

# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**



## **Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra**

“Aprovechamiento y potencial energético de los desechos sólidos urbanos generados en el cantón Guayaquil, en base a su identificación y caracterización”

### **TESIS DE GRADO**

Previo a la obtención del Título de:

### **INGENIERO CIVIL**

Presentada por:

David Israel Lindao Caizaguano  
Elvis Leonardo Quisnancela Cabay

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2014

## AGRADECIMIENTO

A Dios, nuestras familias, y al  
Centro de Agua y Desarrollo  
Sustentable (CADS).

# DEDICATORIA

A DIOS

A NUESTROS PADRES

A NUESTROS PROFESORES

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

---

M.Sc. Heinz Terán Mite  
**DECANO DE LA FICT**  
**PRESIDENTE**

---

M.Sc. Alby Aguilar P.  
**DIRECTOR DE TESIS**

---

Dra. Carmen Terreros  
**VOCAL**

---

Dr. Miguel Angel Chávez  
**VOCAL**

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la “ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

---

David Israel Lindao Caizaguano.

---

Elvis Leonardo Quisnancela Cabay.

## RESUMEN

La generación de los desechos sólidos es uno de los principales problemas ambientales mundiales, que ha sido causada por el hombre, ya que influye en la calidad de vida y el entorno natural. No obstante existe un considerable porcentaje que se podría aprovechar.

Guayaquil es una ciudad con 2'291.158 de habitantes (según el Censo de Población y Vivienda del 2010) que generan una alta producción de desechos sólidos, la misma que cada vez va en aumento .Existe un porcentaje de desechos sólidos generados en Guayaquil que pueden ser potencialmente aprovechables. Es por esto que es conveniente estudiar la calidad y caracterización de los desechos generados en esta ciudad.

El presente proyecto muestra un análisis sectorizado, en base a una caracterización sistemática de los residuos generados en un espacio muestral de la ciudad de Guayaquil.

Los residuos objeto de este estudio se limitan a los residuos comerciales y residenciales. La presente propuesta no incluye a los desechos industriales, peligrosos, así como tampoco incluye a los desechos de construcción. Este estudio se enfoca en los residuos sólidos que se dirigen hacia el relleno sanitario existente en la ciudad de Guayaquil.

## ÍNDICE GENERAL

<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1. Introducción .....	1
1.3. Justificación .....	4
1.4. Objetivos.....	6
1.4.1. Objetivo general .....	6
1.4.2. Objetivos específicos .....	6
<b>CAPÍTULO 2. TEORÍA Y REVISIÓN DE INFORMACIÓN</b> .....	7
2.1. Los Residuos Sólidos y su Clasificación .....	7
2.1.1. Residuos Sólidos .....	7
2.1.2. Clasificación De Residuos Sólidos .....	7
2.1.3. Clasificación Según Su Tipo.....	8
2.1.4. Clasificación Según Su Origen .....	8
2.1.5. Clasificación Según Su Composición .....	9
2.2. Propiedades De Los RSU .....	14
2.2.1. Propiedades Físicas de los RSU .....	15
2.2.2. Propiedades Químicas de los RSU .....	16

2.2.3.	Propiedades Biológicas de los RSU .....	16
2.3.	Generación De Los Residuos Sólidos Urbanos .....	17
2.3.1.	Factores Que Influyen La Generación de los RSU .....	18
2.3.2.	Generación De RSU a Nivel Mundial.....	22
2.3.3.	Generación De RSU en Ecuador.....	26
2.3.4.	Generación De RSU en el Cantón Guayaquil.....	28
2.4.	Gestión De Los Residuos Sólidos Urbanos .....	30
2.4.1.	Gestión de RSU a nivel Mundial.....	31
2.4.2.	Manejo de RSU en Ecuador.....	36
2.4.3.	Manejo de RSU en el Cantón Guayaquil .....	41
2.5.	Caracterización de los residuos sólidos .....	44
2.5.1.	Caracterización física de los RSU .....	48
2.5.2.	Caracterización química de los RSU .....	48
2.5.3.	Metodologías para la elaboración de los estudio de caracterización de los RSU .....	48
2.5.4.	Metodología de caracterización aplicada a casos prácticos .....	51
2.6.	Aprovechamiento.....	57
2.6.1.	Procesos contemplados en el aprovechamiento de residuos sólidos	60



2.6.2.	Alternativas para el aprovechamiento de los RSU.....	62
2.6.3.	Aprovechamiento a nivel mundial.....	79
2.6.4.	Aprovechamiento en el Ecuador.....	81
2.6.5.	Aprovechamiento en Guayaquil.....	85
2.7.	Potencial energético de los residuos.....	87
2.7.1.	Propiedades químicas de los residuos .....	89
2.7.2.	Procesos de recuperación energética de los residuos.....	95
<b>CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA.....</b>		<b>106</b>
3.1.	Ubicación geográfica del área de estudio .....	106
3.2.	Aspectos demográficos.....	106
3.3.	Marco de gestión de residuos sólidos de Guayaquil .....	107
3.4.	Producción de residuos sólidos de Guayaquil.....	109
3.5.	Elaboración de la metodología de caracterización de los RSU .....	110
3.5.1.	Identificación de unidades muestrales.....	110
3.5.2.	Estadística descriptiva para el análisis de los datos colectados 115	
3.5.3.	Materiales y equipos usados en campo.....	119
3.5.4.	Metodología de muestreo.....	122
3.6.	Puntos de muestreo.....	127

3.6.1. Selección de un punto de muestreo .....	127
3.6.3. Cantidad de muestras por cada punto.....	129
3.7. Sistema de recolección actual .....	130
3.8. Identificación de materiales potencialmente aprovechables generados en el cantón Guayaquil .....	132
<b>CAPÍTULO 4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>135</b>
4.1. Resultados generales .....	135
4.1.1. Detalles de Rutas muestreadas.....	135
4.1.2. Pesos promedios de muestras .....	137
4.2. Análisis Estadístico.....	143
4.2.1. Análisis por punto.....	143
4.2.2. Análisis de ruta.....	166
4.3. Porcentajes promedios .....	167
4.3.1. Porcentajes promedios considerando análisis por punto. ....	168
4.3.2. Porcentajes promedios considerando análisis de ruta.....	174
4.4. Estimación porcentajes de desechos aprovechables .....	180
4.4.1. Potencial energético.....	184
<b>CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>191</b>
5.1. Conclusiones .....	191

5.2. Recomendaciones .....	193
----------------------------	-----

## **ANEXOS**

ANEXO I. FORMULARIOS DE CAMPO

ANEXO II. DATOS REGISTRADOS EN CAMPO

ANEXO III. MAPAS

ANEXO IV. TABLAS Y GRÁFICOS

ANEXO V. FOTOS

## ABREVIATURAS

USEPA	United States Environmental Protection Agency
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos
PNGIDS	Programa Nacional de Gestión Integral de Desechos Sólidos
GADs	Gobiernos Autónomos Descentralizados
CEPIS	Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente
MIDUVI	Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda
MAE	Ministerio del Ambiente
BEDE	Banco del Estado del Ecuador
RSU	Residuos Sólidos Urbanos
GEI	Gases Efecto Invernadero
PCS	Poder calorífico superior
PCI	Poder calorífico inferior
CH <sub>4</sub>	Metano

CO	Monóxido de Carbono
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
C/N	Relación Carbono/Nitrógeno
Kg.	Kilogramo
t.	Tonelada
tm.	Tonelada métrica
m <sup>3</sup>	Metro cubico
Km <sup>2</sup>	kilómetros cuadrados
d.	Día
cap.	Per cápita
hab.	Habitantes
eq.	Peso equivalente
GJ	Giga joule
kJ	Kilo joule
kcal	Kilo caloría
BTU	Unidad Térmica Británica (1BTU = 252 calorías)
MtCO <sub>2</sub> eq	Millones de toneladas de dióxido de carbono equivalentes

MW      Mega Watt

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Desechos de papel y carton (GSWA, 2014).....	10
<b>Figura 2.</b> Botella de plastico desechable (Taylor, 2012).....	11
<b>Figura 3.</b> Botellas de vidrio rotas (Tronix, 2014).....	12
<b>Figura 4.</b> Latas desechadas luego de ser utilizadas (GSWA, 2014).....	13
<b>Figura 5.</b> Desechos organicos varios (Gosh, 2014).....	14
<b>Figura 6.</b> Generación a Nivel Mundial de Residuos por Ingresos (Bank, 2012). .....	19
<b>Figura 7.</b> Generación de Residuos Urbanos por Niveles de Ingresos y Año (Bank, 2012). .....	21
<b>Figura 8.</b> Generación Mundial de Residuos por Región (Bank, 2012).....	22
<b>Figura 9.</b> Doce billones de toneladas equivalen a 125.000 Estadios Olímpico Atahualpa llenos de residuos (Branconi, 2013).....	23
<b>Figura 10.</b> Toneladas de residuos producidas por cantones. (Plural, 2011). .....	27
<b>Figura 11.</b> Ubicación de la Ciudad de Guayaquil (Google Maps). .....	29
<b>Figura 12.</b> Gastos de la Gestión de Residuos Sólidos Per Capita. Adaptado de (Branconi, 2013). .....	33
<b>Figura 13.</b> Gastos de Gestión vs Cantidad de Residuos Recogidos Adptado de (Branconi, 2013). .....	34

<b>Figura 14.</b> Manejo de los RSU a Nivel Internacional Adaptado de (Luis F. Diaz, 2013).	35
<b>Figura 15.</b> Distribucion de rellenos sanitarios en el Ecuador (Guerra, 2014).	37
<b>Figura 16.</b> Programa Nacional de Gestión Integral de Desechos Sólidos (PNGIDS) (Ministerio del Ambiente, 2014).	39
<b>Figura 17.</b> Metas del PNGIDS (Guerra, 2014).	40
<b>Figura 18.</b> Composición global de los residuos sólidos (Bank, 2012).	45
<b>Figura 19.</b> Composición de residuos en países de ingresos bajos (Bank, 2012).	46
<b>Figura 20.</b> Composición de residuos en países de ingresos altos (Bank, 2012).	46
<b>Figura 21.</b> Método del cuarteo para seleccionar una muestra ((CEPIS), 2000).	56
<b>Figura 22.</b> Alternativas para la recuperación de los residuos (Themelis, 2011).	59
<b>Figura 23.</b> Captación de gas, tratamiento y recuperación de energía (USEPA, 2014).	78
<b>Figura 24.</b> Cambios en el reciclaje en Tokio (Euiyoung Yoon, 2002).	79
<b>Figura 25.</b> Tratamiento de RSU en Tokio (Euiyoung Yoon, 2002).	80
<b>Figura 26.</b> Clasificación de desechos en el hogar por tipo a nivel Nacional (INEC, 2012).	83



<b>Figura 27.</b> Municipios que realizan recolección diferenciada en el Ecuador (INEC, 2012).....	84
<b>Figura 28.</b> Municipios del Ecuador que realizan recolección diferenciada por regiones (INEC, 2012). .....	85
<b>Figura 29.</b> Opciones de conversión de biomasa a formas secundarias de energía (Saidur, 2011). .....	96
<b>Figura 30.</b> Esquema de una planta de aprovechamiento de biogás (Ecoespacios, 2012). .....	105
<b>Figura 31.</b> Indicador de consumo de energía eléctrica en la ciudad de Guayaquil (Villa G., 2013).....	111
<b>Figura 32.</b> Mapa de las micro-rutas seleccionadas para el muestreo. ....	114
<b>Figura 37.</b> Comportamiento de la media, mediana y moda ante varios valores de asimetría (Muñoz, 2014). .....	117
<b>Figura 38.</b> Comportamiento de una distribución ante varios valores de curtosis (Muñoz, 2014). .....	118
<b>Figura 39.</b> Ubicación de los 10 puntos muestreados. Ceibos.....	144
<b>Figura 40.</b> Porcentajes por composición (%) del Sector Ceibos 11/04/13.1 .....	147
<b>Figura 41.</b> Porcentajes por composición (%) del Sector Ceibos 02/05/13 ..	147
<b>Figura 42.</b> Ubicación de los 10 puntos muestreados. Alborada.....	148
<b>Figura 43.</b> Porcentajes por composición (%) del Sector Alborada 12/04/13 .....	151

<b>Figura 44.</b> Porcentajes por composición (%) del Sector Alborada 10/05/13 .....	151
<b>Figura 45.</b> Ubicación de los 10 puntos muestreados. Centenario.....	152
<b>Figura 46.</b> Porcentajes por composición (%) del Sector Centenario 26/04/13 .....	155
<b>Figura 47.</b> Porcentajes por composición (%) del Sector Centenario 23/05/13 .....	155
<b>Figura 48.</b> Ubicación de los 10 puntos muestreados. Centro. ....	156
<b>Figura 49.</b> Porcentajes por composición (%) del Sector Centro 10/05/13..	158
<b>Figura 50.</b> Ubicación de los 10 puntos muestreados. Sergio Toral.....	159
<b>Figura 51.</b> Porcentajes por composición (%) del Sector Sergio Toral 03/05/13 .....	162
<b>Figura 52.</b> Porcentajes por composición (%) del Sector Sergio Toral 24/05/13 .....	162
<b>Figura 53.</b> Ubicación de los 10 puntos muestreados. Trinitaria. ....	163
<b>Figura 54.</b> Porcentajes por composición (%) del Sector Trinitaria 02/05/13	165
<b>Figura 55.</b> Porcentajes de composición de la micro-ruta Ceibos. ....	168
<b>Figura 56.</b> Porcentajes de composición de la micro-ruta Alborada.....	169
<b>Figura 57.</b> Porcentajes de composición de la micro-ruta Centenario.....	170
<b>Figura 58.</b> Porcentajes de composición de la micro-ruta Alborada.....	171
<b>Figura 59.</b> Porcentajes de composición de la micro-ruta Sergio Toral.....	172
<b>Figura 60.</b> Porcentajes de composición de la micro-ruta Trinitaria. ....	173

<b>Figura 61.</b> Porcentajes de composición de la micro-ruta Ceibos. ....	174
<b>Figura 62.</b> Porcentajes de composición de la micro-ruta Alborada. ....	175
<b>Figura 63.</b> Porcentajes de composición de la micro-ruta Centenario. ....	176
<b>Figura 64.</b> Porcentajes de composición de la micro-ruta Centro. ....	177
<b>Figura 65.</b> Porcentajes de composición de la micro-ruta Sergio Toral. ....	178
<b>Figura 66.</b> Porcentajes de composición de la micro-ruta Trinitaria. ....	179
<b>Figura 67.</b> Porcentajes estimados de contenido orgánico. ....	182
<b>Figura 68.</b> Porcentajes estimados de residuos recuperables. ....	183

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla I.</b> Clasificación de los residuos sólidos según su origen. ....	8
<b>Tabla II.</b> Datos Actuales Disponibles .....	20
<b>Tabla III.</b> Proyección para el 2025 .....	20
<b>Tabla IV.</b> Problemas y Afectaciones que enfrentan países en desarrollo. ...	25
<b>Tabla V.</b> Datos de Generación de Residuos Sólidos en Ecuador. ....	26
<b>Tabla VI.</b> Gestión de residuos sólidos en principales ciudades del mundo ...	32
<b>Tabla VII.</b> Disposición Final De Residuos .....	38
<b>Tabla VIII.</b> Gestión de RSU en Guayaquil .....	42
<b>Tabla IX.</b> Composición De Residuos .....	47
<b>Tabla X.</b> Número de muestras para determinar la composición. ....	53
<b>Tabla XI</b> Distribución de la muestra para caracterización. ....	54
<b>Tabla XII.</b> Potencial de ahorro de energía por reciclaje de materiales. ....	63
<b>Tabla XIII.</b> Tipos de resinas de plásticos. ....	69
<b>Tabla XIV.</b> Constituyentes típicos encontrados en el gas de vertedero de los RSU.....	76
<b>Tabla XV.</b> Proyección de emisiones de gas metano de los rellenos sanitarios. .....	77
<b>Tabla XVI.</b> Sectores de “Las Iguanas”. ....	86
<b>Tabla XVII.</b> Poder calorífico de combustibles sólidos. ....	90
<b>Tabla XVIII.</b> Poder calorífico de combustibles líquidos. ....	91

