681.66 kg, con un volumen suelto de 5,71 m³ y un volumen compactado de 3.98 m³.
3. El contenido de humedad promedio de los desechos orgánicos es de 190,20 %, el cual es un parámetro para el control y cuidado en la elaboración del compostaje.
4. La producción *per cápita* de los desechos sólidos generados por los vecinos del casco urbano del municipio de San Juan La Laguna, de nivel socioeconómico bajo, es de 0,39 kg/hab/día.
5. La creación de un centro de acopio es la alternativa inmediata para el reciclaje y aprovechamiento de los desechos sólidos inorgánicos, aprovechando que el 48 % de los desechos sólidos que se generan en los hogares son materiales reciclables como plásticos y metales, papel y cartón.

6. La elaboración del compostaje casero, o bien municipal, es la alternativa para el aprovechamiento de los desechos sólidos orgánicos domiciliarios.
7. Uno de los beneficios que muchos de los vecinos encuentran en los desechos orgánicos es la alimentación de cerdos, gallinas, entre otros.

RECOMENDACIONES

1. Crear un acuerdo municipal y un ente regulador de desechos sólidos, en que se limite el consumo de ciertos productos como: *duroport*, bolsas plásticas, etcétera. También que garantice que toda la población haga uso del sistema de recolección de desechos sólidos, de esta forma se pueden evitar los botaderos clandestinos que alteran el ambiente.
2. Diseñar un plan de gestión integral de residuos sólidos para el manejo adecuado de desechos sólidos, evitar que se siga alterando los sistemas ambientales, principalmente el lago de Atitlán.
3. Aplicar la caracterización de desechos sólidos domiciliarios desde los hogares, mediante el uso de basureros codificados para cada tipo de desechos que pueden ser reutilizados, de esta manera se puede mejorar el servicio de recolección y reducir los costos en el manejo de los desechos.
4. Implementar una planta de tratamiento de desechos sólidos, que sea capaz de manejar adecuadamente cada tipo de desecho incluyendo los lixiviados.
5. Implementar depósitos codificados con colores según el tipo de desechos sólidos en las esquinas de las calles, de esta manera se puede evitar que los visitantes o residentes ensucien las calles, dejando sus desechos en los depósitos según sea el tipo de desecho.

6. Implementar programas de concientización para la población en general, incluyendo centros educativos y organizaciones privadas y públicas, sobre el impacto negativo que tiene el mal manejo de desechos sólidos en el ambiente y los ecosistemas.

BIBLIOGRAFÍA

1. ACOSTA, M. C. *Propuesta para la gestión integral de residuos sólidos en la Ciudad de Vinces*. Ecuador: ESPE / SANGOLQUÍ, 2005. 348 p.
2. ÁNGEL ENRÍQUEZ, Teresa Alejandra. *Caracterización de residuos sólidos domiciliarios del condominio Villas de la Meseta, San Lucas Sacatepéquez, Departamento de Sacatepéquez*. Trabajo de graduación Ingeniería Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2009. 75 p.
3. Acuerdo Gubernativo No. 791-2003. *Normativa sobre la política marco de gestión ambiental*. Guatemala: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2003. 37 p.
4. Acuerdo Gubernativo No. 63-2007. *Política de conservación, protección y mejoramiento del ambiente y los recursos naturales*. Guatemala: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2007. 31 p.
5. Acuerdo Gubernativo No. 111-2005. *Política nacional para el manejo integral de los residuos y desechos sólidos*. Guatemala, 2005. 37 p.
6. Acuerdo Gubernativo No. 509-2001. *Reglamento para el manejo de desechos sólidos hospitalarios*. Guatemala: Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, 2001. 12 p.

7. Asamblea Nacional Constituyente. Constitución Política de la República de Guatemala. Guatemala: Congreso de la República de Guatemala, 1985. 126 p.
8. BENAVENTE MEJÍA, Lourdes María. *Propuesta técnica para manejo de los desechos sólidos generados en el sector del mercado del Municipio de San Juan Comalapa, Chimaltenango*. Trabajo de graduación de Ingeniería Ambiental. Universidad Rafael Landívar de Guatemala, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, 2012. 80 p.
9. CAMPOS GÓMEZ, I. *Saneamiento ambiental*. San José, Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia, 2000. 315 p.
10. CASTELLS, X. E. *Métodos de valorización y tratamiento de residuos municipales*. Madrid, España: Díaz de Santos, 2012. 215 p.
11. CASTELLS, X. E. *Reciclaje de residuos industriales*. Madrid, España: Díaz de Santos, 2000. 240 p.
12. CHIAPAS PÉREZ, Juan Pablo. *Caracterización de los residuos sólidos domiciliarios en el condominio residencial El Frutal 1, zona 5 de Villa Nueva*. Trabajo de graduación Ingeniería Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2011. 89 p.
13. COLOMER, Francisco; GALLARDO, Antonio. *Tratamiento y gestión de residuos sólidos*. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia, 2007. 320 p.