<b>Tabla XIX.</b> Poder calorífico de combustibles gaseoso. ....	91
<b>Tabla XX.</b> Contenido energético de los residuos sólidos urbanos. ....	92
<b>Tabla XXI.</b> Datos típicos de contenido energético de materiales encontrados en los RSU. ....	93
<b>Tabla XXII.</b> Porcentajes típicos de análisis elemental de residuos sólidos. ..	95
<b>Tabla XXIII.</b> Procesos termoquímicos más importantes. ....	97
<b>Tabla XXIV.</b> Principales países que incineran sus residuos sólidos. ....	100
<b>Tabla XXV.</b> Número de habitantes de Guayaquil. ....	107
<b>Tabla XXVI.</b> Zonas de servicio .....	108
<b>Tabla XXVII.</b> Desechos recolectados de Enero a Junio del 2012. ....	109
<b>Tabla XXVIII.</b> Micro-rutas elegidas. ....	113
<b>Tabla XXIX.</b> Equipos utilizados en salidas de campo. ....	120
<b>Tabla XXX.</b> Utensilios utilizados en salidas de campo.....	121
<b>Tabla XXXI.</b> Categorías para la caracterización de los desechos.....	125
<b>Tabla XXXII.</b> Tipo de desechos encontrados en los puntos de muestreo. ..	128
<b>Tabla XXXIII.</b> Materiales considerados como potencialmente reciclables...	133
<b>Tabla XXXIV.</b> Detalles de Rutas muestreadas .....	135
<b>Tabla XXXV.</b> Numero de Muestras.....	136
<b>Tabla XXXVI.</b> Tamaño de muestra promedio .....	137
<b>Tabla XXXVII.</b> Pesos Promedios (kg) del Sector Ceibos 11/05/13 .....	138
<b>Tabla XXXVIII.</b> Pesos Promedios (kg) del Sector Ceibos 02/05/13 .....	138
<b>Tabla XXXIX.</b> Pesos Promedios (kg) del Sector Alborada 12/04/13 .....	139

<b>Tabla XL.</b> Pesos Promedios (kg) del Sector Alborada 10/05/13 .....	139
<b>Tabla XLI.</b> Pesos Promedios (kg) del Sector Centenario 26/04/13 .....	140
<b>Tabla XLII.</b> Pesos Promedios (kg) del Sector Centenario 23/05/13 .....	140
<b>Tabla XLIII.</b> Pesos Promedios (kg) del Sector Centro 10/05/13.....	141
<b>Tabla XLIV.</b> Pesos Promedios (kg) del Sector Sergio Toral 03/05/13.....	141
<b>Tabla XLV.</b> Pesos Promedios (kg) del Sector Sergio Toral 24/05/13.....	142
<b>Tabla XLVI.</b> Pesos Promedios (kg) del Sector Trinitaria 02/05/13 .....	142
<b>Tabla XLVII.</b> Puntos Seleccionados para muestreo. Ceibos.....	145
<b>Tabla XLVIII.</b> Porcentajes por composición (%) del Sector Ceibos 11/04/13 .....	145
<b>Tabla XLIX.</b> Porcentajes por composición (%) del Sector Ceibos 02/05/13	146
<b>Tabla L.</b> Puntos Seleccionados para muestreo. Alborada .....	149
<b>Tabla LI.</b> Porcentajes por composición (%) del Sector Alborada 12/04/13 .	149
<b>Tabla LII.</b> Porcentajes por composición (%) del Sector Alborada 10/05/13	150
<b>Tabla LIII.</b> Puntos Seleccionados para muestreo. Centenario .....	153
<b>Tabla LIV.</b> Porcentajes por composición (%) del Sector Centenario 26/04/13 .....	153
<b>Tabla LV.</b> Porcentajes por composición (%) del Sector Centenario 23/05/13 .....	154
<b>Tabla LVI.</b> Puntos Seleccionados para muestreo. Centro .....	157
<b>Tabla LVII.</b> Porcentajes por composición (%) del Sector Centro 10/05/13..	157
<b>Tabla LVIII.</b> Puntos Seleccionados para muestreo. Sergio Toral.....	160

<b>Tabla LIX.</b> Porcentajes por composición (%) del Sector Sergio Toral 03/05/13 .....	160
<b>Tabla LX.</b> Porcentajes por composición (%) del Sector Sergio Toral 24/05/13 .....	161
<b>Tabla LXI.</b> Puntos Seleccionados para muestreo. Sergio Toral.....	164
<b>Tabla LXII.</b> Porcentajes por composición (%) del Sector Trinitaria 02/05/13 .....	164
<b>Tabla LXIII.</b> Variabilidad temporal de todas las rutas (kg).....	167
<b>Tabla LXIV.</b> Porcentajes estimados de aprovechamiento por punto.....	180
<b>Tabla LXV.</b> Porcentajes estimados de aprovechamiento por ruta .....	181
<b>Tabla LXVI.</b> Porcentaje de contenido orgánico mensual .....	185
<b>Tabla LXVII.</b> Porcentaje de contenido orgánico mensual .....	185
<b>Tabla LXVIII.</b> Potencial energético de los residuos en Kcal por mes. ....	186
<b>Tabla LXIX.</b> Potencial energético de los residuos en KWh por mes. ....	186
<b>Tabla LXX.</b> Energía eléctrica generada por mes. ....	187
<b>Tabla LXXI.</b> Número estimado de viviendas servidas por mes. ....	187
<b>Tabla LXXII.</b> Montos estimados por el consumo de energía eléctrica de las viviendas servidas. ....	188
<b>Tabla LXXIII.</b> Producción mensual de biogás y metano. ....	188
<b>Tabla LXXIV.</b> Producción mensual de energía eléctrica. ....	189
<b>Tabla LXXV.</b> Número estimado de viviendas servidas por mes.....	189

<b>Tabla LXXVI.</b> Montos estimados por el consumo de energía eléctrica de las viviendas servidas. ....	190
--	-----



# **CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN**

## **1.1. Introducción**

El manejo de los desechos sólidos, se ha convertido en una tarea que capta cada vez más el interés de autoridades municipales y gobiernos locales, ya que su manejo adecuado representa uno de los problemas ambientales más complejos a los que actualmente nos enfrentamos, además siendo común en los países en vías de desarrollo.

El crecimiento acelerado de la población, su crecimiento económico y su consecuente crecimiento de los estándares de vida han traído aumento a la generación de desechos sólidos, de ahí que supone un desafío para los países en desarrollo el manejo adecuado de estos desechos.

En el contexto de la complejidad que involucra un correcto manejo de los desechos sólidos en una ciudad como Guayaquil el aprovechamiento de su composición y el aprovechamiento energético resultan viables desde el punto de vista económico, social y ambiental.

El estudio del potencial de aprovechamiento que tienen los desechos, estudiados de forma local y sectorizada, tiene una elevada importancia en el manejo de los desechos ya que los resultados ayudarían a generar metodologías eficaces de reducción del volumen de los desechos para su

disposición final, representado una disminución considerable en los costos asumidos por municipalidades así como al aprovechamiento de energía.

## **1.2. Antecedentes**

El ser humano ha sido el administrador de los recursos del planeta, pero ha pasado de adaptarse al medio a adaptar el medio a él, y esto tiene como consecuencia varios problemas, uno de ellos la generación de desechos.

Desde el origen del hombre, el uso de los recursos naturales no causó demasiados impactos, no fue sino hasta la Revolución Industrial en que el aumento de la población a partir del año 1.700 marcó un punto de inflexión, debido a que el incremento de la población demandó, entre otros, un mayor uso de los recursos naturales.

En la actualidad la humanidad se encuentra en un proceso rápido y masivo de crecimiento de población y urbanización, sin embargo la infraestructura y los servicios no siguen el crecimiento de las ciudades, lo que resulta en la generación de residuos sólidos. Esto se ha convertido en una situación inevitable a lo largo de la historia.

Hace diez años había 2,9 billones urbano residentes que generaron unos 0,64 kg de los RSU por persona y día (0,68 billones toneladas / año). Este informe se estima Estas cantidades que hoy se han incrementado a unos 3 billones residentes generar 1.2 kg / persona / día (1,3 billones de toneladas al

año). Para el año 2025 probablemente aumentará a 4,3 billones residentes urbanos generando acerca de 1.42 kg/habitante/día de sólidos municipales residuos (2,2 billones de toneladas por año) (Bank, 2012).

Actualmente Guayaquil genera a diario 3.500 toneladas de basura aproximadamente (Hoy, 2011), que son sepultadas sobre capas de arcilla y tierra en el relleno de las Iguanas en el kilómetro 14,5 de la vía a Daule, solo quedan 15 hectáreas por rellenar en Las Iguanas, por lo que se apunta a que esté copado para el año 2017 (Monteverde, 2011).

En 1982 la Municipalidad de Guayaquil adquirió, en base a un estudio, realizado por la empresa PIMAR S.A. (Consortio suizo-italiano), una planta combinada de mezcla, separación y energía que permitiría, a partir de los desechos sólidos, la producción de compost (mejorador de suelo), la recuperación de material de reciclaje y la generación, eventualmente, de energía eléctrica, pero debido a la falta de planeación y organización, se vio relegada todo tipo de información técnica, estadística y financiera adicional, y finalmente nunca fue puesta en funcionamiento (Peralta Domenech, 2012).

También en el 2005 existió un plan es exportar monóxido de carbono generado de los desechos. La generación de gas era el proyecto que a futuro se pensaba implementarse en el relleno Las Iguanas de Guayaquil y que generaría ingresos de \$ 40 millones en diez años, pero nunca se concretó. (Universo, 2005)

### 1.3. Justificación

No existe una metodología exacta para la mejor disposición de los desechos sólidos en general aplicable a cualquier población, más bien, esta depende de la situación geográfica, fuentes de energía, disponibilidad de los desechos y claro está el tamaño del mercado de productos derivados de la reutilización y producción de energía a partir de los desechos sólidos.

En consecuencia, es de principal urgencia obtener un procedimiento local en base a un estudio de nuestra propia situación.

En el Ecuador se contemplan nuevos objetivos para conseguir el cambio de la situación actual respecto a la gestión de los desechos sólidos en el país, se han replanteado las estrategias a aplicarse en la gestión Integral de los desechos a nivel nacional, que contemplan:

- *Aprovechamiento energético mediante la implementación de procesos de transformación del potencial calorífico de los residuos. Debido a la gran cantidad de residuos orgánicos generados diariamente, se pretende impulsar el aprovechamiento del potencial calorífico de la misma, mediante la transformación de metano a energía eléctrica y/o calórica (Ministerio del Ambiente, 2014).*
- *Reciclaje: mediante la implementación de procesos de clasificación en la fuente y separación mecánica en estaciones de transferencia, se*

*pretende fortalecer la recolección de residuos sólidos reciclables con potencial comercial para reciclaje. (Ministerio del Ambiente, 2014)*

La presente tesis presenta una investigación acerca del potencial que tienen los desechos sólidos generados en Guayaquil de ser aprovechados , los resultados obtenidos servirán para mejorar la disposición de los desechos sólidos en general que en la actualidad no dispone de un procedimiento sustentable de eliminación de residuos sólidos.

*“...Si se mantienen las tendencias actuales de crecimiento de la población mundial, industrialización, contaminación ambiental, producción de alimentos y agotamiento de recursos, este planeta alcanzara los límites de su crecimiento en el curso de los próximos cien años. El resultado más probable será un súbito e incontrolable descenso tanto de la población como de la capacidad industrial...” (Meadows, 1972).*

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

- Analizar el potencial de aprovechamiento de los desechos sólidos urbanos del cantón Guayaquil en base a muestreo.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Caracterizar Muestras de los Residuos Sólidos Urbanos de Guayaquil.
- Estudiar muestras de desechos sólidos urbanos de diferentes zonas de recolección preseleccionadas.
- Estimar porcentajes de desechos aprovechables y potenciales en energía

# **CAPÍTULO 2. TEORÍA Y REVISIÓN DE INFORMACIÓN**

## **2.1. Los Residuos Sólidos y su Clasificación**

### **2.1.1. Residuos Sólidos**

Un residuo solido es todo aquel material que luego de haber cumplido su función o de haber servido para una actividad, es descartado. Además tienen forma o estado sólido a diferencia de los desechos líquidos o gaseosos. Según Tchobanoglous, *“Los residuos sólidos comprenden todos los residuos que provienen de actividades animales y humanas, que normalmente son sólidos y que son desechados como inútiles o superfluos.”* (Tchobanoglous, Theisen, & y Vigil, 1994).

### **2.1.2. Clasificación De Residuos Sólidos**

Existen diferentes criterios de clasificación de los residuos sólidos, las más importantes son:

- Clasificación según su Tipo
- Clasificación según su Origen
- Clasificación según su Composición

### 2.1.3. Clasificación Según Su Tipo

Se puede clasificar a los residuos sólidos en dos grupos, los peligrosos y los no peligrosos. Los residuos sólidos son considerados peligrosos cuando representan un potencial riesgo o peligro al ser humano o al medio ambiente.

### 2.1.4. Clasificación Según Su Origen

Los residuos sólidos también pueden ser clasificados considerando el lugar donde se generaron, es decir su origen.

**Tabla I.** Clasificación de los residuos sólidos según su origen.

<b>Origen</b>	<b>Descripción</b>
Agrícola	Haciendas, plantaciones , ganadería , etc.
Comercial	Puntos de actividad comercial , tales como restaurantes , hoteles , bancos ,etc.
Construcción	Obras civiles, demolición de estructuras ,etc.
Domestico	Viviendas, conjuntos domiciliarios, residencias etc.
Hospitalarios	Hospitales , clínicas , Centro de Salud, etc.
Industrial	Fábricas, empresas manufactureras, refinerías ,etc.
Mercado	Mercados, camal, tiendas de verduras, etc.



Plantas de Tratamiento	Plantas de tratamiento de agua potable, agua residual , lixiviado , etc.
Público	Instituciones públicas , municipales, y gubernamentales, etc.
RSU <sup>a</sup>	Todos los anteriores.

---

<sup>a</sup> *Los residuos sólidos urbanos (RSU) solo corresponden a residuos generados dentro de la zona urbana de una ciudad, por lo tanto los residuos de origen agrícola e industrial no se consideran como RSU. Adaptado de (Tchobanoglous, Theisen, & y Vigil, 1994)*

### 2.1.5. Clasificación Según Su Composición

Otra manera de clasificar a los residuos sólidos es por medio de sus características físicas o composición, existen diferentes materiales de los que están compuestos los residuos sólidos, entre los más importantes están:

#### 2.1.5.1. Papel y Cartón

El papel y el cartón son material elaborados a partir de la pulpa de celulosa que a su vez es un material hecho a base de madera, la fabricación se basa en el hecho de que la fibra de celulosa húmeda se une junto con los enlaces de hidrógeno cuando se seca bajo presión (F.A.M. Lino, 2011).

Ej. Periódicos, cuadernos, papel higiénico, papeles de oficina etc.



**Figura 1.** Desechos de papel y carton (GSWA, 2014).

#### **2.1.5.2. Plástico**

Los plásticos se fabrican a partir del petróleo, gas natural, carbón y sal, donde la materia prima principal es el petróleo y se producen por polimerización (F.A.M. Lino, 2011).

Los plásticos se moldean a partir de la presión y el calor. Una vez que alcanzan el estado que caracteriza a los materiales que solemos denominar como plásticos, resultan bastante resistentes a la degradación y, a la vez, son livianos. De este modo, los plásticos pueden emplearse para fabricar una amplia gama de productos (Definición.De, 2014).

Ej. Botellas, envases, bolsas de limpieza, fundas, etc.



*Figura 2. Botella de plástico desechable (Taylor, 2012).*

### **2.1.5.3. Vidrio**

El vidrio es un material de gran dureza pero que, a la vez, resulta muy frágil. Es inorgánico, carece de estructura cristalina y suele permitir el paso de la luz (Definición.De, 2014).

La mayoría de vidrio se fabrica por un proceso en el que las materias primas (caliza, arena silíceo y carbonato de sodio) se convierten a alta temperatura (1420-1600 °C) a una masa fundida homogénea, que se forma a continuación en productos (F.A.M. Lino, 2011).

Ej. Botellas, envases, ventanas, mesas, lentes, etc.



*Figura 3. Botellas de vidrio rotas (Tronix, 2014).*

#### **2.1.5.4. Metales**

Cada uno de los elementos químicos buenos conductores del calor y de la electricidad, con un brillo característico, y sólidos a temperatura ordinaria, salvo el mercurio (Española, 2001).

Ej. Latas de hojalata, electrodomésticos, utensilios de cocina cables, etc.



*Figura 4. Latas desechadas luego de ser utilizadas (GSWA, 2014).*

#### **2.1.5.5. Orgánicos**

La materia orgánica (o Putrescible ) es materia compuesta de compuestos orgánicos que provienen de los restos de organismos que alguna vez estuvieron vivos, tales como plantas y animales y sus productos de residuo en el ambiente natural (Facts, 2014).



*Figura 5. Desechos organicos varios (Gosh, 2014).*

## **2.2. Propiedades De Los RSU**

Es indispensable conocer las propiedades o cualidades físicas, químicas y biológicas de los RSU, para poder optimizar su aprovechamiento, gestión, o transformación. Las principales propiedades son las propiedades:

- Físicas
- Químicas
- Biológicas

### 2.2.1. Propiedades Físicas de los RSU

Las propiedades físicas son características que puede ser estudiada usando los sentidos o algún instrumento específico de medida. En los RSU encontramos las siguientes propiedades físicas:

- **Peso Específico**

El peso específico es la medida de masa por unidad de volumen, generalmente se utiliza  $kg/m^3$

- **Contenido de humedad**

El contenido de humedad es el porcentaje de masa volatizada a  $105^{\circ}C$  con respecto a la muestra inicial.

$$H = \left( \frac{P_i - P_f}{P_i} \right) \times 100$$

$H$ = Contenido de Humedad.

$P_i$ = Peso de muestra inicial.

$P_f$ = Peso de muestra final (después de secarse a  $105^{\circ} C$ )  
(Tchobanoglous, Theisen, & y Vigil, 1994)

- **Capacidad de campo**

La capacidad de campo es la propiedad de un residuo de retener líquido mientras está sometido a la acción de la gravedad, y se mide esta capacidad mediante la cantidad total humedad retenida.

### **2.2.2. Propiedades Químicas de los RSU**

El conocimiento de las propiedades químicas de los RSU es de vital importancia para un análisis de potencial energético, debido a que no todo tipo de composición es apta para ser transformada en energía de manera óptima.

Según Tchobanoglous si los residuos sólidos van a utilizarse como combustible, las cuatro propiedades más importantes que es preciso conocer son (Tchobanoglous, Theisen, & y Vigil, 1994):

- Análisis Físico
- Análisis elemental
- Punto de Fusión de las cenizas
- Contenido energético

En el literal 2.7 potencial energético se ampliará más este tema.

### **2.2.3. Propiedades Biológicas de los RSU**

La fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos se puede clasificar de acuerdo a sus componentes orgánicos, como los siguientes:

- Constituyentes solubles en agua (azúcares, féculas, aminoácidos).
- Hemicelulosa.
- Celulosa.
- Grasas, Aceites, Cera.
- Lignia.
- Lignocelulosa.



- Proteínas.

La característica biológica más importante de la fracción orgánica de los RSU, es que casi la mayoría de componentes orgánicos pueden ser convertidos biológicamente en gases y sólidos orgánicos e inorgánicos relativamente (Tchobanoglous, Theisen, & y Vigil, 1994).

### **2.3. Generación De Los Residuos Sólidos Urbanos**

Una vez que los productos o subproductos ya no son útiles, se presentan los problemas de acumulación de residuos (sólidos, líquidos o gaseosos) (Baroja, 2013).

En una sociedad global en rápida urbanización, la gestión de residuos sólidos es un desafío clave que enfrentan todas las ciudades del mundo.

Es casi siempre uno de los principales problemas más difíciles para los administradores de la ciudad.

Como el mundo va precipitadamente hacia futuro urbano, la cantidad de sólidos municipales residuos (RSU), uno de los más importantes subproductos de un estilo de vida urbano, está creciendo incluso más rápido que la tasa de urbanización.

Hace diez años había 2,9 billones residentes en zonas urbanas que generaron unos 0,64 kg de los RSU por persona y día (0,68 billones toneladas / año). Se estima que estas cantidades hoy se han incrementado a unos 3 billones residentes generar 1.2 kg / persona / día (1,3 billones de

toneladas al año). Para el año 2025 probablemente aumentará a 4,3 billones residentes urbanos generando acerca de 1.42 kg/habitante/día de sólidos municipales residuos (2,2 billones de toneladas por año) (Bank, 2012).

La cantidad de residuos que se genera en una ciudad son de gran importancia para poder controlar el manejo que los desechos sólidos requieren de manera adecuada, es por eso que es indispensable conocer la tasa de generación y los factores que intervienen en su generación.

### **2.3.1. Factores Que Influyen La Generación de los RSU**

Las tasas de generación de RSU están influenciadas por el desarrollo económico, el grado de industrialización pública, hábitos y el clima local. En general, cuanto mayor sea el desarrollo económico y la tasa de urbanización, cuanto mayor sea la cantidad de residuos sólidos producidos.

Los principales factores que influyen en la generación de residuos en los siguientes:

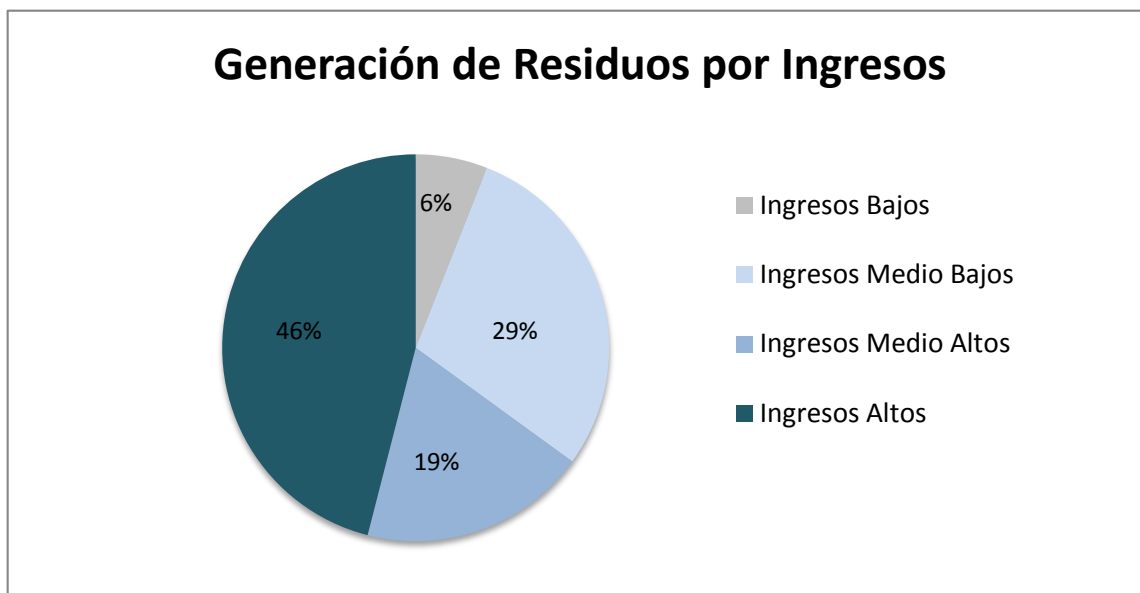
- Población (especialmente urbana).
- Economía de la población.
- Localización geográfica.
- Época del año.

La generación de residuos puede ser correlacionada con (Luis F. Diaz, 2013):

- PIB per cápita.
- Consumo de energía per cápita.
- Consumo final privado per cápita.

### 2.3.1.1. Generación de Residuos por Ingresos

La urbanización y el nivel de ingresos están altamente correlacionados, es así que si los ingresos y el nivel de vida aumentan, el consumo de bienes y servicios correspondientemente aumentan también, así como lo hace finalmente la cantidad de residuos generado (Bank, 2012).



**Figura 6.** Generación a Nivel Mundial de Residuos por Ingresos (Bank, 2012).

‘‘A *Global Review of Solid Waste Management*’’ realizado por The World Bank. En la Tabla 2 se puede observar que actualmente los países con un

mayor ingreso son los mayores productores de residuos sólidos, y a continuación en la Tabla III se observa que esa tendencia seguirá según las proyecciones para el 2025.

**Tabla II. Datos Actuales Disponibles**

Nivel de ingresos	Población Urbana Total (millones)	Generación de Residuos Urbanos	
		Per Cápita (kg/cápita/día)	Total (ton/día)
Bajos	343	0,6	204,802
Medio Bajos	1293	0,78	1012,321
Medio Altos	572	1,16	665,586
Altos	774	2,13	1649,547
<b>TOTAL</b>	<b>2982</b>	<b>1,19</b>	<b>3532,256</b>

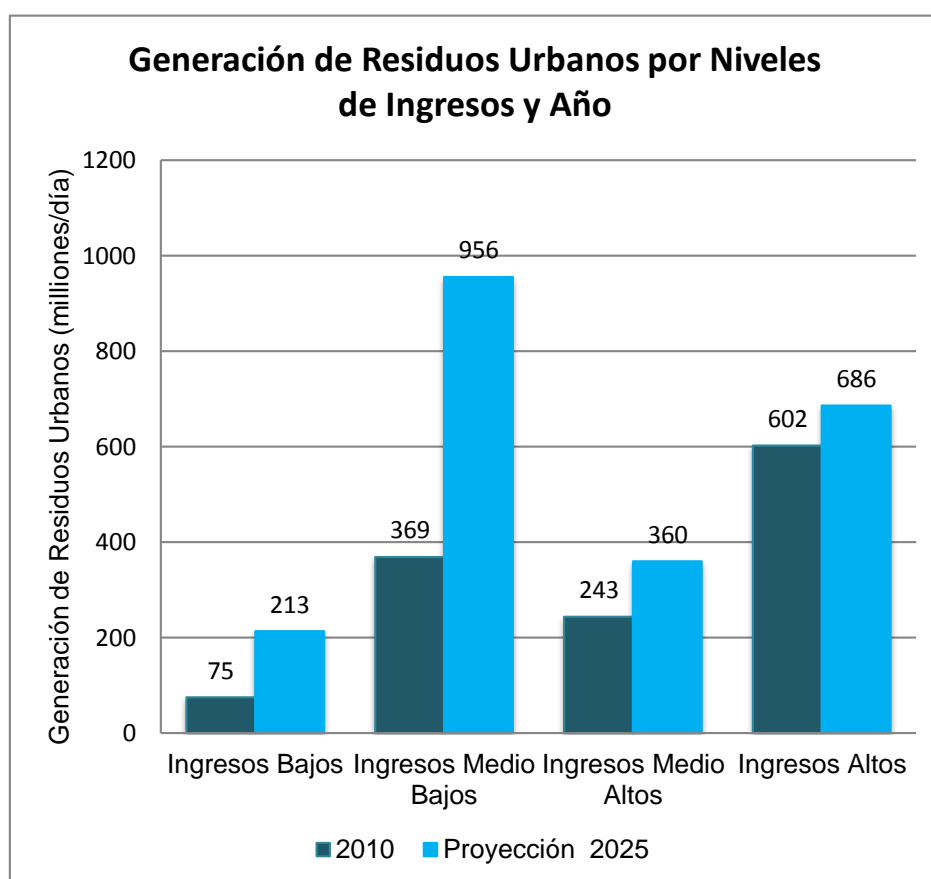
*Adaptado de (Bank, 2012)*

**Tabla III. Proyección para el 2025**

Nivel de ingresos	Población Proyectada		Generación de Residuos Urbanos Proyectada	
	Población Total (millones)	Población Urbana (millones)	Per Cápita (kg/cápita/día)	Total (ton/día)
Bajos	1637	676	0,86	584,272
Medio Bajos	4010	2080	1,3	2618,804
Medio Altos	888	619	1,6	987,039
Ingresos Altos	1112	912	2,1	1879,59
<b>TOTAL</b>	<b>7647,0</b>	<b>4287</b>	<b>1,4</b>	<b>6069,705</b>

*Adaptado de (Bank, 2012)*

En este estudio se recopilieron datos de generación de RSU por país de las publicaciones oficiales del gobierno, informes por organismos internacionales y artículos en revistas diarias. Este informe utilizó la misma fuente para un grupo de países de modo que los datos están relativamente estandarizados (Bank, 2012).



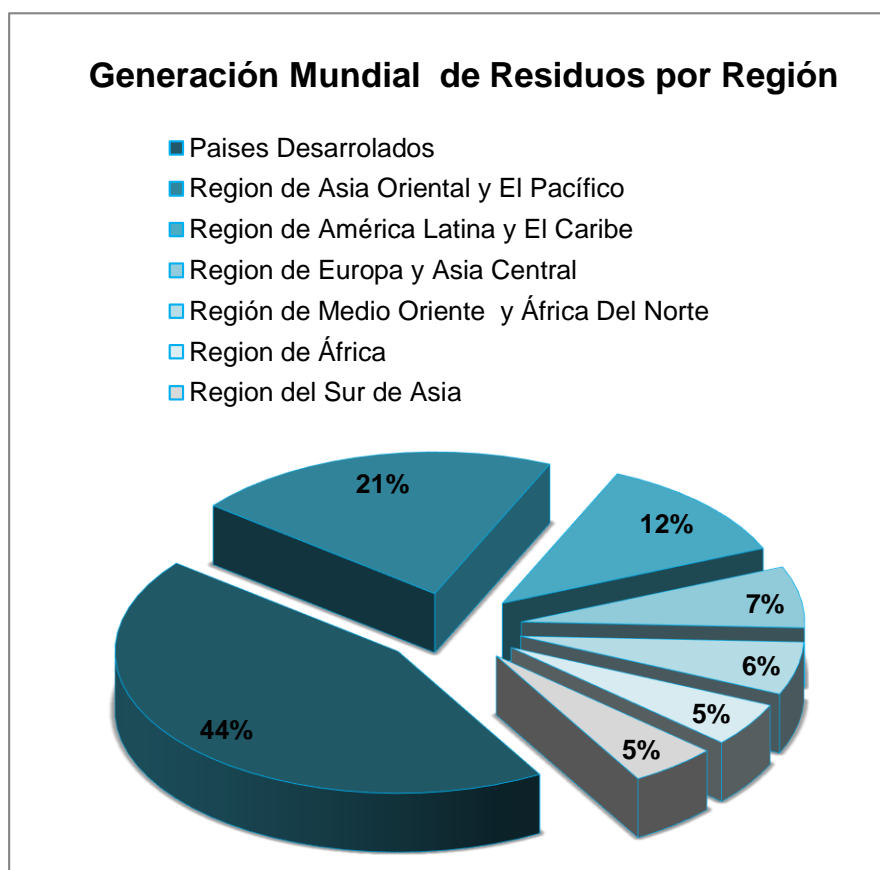
**Figura 7.** Generación de Residuos Urbanos por Niveles de Ingresos y Año (Bank, 2012).

La generación de residuos varía en función de la riqueza, sin embargo, pueden ser las variaciones regionales y de país, significativas en las tasas de generación dentro de la misma ciudad (Bank, 2012).

### 2.3.2. Generación De RSU a Nivel Mundial

La población mundial llegó prácticamente a 7 billones de personas en el 2011, 3,6 billones de Población Urbana y 3,4 billones de Población Rural, se espera que la población mundial llegue a 9,3 billones en el 2050, 6,3 billones de Población Urbana, 3,0 billones de Población Rural (Luis F. Diaz, 2013).