14. COSOGUÁ, Carlos. *Caracterización de los residuos y desechos sólidos de la Aldea Guineales, Santa Catarina Ixtahuacán, Sololá*. Trabajo de graduación Ingeniería Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2018. 21 p.
15. Decreto 90-97 del Congreso de la República de Guatemala. *Código de salud*. Guatemala: Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, 1997. 50 p.
16. Decreto 12-2002 del Congreso de la República de Guatemala. *Código municipal*. Guatemala, 2002. 48 p.
17. Decreto 68-86 del Congreso de la República de Guatemala. *Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente*. Guatemala, 1986. 13 p.
18. DURÁN CHÉVEZ, Dilenia; VÍLCHEZ OCHOA, Reina. *Caracterización de los residuos sólidos en el Municipio de San Antonio de Oriente, Honduras*. Zamorano, Honduras: Escuela Agrícola Panamericana. 2009. 29 p.
19. EGUIZÁBAL DE LEÓN, Rebeca. *Caracterización de desechos sólidos domiciliarios en Colonia Los Naranjales, zona 4, Municipio de Escuintla*. Trabajo de graduación Ingeniería Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2017. 71 p.
20. GONZÁLEZ, Julián. *Residuos sólidos urbanos, módulo I: contaminación ambiental*. España: Escuela de negocios, 2008. 105 p.

21. HERNÁNDEZ, Felicia; PRATT, Lawrence. *Manejo de desechos sólidos en dos ciudades centroamericanas: soluciones del sector de la pequeña y mediana empresa*. Centro Latinoamericano para la Competitividad y el Desarrollo Sostenible (CLACDS) e INCAE. 1998. 26 p.
22. INSIVUMEH. *Meteorología*. [en línea]. <<http://www.insivumeh.gob.gt/meteorologia.html>> [Consulta: 25 marzo 2019].
23. JARAMILLO, Jorge. *Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales*. CEPIS/OPS. Colombia: Universidad de Antioquía, 2002. 303 p.
24. LÓPEZ, Sergio. *Gestión de los residuos sólidos en la cabecera municipal de Santiago Sacatepéquez, Sacatepéquez*. Trabajo de graduación Ingeniería Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2010. 87 p.
25. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. *Guía para elaborar estudios de caracterización de residuos sólidos comunes*. 2018, 27 p.
26. OPS/CEPIS. *Guía para caracterización de residuos sólidos domiciliarios*. 2000. 79 p.
27. SAKURAI, Kunitoshi. *HDT 17: método sencillo del análisis de residuos sólidos*. CEPIS/OPS. Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales, 2000. 24 p.

28. SIMMONS, Charles. *Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala*. Guatemala: Editorial del Ministerio de Educación Pública José de Pinera Ibarra. 1986. 815 p.
29. TCHOBANOGLIOUS, George; THEISEN, Hillary; VIGIL, Samuel. *Gestión integral de residuos sólidos. Volumen 1*. España: McGraw- Hill, 1996. 320 p.
30. UNDA OPAZO, Francisco. *Ingeniería sanitaria: aplicada a saneamiento y salud pública*. México: UTEHA, 1969. 628 p.
31. VELÁSQUEZ AGUIRRE, Ludvina. *Estrategias de concientización ante el impacto ambiental de los desechos sólidos (basura) en el área metropolitana de la Ciudad de Guatemala*. Trabajo de graduación Licenciatura en Trabajo Social, Universidad de San Carlos de Guatemala, Escuela de Trabajo Social. 2000. 54 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Encuesta

ENCUESTA PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES EN SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLA

Fecha: _____ No. de Casa: _____



¿Clasifica usted los desechos sólidos (basura) en su hogar?