Prácticamente todo el crecimiento poblacional estará concentrado en áreas urbanas de regiones en vías de desarrollo, actualmente, más de 800 millones de personas viven en asentamientos humanos (Luis F. Diaz, 2013).



**Figura 8.** Generación Mundial de Residuos por Región (Bank, 2012).

El rango de tasas de generación global es de: 0,2 a 2,5 kg/cap. día por persona (Luis F. Diaz, 2013), la generación actual de residuos en el mundo es de alrededor 2 billones de toneladas /año esto equivale a 125.000 Estadios Olímpico Atahualpa llenos de residuos (Branconi, 2013).



**Figura 9.** Dos billones de toneladas equivalen a 125.000 Estadios Olímpico Atahualpa llenos de residuos (Branconi, 2013).

Los Impactos a la Gestión de Residuos Sólidos en América Latina y el Caribe que estaban proyectados para el 2009 son (Luis F. Diaz, 2013):

- Población: 580.000.000 habitantes
- Generación per cápita de Residuos : 0,9 kg/hab./d
- Generación total de RSU: 190.530.000 t/año
- Generación GEI por RSU: 190.000.000 t CO<sub>2</sub>-eq/a

Con respecto a las décadas pasadas hoy en día existe una mayor conciencia respecto a la abuso de la explotación de los recursos naturales, sin embargo, las economías de países en desarrollo necesitan utilizar más recursos para alcanzar los niveles de vida de los países desarrollados; por consiguiente la población continúa creciendo; y los recursos naturales son limitados.

Los países más desarrollados generan más residuos que los países pobres es por esto que la basura tiende a ser un indicador del desarrollo (Baroja, 2013):

- Los países ricos comercializan los residuos; los transforman y/o los eliminan.
- Los países en desarrollo enfrentamos problemas como los que se detallan en la tabla IV.



**Tabla IV.** Problemas y Afectaciones que enfrentan países en desarrollo.

<b>Problemas</b>	<b>Afectaciones</b>
Contaminación de suelos (botaderos a cielo abierto)	Producción
Contaminación de acuíferos por lixiviados	Producción; Turismo
Contaminación de aguas superficiales	Salud Pública, Producción
Emisión de Gases de Efecto Invernadero (combustión de materiales vertidos);	Calentamiento Global
Ocupación incontrolada del Territorio	Destrucción paisaje y espacios naturales
Contaminación	Focos infecciosos y malos olores – Salud
Contaminación de suelos (botaderos a cielo abierto)	Producción

*Adaptado de (Baroja, 2013).*

### 2.3.3. Generación De RSU en Ecuador

Al año se generan 4,13 millones de toneladas métricas en el Ecuador con un per cápita de 0,73 kg, de las cuales el servicio de recolección solo cubre el 80,45% (*Base información censo INEC 2010*). Según el Ministerio del Ambiente para el año 2017 el país generará 5,4 millones de toneladas métricas anuales, por lo que se está desarrollando un plan manejo integral de los residuos (Ministerio del Ambiente, 2014).

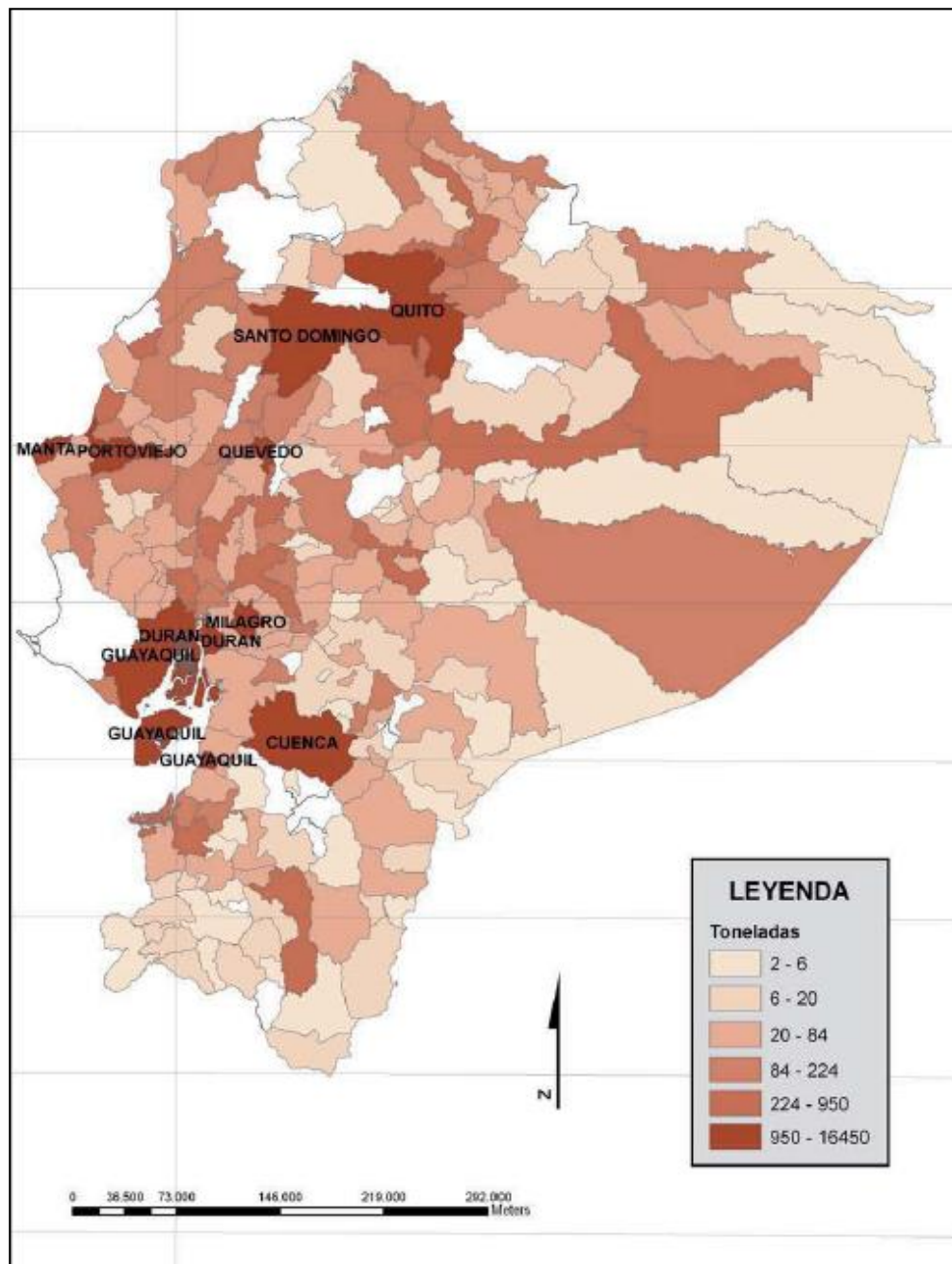
**Tabla V.** Datos de Generación de Residuos Sólidos en Ecuador.

Parámetro	Valor
Población*	15'520.973 habitantes
Producción Per Cápita (promedio)	0,73 kg/hab.día
Generación De Residuos Sólidos	4'139.512 tm/año
Cobertura Servicio Recolección (Promedio)**	80,45%

\* *Proyección población censo INEC 2010* \*\* *Base información censo INEC 2010*

De acuerdo a el PNGIDS los desechos generados por los ecuatorianos está compuesta en 61.4% de residuos orgánicos, y 38.6% por otros materiales, como plástico, papel, cartón, vidrio, chatarra, otros, cuyos porcentajes se detallan a continuación (Ministerio del Ambiente, 2014).

Entre las ciudades que más toneladas generan están Guayaquil, Quito, Cuenca y Santo Domingo.



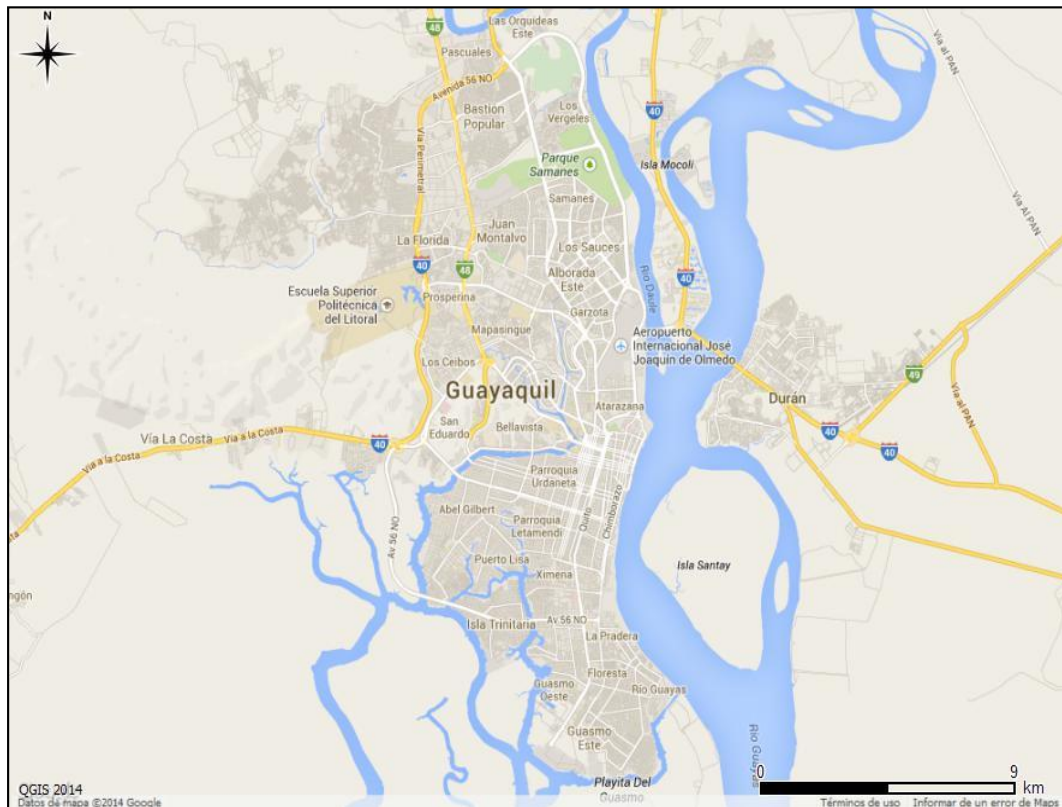
**Figura 10.** Toneladas de residuos producidas por cantones. (Plural, 2011).

### **2.3.4. Generación de RSU en el Cantón Guayaquil**

Guayaquil es la ciudad de mayor concentración urbana del país, por la diversidad y riqueza de su actividad económica, con una población estimada de 2'291.158 habitantes, donde la población de los barrios periféricos crece más rápidamente que el núcleo básico de la ciudad. (Peralta Domenech, 2012) .

De las 9.365 toneladas diarias de basura que genera el país, Guayaquil y Quito producen el 41,7% del total de residuos urbanos, mientras que el 18,4% se genera en las ciudades como: Machala, Esmeraldas, Manta, Cuenca, Riobamba, Ibarra, Santo Domingo de los Colorados y Ambato. (Piedra, 2012). Cada ecuatoriano produce en promedio 0,73 kilogramos de residuos por día; cantidad que llega a 1,0 kg por persona en las principales ciudades, Guayaquil tiene un per cápita de desechos sólidos de 0,848 kg/hab/día (Peralta Domenech, 2012).

Según estadísticas del cantón Guayaquil, en 1994 contrató al consorcio Vachagnon para la recolección de los residuos urbanos, en ese año en la ciudad habitaban 1,8 millones personas y se generaba 1400 toneladas de desechos diarios. En el 2012 en el cantón habitaban 2,1 millones de habitantes y la generación de basura alcanzaba las 3500 toneladas diarias (Hoy, 2011).



**Figura 11.** Ubicación de la Ciudad de Guayaquil (Google Maps)

Diariamente se recogen 3 500 toneladas métricas de desechos por día, aunque quedan aproximadamente 700 toneladas métricas en barrios donde no es posible que los recolectores ingresen por falta de vías y calles (Hoy, 2011).

Los residuos urbanos son recogidos en 545 mil viviendas de la ciudad de los sectores como Urdesa, Los Ceibos, Kennedy, Centenario, Sergio Toral, Trinitaria etc. (Hoy, 2011).

## 2.4. Gestión De Los Residuos Sólidos Urbanos

Un sistema de gestión de los desechos sólidos es el proceso por el que se tratan los residuos urbanos desde su generación hasta su disposición final. La gestión de los residuos debe ocuparse de la recolección, eliminación, tratamiento y almacenamiento.

Una gestión eficiente debe partir de lo siguiente:

- Prevención; Los residuos deben evitarse desde su generación (minimización /reducción en origen).
- Revalorización; Los residuos inevitables deben aprovecharse mientras su estado lo permita (reutilización, reciclaje).
- Transformación; Los residuos con potencial energético u otro, deben transformarse y aprovecharse.
- Conservación; Los residuos no aprovechables deben tratarse de una forma ambientalmente correcta.

Si no se consideran estos principios de prevención, revalorización, transformación o conservación de manera óptima se corre el riesgo de realizar una inadecuada o mala gestión, que finaliza con impactos negativos

Los impactos negativos de la gestión inadecuada de los residuos sólidos afecta la vida cotidiana de la población en relación con la salud pública, la calidad del medio ambiente, el paisaje y el turismo

Existen factores que son importantes en la creación del proceso de gestión, por lo tanto hay que considerarlos y hacer las siguientes preguntas (Branconi, 2013):

- ¿Cuánto nos gastamos con la gestión de residuos sólidos?
- ¿Qué fuentes usamos?
- ¿Cuáles son las estructuras legales e institucionales?
- ¿Cuáles son los principales actores de este mercado?
- ¿Qué modelos que tenemos en la gestión de residuos sólidos?

#### **2.4.1. Gestión de RSU a nivel Mundial.**

La gestión de los residuos sólidos es uno de los mayores retos de las zonas urbanas de todos los tamaños, desde las mega-ciudades a las pequeñas ciudades y pueblos grandes.

La mayor parte de las ciudades de tamaño medio y de bajos ingresos todavía están trabajando en la eliminación gradual de los botaderos a cielo abierto y el establecimiento de sistemas de eliminación controlada.

Según un estudio de la comparación de los modelos de gestión pública en relación con la gestión de residuos sólidos en 15 ciudades que se realizó en 2009 y actualizado en 2011 (Branconi, 2013), se puede concluir que la

generación de residuos generalmente es mayor en países donde se invierte menos en sistemas de gestión de residuos sólidos.

**Tabla VI.** Gestión de residuos sólidos en principales ciudades del mundo

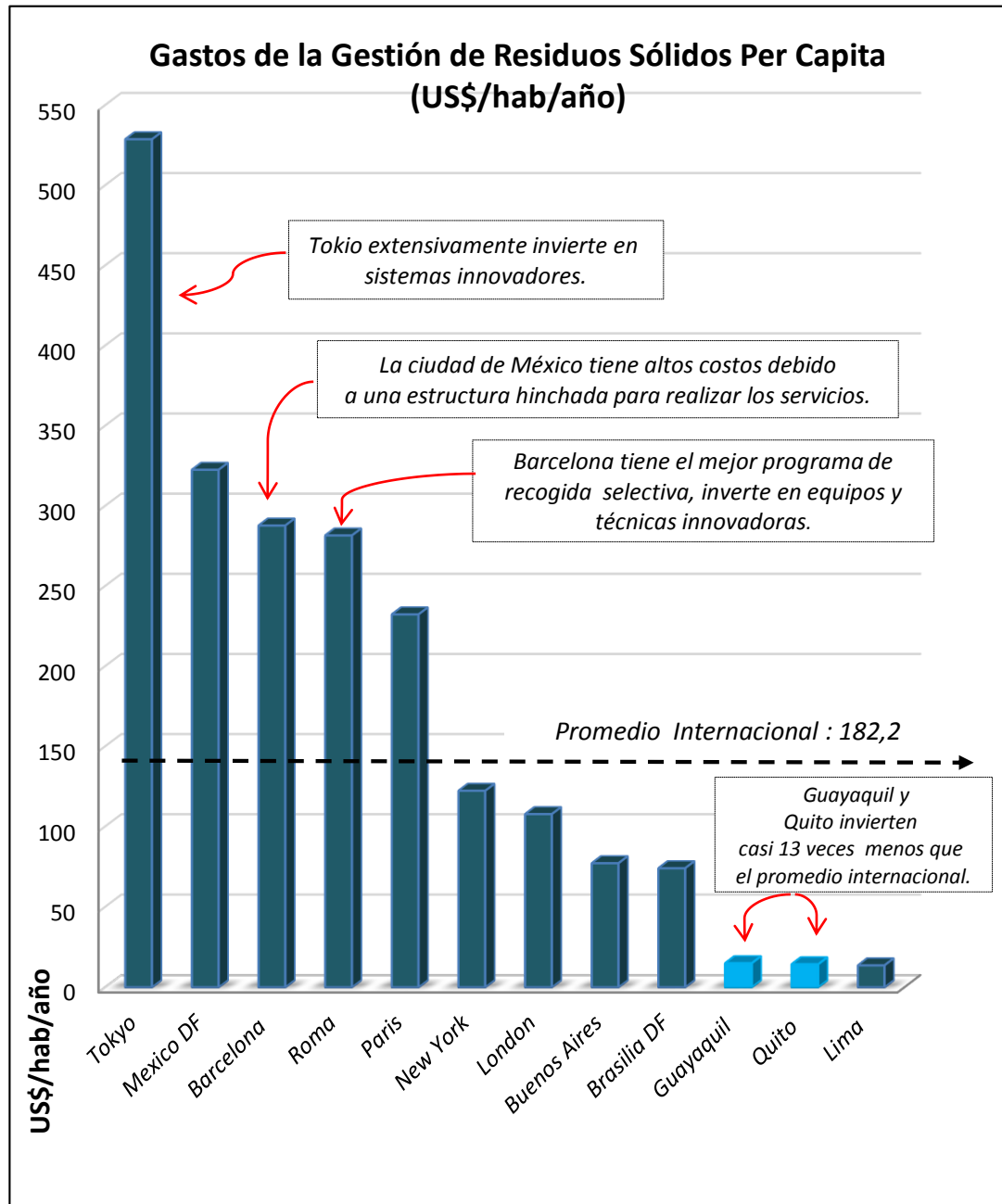
Ciudad	Población (hab.)	Área (km <sup>2</sup> )	Cantidad de Desecho Sólido recogida (millones de ton. /año)	Cantidad de Desecho Sólido recogida per cápita (kg/hab. /año)	Gastos de la gestión de residuos sólidos (millones US\$/ año)	Gastos de la gestión de residuos sólidos per cápita (US\$/hab/año)
Tokio	12,06	2187	4970	412,11	6375	528,61
México DF	8,72	1479	4600	527,52	2811,63	322,43
Barcelona	1,5	91	848	565,33	431,46	287,64
Roma	2,72	1285	1829	672,43	765,51	281,44
Paris	2,17	105	1204	554,84	503,88	232,2
New York	8,14	1214	4307	529,12	994,5	122,17
London	8,28	1579	4200	507,25	890,97	107,61
Buenos Aires	2,97	203	1469	494,64	228,74	77,02
Brasilia DF	2,27	5802	1379	607,58	167,79	73,92
Guayaquil	2,44	344	1014	415,12	36,48	14,93
Quito	2,32	324	721	310,21	33,22	14,28
Lima	8	2819	2278	284,7	108,78	13,6

*Adaptado de (Branconi, 2013)*

Es importante que enfatizar que los números no expresan la calidad de los servicios de limpieza, deben ser analizadas como una combinación de factores.

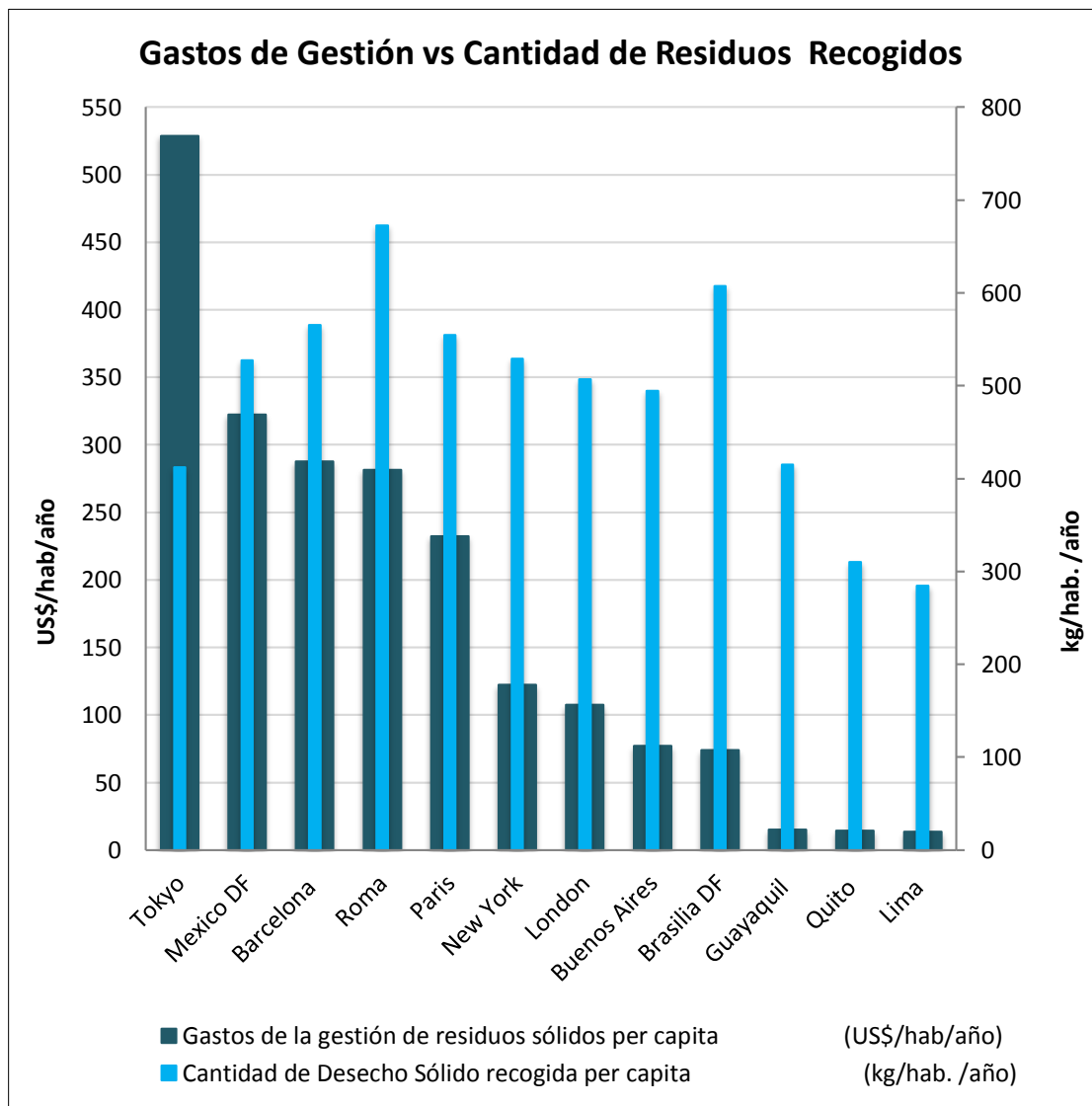


Tokio es la ciudad que más invierte en el manejo de residuos sólidos, no sólo como inversión general, sino también por habitante, mientras que Guayaquil y Quito tienen los mismos egresos en el manejo de sus residuos sólidos.



**Figura 12.** Gastos de la Gestión de Residuos Sólidos Per Capita. Adaptado de (Branconi, 2013).

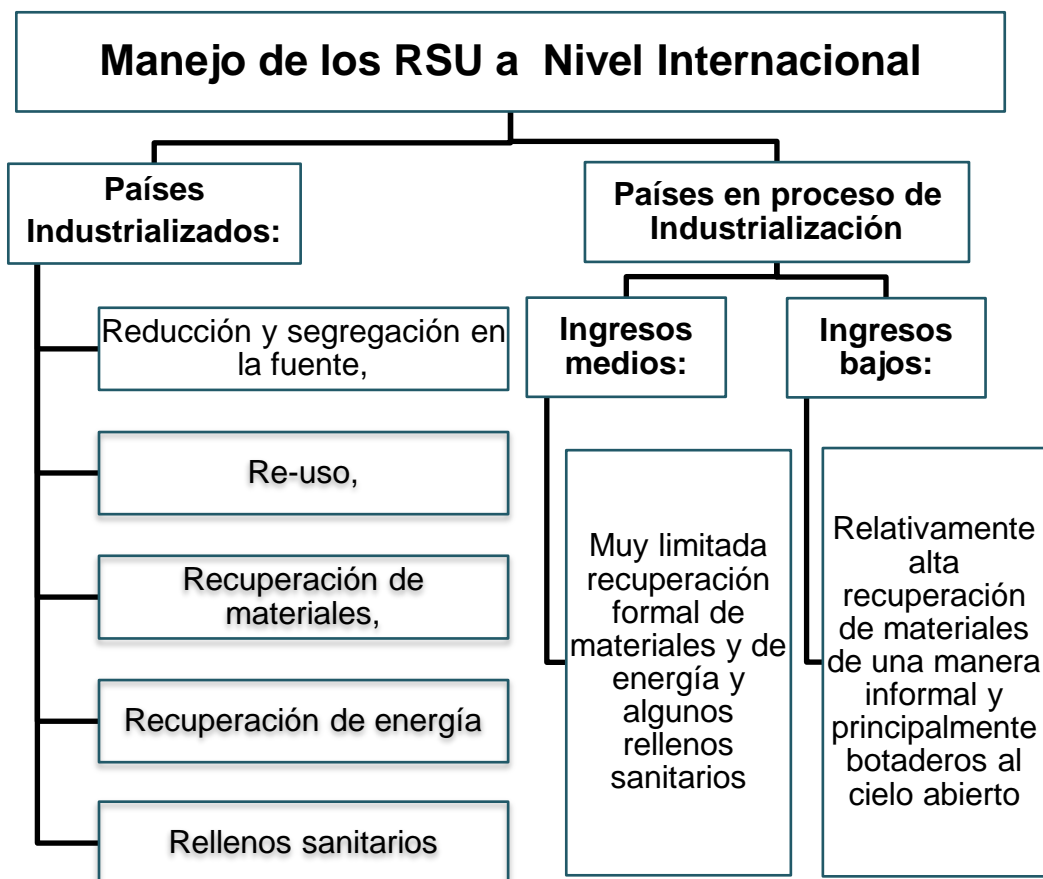
Tokio extensivamente invierte en sistemas innovadores, incluso produce menor cantidad de residuos con respecto a los precedentes de las principales ciudades a nivel mundial, por el contrario Quito y Guayaquil invierten casi 13 veces menos que el promedio (Branconi, 2013).



**Figura 13.** Gastos de Gestión vs Cantidad de Residuos Recogidos Adptado de (Branconi, 2013).

La mayoría de las ciudades desarrolladas produce 2 a 4 veces más residuos que sus gastos en residuos sólidos. Las economías emergentes de 5 a 27 veces (Branconi, 2013), por otra parte la única ciudad que produce menos residuos e invierte más en su gestión es Tokio.

Desde 1987, muchas áreas alrededor del mundo han adoptado el concepto de desarrollo sustentable aunque existen diferentes interpretaciones.



**Figura 14.** Manejo de los RSU a Nivel Internacional Adaptado de (Luis F. Diaz, 2013).

En varios países alrededor del mundo se está enfatizando el desvío de los residuos destinados a los rellenos sanitarios las motivaciones son similares en la mayoría de las áreas:

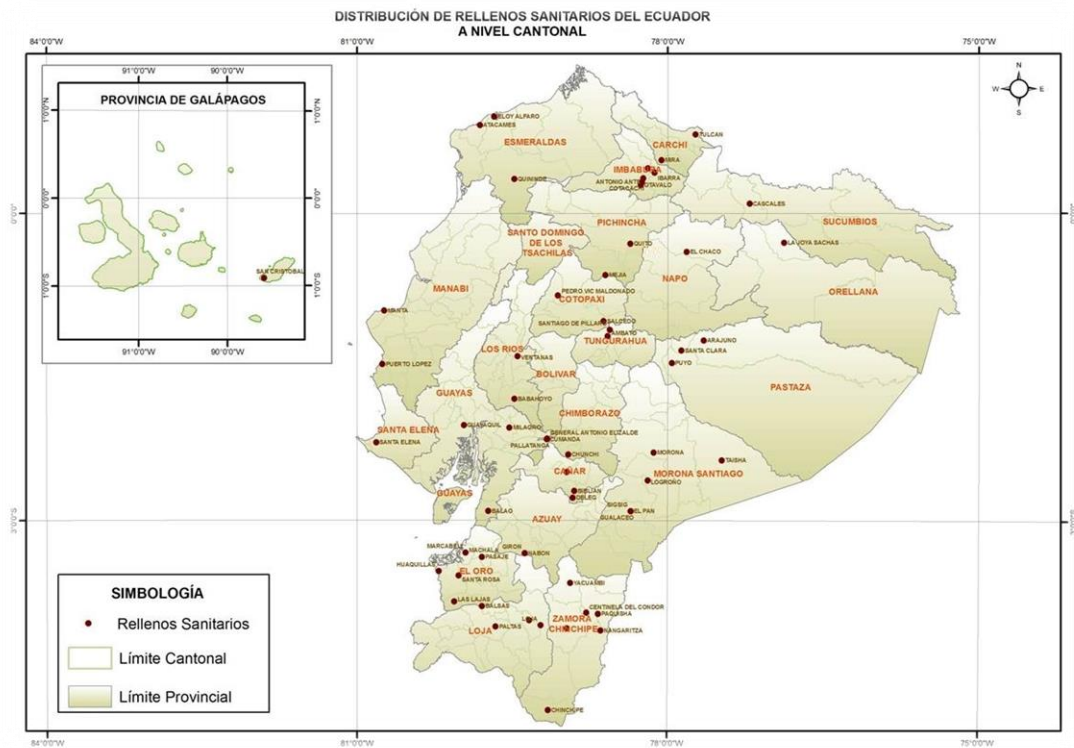
- Protección de la salud pública
- Protección del ambiente (agua, suelo, etc.)
- Conservación de Recursos

#### **2.4.2. Manejo de RSU en Ecuador.**

La población del Ecuador según el Censo de Población y Vivienda del año 2010 era de 14.483.499 millones de habitantes, registrándose que un 77% de los hogares elimina la basura a través de carros recolectores y el restante 23% la elimina de diversas formas, así por ejemplo la arroja a terrenos baldíos o quebradas, la quema, la entierra, la deposita en ríos acequias o canales, etc. (Ministerio del Ambiente, 2014)

Según datos provistos por el Programa Nacional de Gestión integral de Desechos Sólidos, el MIDUVI y otras instituciones, se determinó que el servicio de recolección de residuos sólidos tiene una cobertura nacional promedio del 84.2% en las áreas urbanas y de 54.1% en el área rural, la fracción no recolectada contribuye directamente a la creación de micro basurales descontrolados. Se confina adecuadamente tan solo el 67% en lo urbano y 40% en lo rural (Ministerio del Ambiente, 2014).