Sí No

Si su respuesta es sí, ¿qué desechos sólidos clasifica?

- Papel y cartón
- Trapos
- Madera y follaje
- Restos de alimentos)
- Plásticos, caucho y cuero
- Metales (latas, pilas, marcos de hierro)
- Vidrio
- Suelos y otros

¿Encuentra un beneficio realizando esta tarea?
¿Cuál? _____

¿Qué tipo de desecho sólido cree que más se genera en su hogar? _____

¿Es consciente de los daños para la salud y medio ambiente que produce el mal manejo de los desechos sólidos?

Sí No

¿Está de acuerdo con que se coloque una planta de tratamiento de desechos sólidos en San Juan La Laguna?

Sí No

Continuación apéndice 1

¿Estaría dispuesto en contribuir con la caracterización de sus desechos sólidos para mejorar el proceso de su disposición final?

Sí

No

¿Cuántas personas habitan en su hogar?

¿Cuál es su nivel académico?

¿Hace uso del sistema de recolección de desechos sólidos?

Sí

No

¿Cuántas veces usa el sistema de recolección a la semana?

Si es una persona económicamente activa, seleccione su categoría ocupacional:

Patrono

Cuenta propia

Empleado público

Empleado privado

Familiar no remunerado

Si es una persona económicamente inactiva, seleccione su categoría ocupacional:

Vive de renta o jubilación

Solamente estudia

Únicamente oficios domésticos

No trabaja

Seleccione el rango en el cual se encuentran sus ingresos económicos mensuales:

Q. 0 – Q. 1,999

Q. 2,000 – Q. 3,999

Q. 4,000 – Q. 5,999

Q. 6,000 – Q. 7,999

Q. 8,000 – Q. 9,999

Gracias.

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Datos de peso de los desechos sólidos recolectados

Caracterización de desechos sólidos domiciliarios en el casco urbano de San Juan La Laguna.
Realizó: Francisco Navichoc.