Del 2002 al 2010 de un total de 221 Municipios 160 disponían sus desechos en botaderos a cielo abierto; esa cifra aumento a 177 en el 2012. (Ministerio del Ambiente, 2014)



**Figura 15.** Distribucion de rellenos sanitarios en el Ecuador (Guerra, 2014).

Solo el 28% de los residuos son dispuestos en rellenos sanitarios, sitios inicialmente controlados que con el tiempo y por falta de estabilidad administrativa y financiera, por lo general, terminan convirtiéndose en botaderos a cielo abierto. El 72% de los residuos restante es dispuesto en botaderos a cielo abierto (quebradas, ríos, terrenos baldíos, etc.), que provocan inconvenientes e impactos de diferente índole como taponamiento de cauces de agua y alcantarillados, generación de deslaves, proliferación de

insectos y roedores; que traen consigo problemas ambientales y de salud a la población (Ministerio del Ambiente, 2014).

**Tabla VII.** Disposición Final De Residuos

<b>Tipo De Disposición</b>	<b>#</b>	<b>%</b>
Relleno Sanitario	44	20 %
Botadero	177	80 %
Total	221	100 %

(Ministerio del Ambiente, 2014) PNGIDS 2012

Existen proyectos de recuperación formal de materiales que han iniciado en todo el país:

- 24% de los GADs\* Municipales han iniciado procesos de separación en la fuente.
- 26% de los GADs\* Municipales cuenta con procesos de recuperación de materia orgánica.
- 32% de GADs\* Municipales realiza recolección diferenciada de desechos hospitalarios.

\***GADs:** *Los Gobiernos Autónomos Descentralizados son instituciones descentralizadas que gozan de autonomía política, administrativa y financiera, y están regidos por los principios de solidaridad, subsidiariedad, equidad, interterritorial, integración y participación ciudadana.* (Ministerio del Ambiente, 2014)

Actualmente en el Ecuador el Ministerio del Ambiente se encuentra desarrollando iniciativas ambientales para la mejora de la Gestión de Residuos Sólidos en el Ecuador como el Programa Nacional de Gestión Integral de Desechos Sólidos (PNGIDS) que pretende implementar procesos de agregación de valor de los residuos sólidos urbanos que se generan en el país.



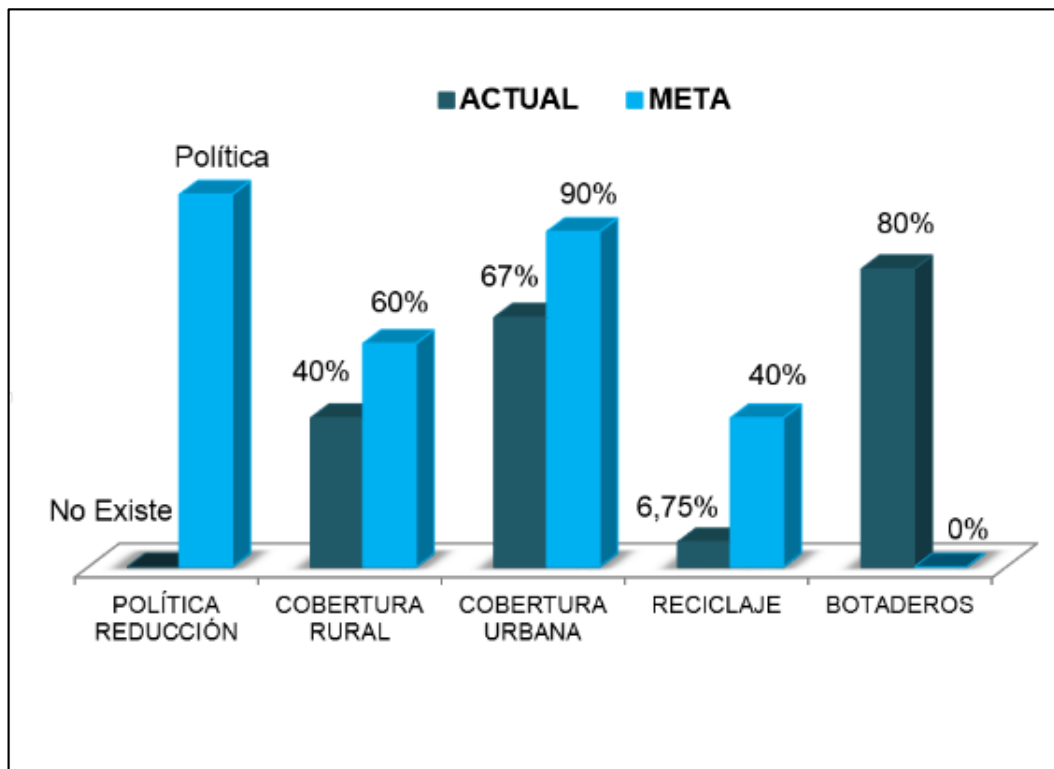
*Figura 16. Programa Nacional de Gestión Integral de Desechos Sólidos (PNGIDS) (Ministerio del Ambiente, 2014).*

Además se han logrado importantes avances como (Baroja, 2013):

- Ratificar Acuerdos Internacionales (Rio Agenda 21, Basilea)
- Generar Programas Y Políticas MAE, MIDUVI, Gads Provinciales, Municipales Y Parroquiales
- Consejo Nacional Competencias: Descentralización De Competencias Con Recursos
- Desarrollar Programas De Transferencia Tecnológica – Universidades

- Promover Micro Empresas De Recolección, Reciclaje, Aseo Etc.
- BEDE – Programas De Apoyo Financiero
- Regulación De Mercados (MAGAP)
- Ministerio De Electricidad Y Energía Renovable – Aprovechamiento Y Generación Energética

El PNGIDS tiene metas establecidas para el 2017 que se enfocan en la reducción y aprovechamiento de residuos de manera que la situación actual cambie, así en cuanto a la generación de residuos la meta es la generación de Políticas de reducción de residuos (Ministerio del Ambiente, 2014).



**Figura 17.** Metas del PNGIDS (Guerra, 2014).



### **2.4.3. Manejo de RSU en el Cantón Guayaquil**

La gestión en Guayaquil ha tenido un notorio avance durante las últimas dos décadas. El servicio de aseo urbano sólo alcanzaba a recoger el 44% de la basura que se producía en Guayaquil, quedando excluidos del mismo cerca de un millón de habitantes. De las 1020 toneladas diarias de basura se recogía, transportaba y disponía tan sólo 450 toneladas diarias (Peralta Domenech, 2012).

Desde el 14 de octubre de 2010 Puerto Limpio empezó su periodo de recolección, desde entonces el porcentaje de desechos aumentó, de las 2400 toneladas a 3500 toneladas, esto es porque se ha incrementó la capacidad de recolección, así como del personal y se sirve a más áreas. (Hoy, 2011)

**Tabla VIII.** Gestión de RSU en Guayaquil

<b>Periodo</b>	<b>Responsable</b>	<b>Sitio de Disposición Final</b>	<b>Residuos Recogidos (Ton/día)</b>	<b>Observaciones</b>
1988 – 1992	Departamento de Aseo de Calles*	San Eduardo	450***	Descarga de desechos a cielo abierto en botadero Lixiviados se descargaban al Estero Salado*
1992 – 1994	Bande y Ecu Limpia*	“Las Iguanas” (1993)	450***	Periodo de transición
1994 - 2010	El Consorcio (Canadiense – Ecuatoriano) Vachagnon*	“Las Iguanas”	2 400**	La tarea de Vachagnon se deterioró en medio de reclamos de los usuarios y las multas del municipio**
2010 -2014	Consorcio Puerto Limpio*	“Las Iguanas”	3500**	Extendió el área de recolección y aumentó el número del equipo y maquinaria de trabajo.**

*Adaptado de información de* \* (Peralta Domenech, 2012), \*\* (Hoy, 2011), \*\*\* (Yagual, 1991)

Ahora el consorcio emplea ocho volquetas, tres barredoras, 46 recolectores de 25 yardas métricas, seis recolectores de 20 yardas métricas, dos equipos de lavado, cuatro palas mecánicas y 16 volquetas transportadoras de contenedores. (Hoy, 2011)

Se utilizan 51 carros recolectores, con 3,69 viajes diarios (promedio) al botadero y con una capacidad neta de la flota de 630 toneladas. (Peralta Domenech, 2012). Y pese a que se recogen 3 500 toneladas métricas de basura por día, aún se quedan aproximadamente 700 toneladas métricas en barrios donde no es posible que los recolectores ingresen por falta de vías y calles (Hoy, 2011).

Las 700 toneladas diarias de desechos sólidos que no se disponen en los rellenos se distribuyen en distribuir de manera diversa (Yagual, 1991):

- Se descargan en los 100km (aproximadamente) de canales pluviales que existen dentro del área urbana de Guayaquil.
- Se descargan, masivamente, en las riberas del Estero Salado por la población ribereña del Suburbio Sur Oeste.
- Se descargan en las riberas del río Daule y del estuario del Guayas.
- Se descargan, para relleno, en las áreas de invasiones: Vía Perimetral, Isla Trinitaria, etc.
- Se descargan en los colectores sanitarios y pluviales.
- Se descargan en solares vacíos y áreas públicas.

Los datos estadísticos de la Municipalidad indican que el 29,5% de los desechos es quemado; el 4,4%, arrojado en lugares baldíos y esteros, y el 63,7% en el botadero de Las Iguanas (Universo, 2005).

## 2.5. Caracterización de los residuos sólidos

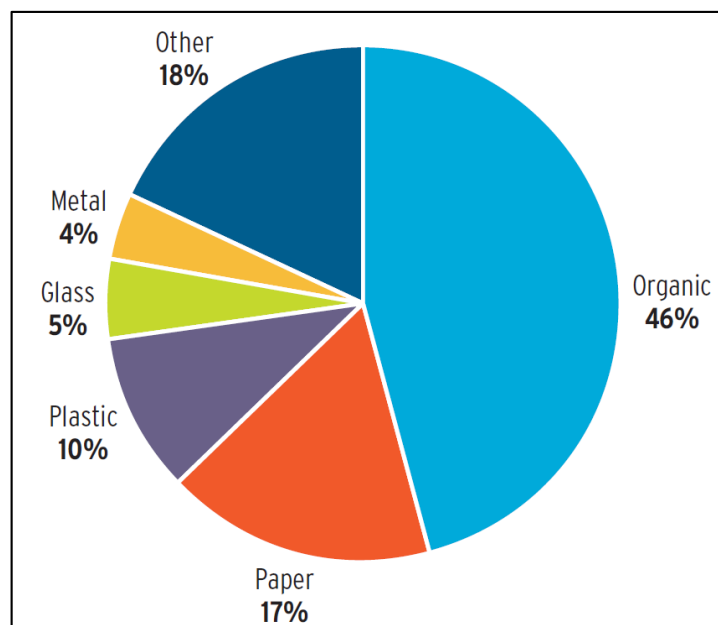
Se entiende por caracterización a la separación en componentes independientes de desechos sólidos que se generan diariamente en una población, expresada generalmente en porcentaje por peso (Tchobanoglous, Theisen, & y Vigil, 1994), se la realiza con la finalidad de recabar información concerniente a las cualidades y proporciones de desechos generados.

La realización de estudios de caracterización dependiendo de su alcance tiene como finalidad identificar las fuentes de generación, composición y cantidades de residuos generados (Tchobanoglous, Theisen, & y Vigil, 1994), para tomar las decisiones más adecuadas en la gestión de los mismos (Bernache G, 2001). Algunos de los datos más relevantes que se obtienen de un estudio de caracterización son:

- **Generación:** Información que en función del número de habitantes nos dará una idea de la cantidad de desechos generados.
- **Densidad:** Dato que servirá para un correcto dimensionamiento de los diferentes sistemas de almacenamiento, transporte y disposición final.
- **Composición:** Que nos dará una idea de la cantidad disponible de

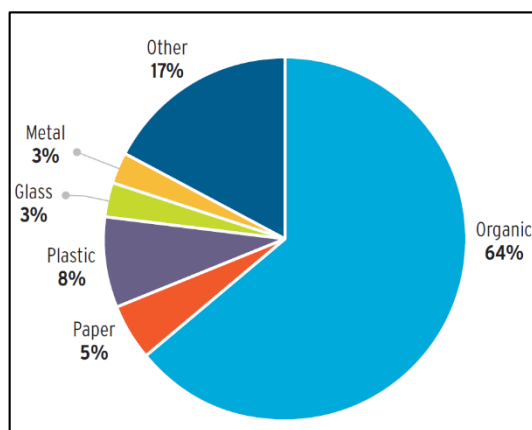
desechos que podrían ser aprovechados además de la implementación de sistemas de reciclaje para el material inorgánico y el compostaje o generación energética para la materia orgánica.

La composición de los residuos depende de muchos factores, tales como el nivel de desarrollo económico, los hábitos de las personas, ubicación geográfica, el clima y las fuentes de energía. Así como las poblaciones crecen y se hacen cada vez más ricas, el consumo de materiales inorgánicos (como plásticos, papel y aluminio) va en aumento, mientras que la fracción orgánica disminuye. La figura 18 muestra la composición global de los residuos.

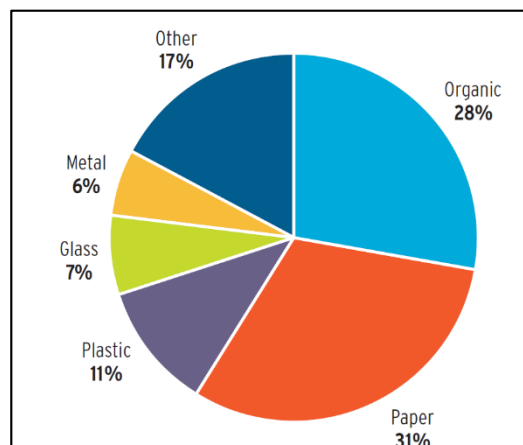


**Figura 18.** Composición global de los residuos sólidos (Bank, 2012).

Países de ingresos medios y bajos tienen un alto porcentaje de materia orgánica con un 40 a 85% del total. En tanto en los países de ingresos medio a altos, aumenta la generación de papel, plástico, vidrio y fracciones de metal. En las figuras 19 y 20 podemos observar la composición de residuos en países con bajos y altos ingresos económicos respectivamente.



**Figura 19.** Composición de residuos en países de ingresos bajos (Bank, 2012).



**Figura 20.** Composición de residuos en países de ingresos altos (Bank, 2012).

La composición de los residuos del Ecuador se asemeja a la de los países de bajos ingresos, siendo predominante la fracción orgánica con un 61,4%.

**Tabla IX.** Composición De Residuos

ECUADOR		GUAYAQUIL	
Tipo De Residuo	%	Tipo De Residuo	%
		Orgánico	58,9
Orgánico	61,4	Papel y cartón	9,7
Plástico	11	Plásticos	8
Papel + Cartón	9,4	Metal	2,6
Vidrio	2,6	Vidrio	2,4
Chatarra	2,2	Construcción	9,8
Otros	13,3	Residuos de jardín	1,7
Total	100	Madera	4,7
		Lodos Residuales	n/e

*(Ministerio del Ambiente, 2014)*

*(EPA, 2007)*

- **Contenido de humedad:** Dato indispensable para recomendar tecnologías a aplicar tales como la incineración en la fase de disposición final.

Conociendo estos datos, se podrá llevar a cabo una gestión racional y con el mínimo impacto al medio ambiente, ya que se podría; mejorar el sistema de recolección, implementar sistemas de recolección selectiva y reciclaje, diseñar instalaciones de procesamiento, etc.

### **2.5.1. Caracterización física de los RSU**

La caracterización física es la obtención de la composición física, la distribución en tamaños y el contenido de humedad del Material Mezcla. La composición y la humedad son características que dependen mucho del origen de generación. Esta caracterización es muy importante para evaluar las posibilidades de aprovechamiento (Gallardo, Bovea, Ochera, & y Albarrán, 2006).

### **2.5.2. Caracterización química de los RSU**

En los estudios de caracterización es posible explorar características químicas de los RSU, entre las relevantes se tiene la composición química y el poder energético de los residuos.

### **2.5.3. Metodologías para la elaboración de los estudio de caracterización de los RSU**

Es muy importante conocer por lo menos la composición y cantidad de residuos generada para la planificación de la gestión de los RSU, para tal fin será necesario implementar una metodología, que aportara a la obtención de datos fiables ya que estos permitirán tomar decisiones acertadas para el diseño u optimización de un sistema, diseño de instalaciones y selección de equipos.



De entre los métodos para determinar cantidades de RSU generada, se destacan los siguientes:

- **Análisis de pesada total.** Se pesan el total de los residuos que llegan a las instalaciones de disposición final ya sea de tratamiento o vertido (Gallardo, Metodología para el diseño de redes de recogida selectiva de RSU utilizando sistemas de información geográfica. Creación de una base de datos aplicable a España, 2000). También es conocido como el análisis del número de cargas que consiste en el pesaje en básculas de un número de cargas que llegan a los lugares disposición final o tratamiento en un periodo determinado. Las tasas de generación por unidad se determinan utilizando datos de campo (Tchobanoglous, Theisen, & y Vigil, 1994).
- **Análisis peso-volumen.** En este método es posible determinar las densidades suelta y compactada a partir del peso y el volumen de las cargas que llegan a las instalaciones de tratamiento o vertido. En base al volumen de carga de los camiones se puede determinar el peso y en base a la densidad se puede tener una idea del tipo de material contenido en los camiones de carga, este aspecto es muy utilizado en la recepción de residuos en plantas de tratamiento de residuos de construcción y demolición (Runfola & Gallardo, 2009).

- **Análisis de balance de masas.** Es la mejor forma de determinar la generación y el movimiento de residuos con cierto grado de fiabilidad. Consiste en identificar las entradas y salidas de materiales de un sistema limitado. El método se torna muy complejo debido a que se necesita una gran cantidad de datos, muchos de ellos no disponibles (Gallardo, 2000).

Para la aplicación de un balance de masas se requiere conocer las fronteras del sistema, las actividades que cruzan u ocurren dentro del mismo y la generación de residuos sólidos asociada con las actividades del sistema (Buenrostro, Bernache, & y Cram, 1999).

- **Análisis por muestreo estadístico.** Este método implica la toma de un número representativo de muestras de residuos sólidos de alguna de las fuentes, durante un tiempo, determinándose los pesos totales y de sus componentes. A partir de un análisis estadístico se determinan la tasa de generación y la composición. El número de muestras dependerá de la precisión que se quiera alcanzar, aplicándose métodos estadísticos (Gallardo, 2000).

#### 2.5.4. Metodología de caracterización aplicada a casos prácticos

El Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) recomienda el “*Método sencillo del análisis de residuos sólidos*” para la obtención de datos de caracterización, este método fue diseñado por el Dr. Kunitoshi Sakurai, para los países de América Latina y el Caribe.

Usando este método se puede realizar un estudio de caracterización de residuos sólidos siguiendo los siguientes pasos:

- **Identificación del área de estudio.** Cuyo objetivo busca identificar y delimitar zonas con valores similares en cuanto a producción y características de desechos. Se podría diferenciar zonas urbanas de acuerdo a su procedencia tales como: residencial, comercial, industrial, barrido y áreas públicas (Tchobanoglous, Theisen, & y Vigil, 1994).
- **Identificación de la población actual.** Esta información puede ser obtenida de los estudios censales de la población objetivo. La población es un dato importante para hallar el número de muestras (en hogares) que se deben tomar.

- **Numero de muestras.** Es muy importante conocer el número de muestras en un programa de análisis por muestreo. Si el número de muestras es muy pequeño, los resultados son poco fiables. Es necesario fijar un número mínimo de muestras para que de esta manera los resultados sean confiables y con reducido porcentaje de error, en el universo poblacional ((CEPIS), 2000).
- **Numero de muestras para la determinación de PPC.** Por cada estrato a analizar (ingreso alto, medio, bajo, etc.), es necesario tomar aleatoriamente un número de muestras (viviendas), para esto se ha definido la siguiente formula general (Pacheco, 2009):

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

Donde:

$n$ : Tamaño de la muestra (número de muestras a tomar aleatoriamente).

$\sigma$ : Desviación estándar de variables  $x_i$  ( $x_i$  =PPC de la vivienda  $i$ ) (gr/hab/día).

$E$ : Error permisible en la estimación de PPC (gr/ha/día).

$N$ : Tamaño de la población (número total de viviendas).

$Z^2_{1-\alpha/2}$ : Coeficiente de confianza.

- **Numero de muestras para determinar la composición física de los residuos.** Para determinar porcentaje de papel, plástico, metales, etc., será necesario la toma aleatoria del número de muestras usando la siguiente tabla.

**Tabla X.** Número de muestras para determinar la composición.

	% estimado del componente en cuestión					
	1.0	2.0	5.0	10.0	20.0	40.0
<b>0.1</b>	1540					
<b>0.2</b>	401	754				
<b>0.5</b>	72	129	292			
<b>Error permisible en la determinación de %</b>	<b>1.0</b>	36	77	139	240	355
	<b>2.0</b>		21	36	61	89
	<b>5.0</b>			6.4	10.3	14.4

*Tomado de ((CEPIS), 2000)*

Para usar la tabla es necesario contar con una estimación del componente en cuestión además de un error permisible.

- **Distribución de la muestra.** La distribución total de la muestra se realiza según la zonificación de áreas y con una asignación aproximada en número de muestras (Ibarra, 2011).

**Tabla XI** Distribución de la muestra para caracterización.

Área	Total de generadores	% del total	Muestra proporcional
Área 1	X1	$m1=(X1*100)/N$	$(n*m1)/100$
Área 2	X2	$m2=(X2*100)/N$	$(n*m2)/100$
Área n...	Xn...	$mn=(Xn...*100)/N$	$(n*mn...)/100$
<b>Total</b>	<b>N</b>	<b>100</b>	<b>n</b>

*Tomado de (Pacheco, 2009)*

- **Determinación del punto de muestreo.** Se debe asignar a cada muestra a un generador específico, el cual debe ser capacitado para que pueda clasificar y almacenar los residuos (Ibarra, 2011).
- **Toma de muestras.** Se toman las muestras clasificadas previamente por el generador en los puntos ya definidos, luego se procede a pesar las muestras, este muestreo debe llevarse a cabo diariamente durante 8 días que estipula el método.
- **Determinación de la producción Per Cápita.** La cantidad diaria de producción de residuos sólidos se puede obtener para cada punto de

muestreo, para cada área y por habitante (Ibarra, 2011). Según este método, se debe descartar la muestra tomada el primer día de recojo, ya que la duración del almacenamiento para esa muestra no se conoce ((CEPIS), 2000).

Se puede calcular la PPC (producción per cápita por día) de la siguiente manera:

$$PPC \left( \frac{gr}{hab \text{ dia}} \right) = \left( \frac{1}{7} \right) * \frac{\left( \frac{A1}{B1} \right) * P1 + \left( \frac{A2}{B2} \right) * P2 + \left( \frac{A3}{B3} \right) * P3 + \left( \frac{A4}{B4} \right) * P4}{P1 + P2 + P3 + P4}$$

Donde:

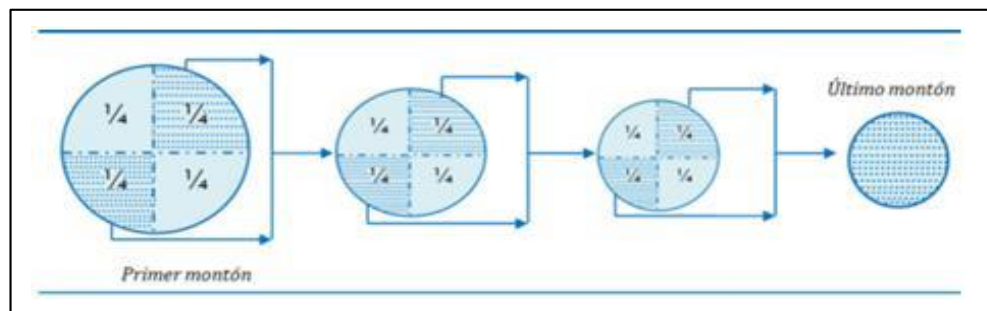
*P1, P2, P3 y P4*: Número de habitantes en las zonas comercial, residencial (ingreso alto), residencial (ingreso medio) y residencial (ingreso bajo), respectivamente.

*A1, A2, A3 y A4*: Peso de la muestra de una semana completa tomada de cada una de las zonas arriba mencionada (gr/semana).

*B1, B2, B3 y B4*: Número de habitantes correspondientes a la muestra tomada de cada zona arriba mencionada.

- **Determinación de la composición física de los residuos.** Para la determinación de la composición física de los desechos El Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente,

recomienda tomar una muestra de 1m<sup>3</sup> de los residuos recolectados por área de estudio y verterlo en un lugar pavimentado formando un montón. Se deben romper fundas y objetos grandes contenidos en los desechos, hasta conseguir un tamaño de 15 cm por 15cm o menos ((CEPIS), 2000). Luego el método indica que se debe homogenizar la muestra obteniendo un montón. El montón se divide en cuatro partes y se escoge dos opuestas para formar otra muestra representativa más pequeña. La muestra menor se vuelve a mezclar y se divide en cuatro partes, luego se escoge dos opuestas y se forma otra muestra más pequeña. Esta operación se repite hasta obtener una muestra de 50 Kg de residuos o menos ((CEPIS), 2000).



**Figura 21.** Método del cuarteo para seleccionar una muestra ((CEPIS), 2000).



## 2.6. Aprovechamiento

Cierto porcentaje de desechos generados en una población podrían ser aprovechados para convertirse en materia prima en la fabricación de nuevos productos.

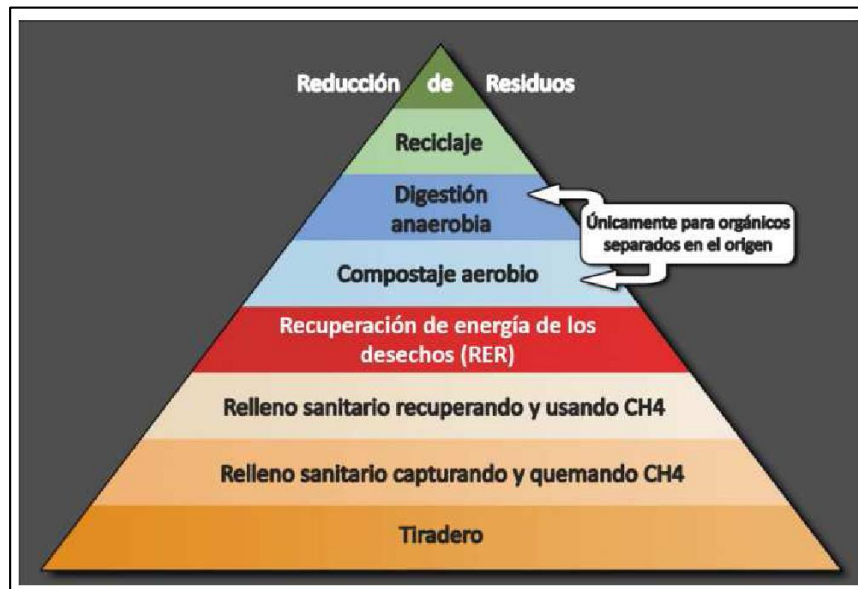
En algunos países desarrollados, como Japón, Suecia, Bélgica y Dinamarca, el índice de reutilización de los residuos sólidos es superior al 90%. En los países de Asia y América Latina, no todos los residuos sólidos son recogidos, y en países muy poblados como China e India y otros países, como Turquía, México y Brasil, casi el 90% de los residuos sólidos (cuya mayor parte es orgánica) considerado como la principal fuente para la producción de CH<sub>4</sub> por lo general está destinado a los vertederos liberando grandes cantidades de CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> a la atmosfera (Lino and Ismail 2011).

El compostaje, biodigestión, la incineración y el reciclaje son algunos de los sistemas populares para el tratamiento de los residuos orgánicos e inorgánicos que producen productos útiles y subproductos como fertilizantes orgánicos, biogás y de calor. En el reciclaje, la devolución de los materiales reciclables de la cadena de producción como sustituto de la materia prima, crea serie de beneficios económicos, sociales, energéticos y ambientales, tales como aumento de la vida útil de los rellenos sanitarios, la preservación de los recursos naturales, la reducción del consumo de energía, reducción en la emisiones de CO<sub>2</sub>, el consumo de agua y también la reducción de los

fondos públicos destinados al tratamiento de residuos sólidos (Lino et al. 2010).

Ciertas regiones o países suelen recomendar jerarquías para seleccionar procesos de recuperación. La jerarquía de las alternativas para la recuperación de los residuos denota el nivel de preferencia con la cual las diferentes prácticas se deben considerar al momento de recuperar los RSU. Se presenta en forma de un triángulo ubicando las prácticas de recuperación más deseables en la parte superior de la jerarquía y las practicas menos deseables en su base.

La Comisión Europea para el Medio Ambiente plantea una jerarquía de las opciones para la recuperación de los residuos. La reducción de los residuos tiene la máxima prioridad en la jerarquía a pesar de que no se han conseguido resultados muy alentadores en este ámbito, cuando no es posible la reducción, los materiales de desecho deben someterse a un proceso para ser reutilizados, reciclados. Seguido se diferencian soluciones para la obtención de biogás, compost y producción de energía, consta primero la digestión anaerobia seguido del compostaje aerobio.



*Figura 22. Alternativas para la recuperación de los residuos (Themelis, 2011).*

Luego se encuentran las tecnologías para conversión de residuos en energía. Estas pueden darse mediante el uso de diferentes procesos termoquímicos, como: la incineración directa, la gasificación y combustión.

Para los métodos de disposición final, se encuentran los rellenos sanitarios en los cuales se captura el metano para producir energía; luego están los rellenos que capturan el metano pero solamente lo queman en una antorcha sin aprovecharlo; y como último recurso se encuentran los vertederos a cielo abierto.

### **2.6.1. Procesos contemplados en el aprovechamiento de residuos sólidos**

Los procesos involucrados para implementar un sistema de aprovechamiento o reciclaje en la gestión de los residuos sólidos, son los siguientes:

- **Separación o segregación**

En esta etapa se separan en grupos los residuos de similares características del total de residuos generados, estos pueden separarse en plásticos, papeles, vidrios, materia orgánica, metales, etc. Típicamente se le asigna un color de funda o recipiente para cada tipo de desecho.

- **Recolección selectiva**

Una vez que los desechos han sido separados de acuerdo a sus características uniformes, se procede a recogerlos para llevarlos a una planta de aprovechamiento o centro de acopio. Para el caso de los residuos orgánicos la recolección será diaria, no siendo así para los residuos inorgánicos ya que se los puede almacenar. Para los residuos que no puedan ser aprovechados serán transportados al sitio de disposición final que puede ser un relleno sanitario.

- **Centro de acopio/Plantas de reciclaje**

El centro de acopio es un lugar que presenta las condiciones necesarias para poder seleccionar los materiales segregados reciclables y destinarlo a un tratamiento. Las plantas de tratamiento son instalaciones en donde se procesan los desechos segregados para obtener compost en el caso de desechos orgánicos o materia prima que sirva para la obtención de un nuevo producto.

- **Comercialización**

El resultado de las plantas de tratamiento ya sea materia prima para la fabricación de nuevos productos o compost, será comercializado para que pase por un proceso de comercialización.

- **Industria**

La industria se encarga de obtener el producto final reutilizando los materiales reciclables, aquí es donde ocurre propiamente la acción del reciclaje.

## **2.6.2. Alternativas para el aprovechamiento de los RSU**

### **2.6.2.1. Reciclaje de residuos solidos**

Como resultado principalmente de actividades residenciales, comerciales e industriales se obtienen desechos sólidos, que por lo general están compuestos de material orgánico degradable; de material orgánico no degradable (plásticos) y de la materia inorgánica no degradable (vidrio, metal y otros), los cuales tardarían cientos de años en descomponerse al dejarlos a la intemperie o a su vez al disponerlos en un relleno sanitario, aportarían a la reducción de su vida útil.