No. De casa	Desechos sólidos en libras							
	Papel y cartón	Trapos	Madera y follaje	Orgánico	Plástico, caucho y cuero	Metales	Vidrio	Suelos y otros
1	4.75	10.06	0.00	3.00	5.25	0.94	7.00	0.00
2	2.50	0.00	0.00	30.00	5.50	0.00	0.00	0.00
3	1.63	1.50	0.00	14.50	2.50	0.00	10.00	0.00
4	3.13	6.00	0.00	11.50	6.50	3.00	0.00	0.00
5	1.19	4.63	0.00	14.00	4.50	0.00	4.50	2.50
6	0.00	0.00	0.00	20.50	3.25	0.00	0.00	4.25
7	0.00	0.44	0.00	0.00	2.00	9.00	0.00	0.00
8	1.00	2.50	0.25	6.50	1.75	1.00	3.75	0.00
9	1.56	0.19	0.00	0.63	2.31	0.00	0.63	0.00
10	0.00	0.00	0.00	7.00	0.00	0.00	0.00	0.63
11	2.00	1.50	11.50	10.00	0.81	0.00	0.00	0.00
12	0.00	0.00	0.00	15.00	5.00	0.00	0.00	0.00
13	1.50	7.25	0.00	14.50	3.50	0.00	0.00	1.31
14	4.75	5.50	0.00	0.00	7.50	0.00	0.00	0.00
15	2.50	0.00	0.00	11.00	0.00	0.00	0.00	11.50
16	0.00	0.00	0.00	15.50	0.00	0.00	0.00	19.50
17	16.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00
18	0.50	8.69	0.00	0.00	8.50	20.00	4.00	0.00
19	0.00	0.00	0.00	17.50	0.00	4.00	0.00	0.00
20	6.00	0.00	0.00	4.50	0.00	0.00	0.00	0.00
21	0.00	0.00	0.00	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22	2.00	5.50	3.00	8.00	3.50	2.00	2.75	0.00
23	0.00	19.00	0.00	0.00	1.75	11.50	3.00	0.00
24	3.00	12.00	0.00	4.50	5.63	7.00	0.00	3.19
25	2.00	7.63	0.00	0.00	4.50	0.00	5.63	0.00
26	0.00	6.00	0.00	19.00	3.75	3.50	0.00	0.00
27	9.50	0.00	4.50	17.50	0.00	3.00	0.00	0.00
28	1.13	13.25	0.00	11.50	16.00	0.00	0.00	0.00
29	4.50	2.50	0.00	28.00	2.00	0.00	0.00	0.00
30	2.25	2.31	0.75	8.50	1.75	0.63	6.50	0.00
31	0.69	0.00	0.00	27.00	3.50	0.00	0.00	0.00
32	2.19	16.88	0.00	7.00	3.50	2.50	0.00	0.00
33	0.75	2.38	2.00	11.50	5.50	2.63	0.00	0.00
34	0.00	4.25	3.50	11.00	6.50	1.50	1.13	0.00
35	0.00	0.00	0.00	7.00	0.00	0.00	0.00	6.50
36	3.00	3.50	0.00	5.00	1.50	0.00	5.50	0.00
37	2.50	2.50	0.00	19.00	1.69	0.50	0.00	0.00
38	4.00	3.00	14.00	4.00	7.00	1.69	11.00	0.00
39	1.63	0.00	0.00	32.00	1.69	0.00	0.00	0.00
40	4.00	0.00	0.00	0.00	5.50	0.00	0.00	3.50
41	3.00	5.00	0.00	30.00	4.50	0.00	0.00	0.00
42	0.00	0.00	0.00	4.00	0.00	1.50	11.00	0.00
43	1.00	0.00	5.00	15.00	0.50	0.00	0.00	0.00
44	2.00	9.00	0.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00
45	1.63	0.00	5.50	0.00	3.25	1.06	0.00	0.00
46	0.00	18.50	0.00	17.00	1.50	0.00	8.50	0.00
47	3.00	0.00	0.00	0.00	10.50	0.00	0.00	0.00
48	3.00	3.75	0.50	15.00	4.00	0.50	2.19	0.00
49	5.00	6.50	0.00	0.00	2.50	3.63	0.00	0.00
50	1.50	1.50	4.00	0.00	2.06	1.50	5.50	0.00
51	0.00	11.00	0.00	0.00	9.50	0.00	0.00	0.00
52	1.06	0.00	1.50	0.00	1.13	0.00	0.00	0.00
53	4.00	0.25	2.00	5.69	1.31	0.00	0.00	0.00
54	1.63	1.50	0.00	14.50	2.50	0.00	10.00	0.00
55	0.69	0.00	0.00	27.00	3.50	0.00	0.00	0.00
56	1.50	7.25	0.00	14.50	3.50	0.00	0.00	1.31
57	2.50	2.50	0.00	19.00	1.69	0.50	0.00	0.00
58	1.56	0.19	0.00	0.63	2.31	0.00	0.63	0.00
59	0.75	2.38	2.00	11.50	5.50	2.63	0.00	0.00
60	3.13	6.00	0.00	11.50	6.50	3.00	0.00	0.00
TOTAL	129.56	224.25	60.00	631.44	200.38	88.69	103.19	64.19
							TOTAL (Lb)	1501.69
							TOTAL (Kg)	681.66

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Codificación de bolsas**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. **Desechos sólidos recolectados**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. **Medición de volumen de los desechos sólidos**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 6. Muestra húmeda



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 7. Muestra seca



Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1. Contenido de humedad en desechos orgánicos



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

INFORME No.: 127 S.S.A.

O.T.: 39,607

INTERESADO: Francisco Sebastián Navichoc Ujpán

PROYECTO: Trabajo de graduación "Caracterización de desechos sólidos domiciliarios generados en el casco urbano del municipio de San Juan la Laguna"

UBICACIÓN: San Juan la Laguna, Sololá

ASUNTO: ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

NORMA: AASHTO T-265 ASTM D-2216

FECHA: lunes, 8 de abril de 2019

RESULTADO DEL ENSAYO:

Contenido de humedad natural (%)	Muestra	Descripción del Material
258.10	1	Desecho de materia orgánica
290.09	2	Desecho de materia orgánica
169.45	3	Desecho de materia orgánica
159.48	4	Desecho de materia orgánica
154.37	5	Desecho de materia orgánica

OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el interesado.
Temperatura de secado de 105.0 °C a solicitud del interesado.

Atentamente,


Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos y Asfaltos

Visa.


Ing. Edwin Josué Ixpate Reyes
DIRECTOR CII/USAC



FACULTAD DE INGENIERÍA – USAC
Edificio Emilio Beltrarena, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2418-9115 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería de la USAC.