Se entiende reciclaje al proceso fisicoquímico o mecánico al cual un producto que ya ha sido usado y desechado se somete para posteriormente obtener materia prima para la elaboración de un nuevo producto. La devolución de los materiales reciclables de la cadena de producción como sustituto de la materia prima, crea serie de beneficios económicos, sociales, energéticos y ambientales, tales como aumento de la vida útil de los rellenos sanitarios, la preservación de los recursos naturales, la reducción del consumo de energía, reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>, el consumo de agua y también la reducción de los fondos públicos destinados al tratamiento de residuos sólidos (Lino and Ismail 2012). La tabla XII muestra las posibilidades de ahorro de energía por reciclaje de los materiales más comunes.

**Tabla XII.** Potencial de ahorro de energía por reciclaje de materiales.

<b>Material</b>	<b>Ahorro de energía (GJ/t de material reciclado)<sup>a</sup></b>
Vidrio	7
Papel y cartón	6
Plásticos (Promedio)	60
Materiales férreos	18

<sup>a</sup> GJ/t: Gigajoule por tonelada, unidad energética. Tomado de (Röben, 2003)

Existen dos tipos de reciclado, el primario o de ciclo cerrado consiste en la utilización de productos reciclados para la producción de artículos del mismo tipo. El segundo tipo de reciclado se le llama secundario, o de ciclo abierto y se refiere a la transformación de los materiales de desecho en diversos productos, para los que se deben encontrar usos. Este tipo de reciclado es el menos deseable ya que permite reducir el empleo de materiales vírgenes de 0% a 25%, a diferencia del reciclado primario que ofrece una reducción entre 20% y 90% (Miller Tyler, 1994).

El énfasis en el reciclaje como estrategia de gestión sostenible de los residuos ha supuesto un cambio en el paradigma de la recolección y eliminación convencional (Moh and Abd Manaf 2014). Durante las últimas décadas, el reciclaje ha sido ampliamente aceptado como una alternativa de gestión sostenible de residuos sólidos debido a su potencial para reducir los

costes de disposición final y transporte de los residuos, además de representar una forma de preservar el medio ambiente.

En países con una gran población como Brasil, India, México, la mayoría de desechos sólidos municipales son dispuestos en rellenos sanitarios, a diferencia de otros países como Reino Unido en donde el programa de reciclaje es una de las prioridades del gobierno, tanto así que en cuatro años, el reciclaje de plásticos aumento del 9% al 13% mediante campañas masivas e intensas (Read, 1999).

#### **2.6.2.1.1. Materiales potencialmente reciclables encontrados en los RSU**

Generalmente los materiales reciclables son los desechos sólidos no biodegradables. Las principales fuentes de generación de estos materiales son (Röben, 2003):

- Los hogares
- El comercio
- Instituciones, establecimientos educativos, oficinas y compañías
- La industria productora

En los hogares, los materiales reciclables son desechos del consumo personal, como embalajes de productos, periódicos o cuadernos usados, etc.



Estos materiales son generalmente contaminados con desechos biodegradables, lo que baja su calidad, además se han añadido muchos materiales que no pueden ser reciclados como por ejemplo; papeles plastificados, papel celofán, papel fotográfico, envases de comida, lentes, tazas de cerámica, lámparas, latas con sustancias tóxicas, etc., además .

Es importante considerar que la mayor cantidad de materiales reciclables proviene de los hogares. Son casi 100 % en las áreas rurales y las ciudades poco industrializadas, pero incluso en ciudades con alta actividad industrial más de 70 % de los materiales reciclables se producen en los hogares (Röben, 2003).

- **Papel y cartón**

El papel y cartón proviene de la pulpa de la celulosa, esta se la obtiene mediante procesos mecánicos y químicos de la madera de los árboles. El proceso de reciclaje consiste en separar la fibra de celulosa del papel, para lo cual se usan humectantes para luego lograr la separación agitando el papel mediante procesos mecánicos.

Para efectos del reciclaje el papel y cartón se pueden usar como máximo cuatro veces, debido a que en el proceso las fibras del papel se debilitan, por lo cual siempre será necesario el uso de la fibra virgen.

El papel y cartón representan del 24 al 40% del total de residuos sólidos generados (Tchobanoglous, Theisen, & y Vigil, 1994), al notar estos porcentajes alentadores se creería poder desviar fácilmente abundantes cantidades de desechos de un relleno sanitario, además de preservar recursos, pero el tipo de papel es una limitante. Generalmente no son reciclados por sus altos costos en el proceso, los papeles que tienen recubrimientos de aluminio o plástico, papeles pegados o engomados, además no se suelen reciclar los papeles de regalo por ser de baja calidad.

La producción de papel requiere cantidades considerables de agua y energía tal es así que para producir una tonelada de papel se requiere; 1845 Kg. de madera, 108 Kg. de cal, 180 Kg. de sulfato de sodio, 38 Kg. de carbonato de sodio anhídrido, 100 000 litros de agua y 30 millones de BTU de energía.

La cantidad de recursos que se ahorran al reciclar una tonelada de papel es de aproximadamente 17 árboles o 2 metros cúbicos de espacio en un relleno sanitario, además con el reciclaje se llega a consumir hasta un 55% menos de energía y apenas el 10% del agua requerida para el uso de la madera, así como se reduce la liberación de contaminantes al aire, agua y generación de desechos (Capistran, 1994).

- **Plásticos**

Los plásticos se obtienen a partir de las resinas poliméricas las cuales provienen de productos derivados del petróleo o del gas natural, siendo estos fuente de energía. El plástico es un material que se ha convertido en un problema debido a su difícil degradación y a que se acumula en grandes cantidades. Su bajo costo así como sus ventajas al sustituir el vidrio (para recipientes), al metal y al papel (como material de embalaje) ha motivado la generación de un volumen muy grande de desechos (Centro de Información y Comunicación Ambiental de Norte América, 2014).

Los plásticos representan solo el 7% del peso de los residuos sólidos urbanos (Tchobanoglous, Theisen, & y Vigil, 1994), no obstante en volumen el porcentaje es mayor. En las casas se genera 60% del total de plástico (bolsas, empaques, envases, botellas, entre otros.), los comercios generan 10%, las industrias contribuyen con otro 10% y la industria transformadora con 15% y el restante 5% se genera cuando se extrae la materia prima (Jiménez, 2001).

El procedimiento mecánico básico para reciclar el plástico consiste en identificar el tipo de resina, luego se tritura el plástico y se eliminan las impurezas, finalmente se funde para la posterior fabricación de un nuevo producto. Resulta muy importante identificar el tipo de plástico a reciclar

debido a que tienden a separarse cuando dos tipos distintos de plásticos son mezclados, de tal forma que para obtener una mezcla óptima y producto de calidad, los involucrados deben ser del mismo tipo.

Los plásticos pueden ser clasificados como termoplásticos o termoestables: los termoplásticos se pueden conformar por calentamiento y se mantienen su forma después de enfriarse es decir que se pueden fundir y moldearse varias veces, mientras que el punto de fusión de los termoestables es lo suficientemente alto para quemarlos antes de que se derritan, lo que los hace difíciles de fundir para volver a utilizarse, una vez que ya han sido moldeados (T.H. Christensen, 2010). Algunos ejemplos de estos materiales son rellenos de muebles, pagadores de luz y pegamentos. (Jiménez, 2001).

Ejemplos de termoplásticos son polietileno (PE), tereftalato de polietileno (PET), cloruro de polivinilo (PVC), polipropileno (PP), poliestireno (PS) y poliestireno expandido (EPS). Ejemplos de materiales termoestables son epóxido (EP), fenol-formaldehído (PF), y poliuretano (PUR).

Los productos de plástico suelen estar marcados con un número rodeado por el símbolo característico de reciclaje. Estas etiquetas identifican al tipo de resina utilizada para fabricar el plástico y por ende la posibilidad de ser reciclado. En la tabla XIII se encuentran; siete tipos distintos de resinas comúnmente producidas, sus usos comunes y la posibilidad que tienen para

ser reciclados.

**Tabla XIII.** Tipos de resinas de plásticos.

Símbolo	Abreviatura	Usos Comunes	Posibilidad de ser reciclado
 PET	PET (Polietileno teretalato)	Botellas de refrescos, recipientes de detergente, etc.	Para hacer poliéster, relleno para parachoques, etc.
 HDPE	HDPE (Polietileno de alta densidad)	Botellas de detergentes, champú, aceite para motor, etc.	Material claro sirve para crear nuevos recipientes.
 PVC	PVC (Policloruro de vinilo)	Tuberías, pisos, revestimientos exteriores, etc.	Es uno de los plásticos menos reciclables por sus aditivos.
 LDPE	LDPE (Polietileno de baja densidad)	Bolsas de plástico, envases de pequeño grosor.	Generalmente no se reciclan.
 PP	PP (Polipropileno)	Recipientes para jarabes y yogurt. Pañales desechables.	Los diferentes tipos dificultan lograr una calidad consistente al reciclarlo.
 PS	PS (Poliestireno)	Cajas para CD, cubiertos desechables, recipientes para comida.	Resulta muy caro reciclarlos.
 OTHER	Otros	Algunos cubiertos de plástico transparente, recipientes médicos, electrónicos, biberones.	Los plásticos de mezclas de resinas son difíciles de reciclar.

---

*Adaptado de (Foundation, 2014).*

- **Vidrio**

El vidrio aproximadamente constituye el 8% de los residuos sólidos (Tchobanoglous, Theisen, & y Vigil, 1994), siendo el 90 por 100 de estos, botellas de vidrio o recipientes. El vidrio es uno de los materiales más usados para envasar varios productos, es inodoro e impermeable.

Para la manufactura del vidrio se utilizan: arena, ceniza de soda y cal, también se pueden usar material de desecho como materia prima.

A diferencia del papel el vidrio es una material que se puede reciclar una infinita cantidad de veces resultando conveniente para el ahorro de energía, se evita su disposición en rellenos sanitarios y el ahorro en el uso de materia prima virgen, además de ser un material de bajo costo.

La fabricación de vidrio a partir de vidrio reciclado requiere 26% de energía menos que para fabricarlo solo usando materias primas (Tchobanoglous, Theisen, & y Vigil, 1994) además reduce en un 79% el uso de materiales vírgenes, en un 50% el consumo de agua, un 14% las emisiones de gases contaminantes y la vida útil de los rellenos sanitarios se incrementa significativamente. Es común actualmente que los fabricantes de envases usen vidrio triturado junto con materias primas usadas tradicionalmente, debido a que el proceso requiere de una menor temperatura.

El principal problema asociado a su reciclaje, es la contaminación del vidrio triturado con materiales extraños (tapones, etiquetas, piedra loza, entre otros) (Capistran, 1994).

El color del vidrio es una cualidad con la que fabricantes clasifican el vidrio antes de procesarlo para obtener nuevas botellas y recipientes, en la fabricación de fibra de vidrio a partir de vidrio triturado se requiere un vidrio de color blanco con pocos orgánicos, metales o materiales refractarios (Tchobanoglous, Theisen, & y Vigil, 1994).

- **Metales**

Los metales son materiales no renovables y se obtienen de la corteza terrestre. Su extracción demanda grandes cantidades de energía y a su vez produce contaminación al agua, aire y suelo.

Generalmente el 6% de los residuos sólidos corresponden a productos de acero, porcentaje que cada vez disminuye debido a que productos hechos de acero han sido remplazados por otros hechos de plástico. Los metales más usados son el hierro y el aluminio.

Desechos metálicos disponibles para el reciclaje pueden ser aparatos industriales, electrodomésticos, automóviles, varillas (provenientes de la construcción), y demás tachara en general.

El uso de chatarra para la fabricación de nuevos productos de acero aporta a grandes reducciones de la contaminación del aire, el uso del agua (40% de ahorro), residuos de la minería y en el consumo total de energía (acero virgen requiere 36 GJ / t, mientras que el acero reciclado requiere sólo 18 GJ / t) (Lino and Ismail 2012).

### **2.6.2.2. Compostaje aerobio**

El compostaje aerobio, es un proceso de degradación biológica de los constituyentes orgánicos de un determinado sustrato, mediante la acción de una serie de poblaciones de bacterias, hongos y actinomicetos ((EOI), 2007).

Durante el proceso se logra una transformación de la fracción orgánica más degradable del sustrato, liberándose CO<sub>2</sub>, vapor de agua, minerales y calor, y quedando un resto orgánico más estable e higienizado. A este resultante orgánico se le denomina compost el cual es un excelente abono para la agricultura ya que aporta con organismos, aumenta la retención de agua y mejora la estructura del suelo.

Las condiciones ambientales y el tipo de desecho son factores que generalmente intervienen en este proceso; la temperatura, humedad, PH, oxígeno, población microbiana, relación C/N equilibrada, son los más importantes.

El proceso de compostaje aerobio ocurre en varias fases (Tchobanoglous,



Theisen, & y Vigil, 1994):

- En la primera fase se da una gran actividad de bacterias mesófilicas quienes utilizan gran parte del carbono como fuente de energía expulsando CO<sub>2</sub> y generando calor debido a que las reacciones metabólicas son de naturaleza exotérmica;
- La generación de calor incrementa la temperatura lo que da paso a una segunda fase, en la cual la materia orgánica alcanza su bioestabilización a través de reacciones bioquímicas de oxidación llevadas a cabo por organismos de naturaleza termofílicas;
- En la última fase denominada de maduración, la temperatura disminuye actuando mohos y actinomicetes que contribuyen a la estabilidad del compost.

### **2.6.2.3. Digestión anaerobia**

La digestión anaerobia o fermentación es un mecanismo de degradación de biomasa en ausencia de oxígeno por el cual las moléculas orgánicas complejas son descompuestas en sus componentes energéticos individuales sin adición de energía por la acción de microorganismos. La fermentación da lugar a una suspensión acuosa o lodo que contiene los microorganismos responsables de la degradación y a un producto gaseoso denominado biogás, y consiste básicamente en una mezcla de metano y dióxido de carbono que puede destinarse a aplicaciones

energéticas. El producto líquido o sólido remanente contiene los componentes difíciles de degradar junto con el nitrógeno, fósforo y otros elementos minerales presentes inicialmente en la biomasa (Jarabo, 1999).

Cualquier biomasa residual que posea un alto contenido en humedad puede ser sometida a este tratamiento, algunos ejemplos de estos son; restos de comida, restos de jardinería, residuos ganaderos, lodos de plantas depuradoras de aguas residuales urbanas y aguas residuales domésticas e industriales (Lorenzo Y., 2005).

#### **2.6.2.4. Recuperación de energía de los desechos**

Existen varias tecnologías para la conversión energética de los residuos, la selección de una u otra dependerá de las cantidades y características de los desechos generados. Actualmente es muy común usar la materia orgánica de los RSU para producir biogás, combustible que puede generar energía.

Otra práctica que actualmente no es tan recomendada por la emanación de contaminantes, es la incineración, proceso capaz de generar energía mediante la combustión de los desechos.

#### **2.6.2.5. Aprovechamiento de metano de un relleno sanitario**

El metano (CH<sub>4</sub>) es un hidrocarburo que normalmente se lo encuentra en el gas natural, además es un gas de efecto invernadero (GEI), siendo 25 veces más efectivo que el bióxido de carbono para atrapar el calor en la atmósfera, además tiene 12 años de vida en la atmósfera; estas características convierten al metano en un gas sumamente influyente para el calentamiento global.

De los GEI generados por fuentes antropogénicas, para el 2005 el metano se convirtió en el segundo más importante después del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), contabilizando el 14% de las emisiones globales de GEI (USEPA, About Methane, 2011).

El 60% de las emisiones globales de CH<sub>4</sub> son generadas por fuentes antropogénicas; el resto procede de fuentes naturales como humedales, permafrost, volcanes y procesos de digestión (Incremi, 2010).

El metano de entre otras fuentes (minas, agrícola, petróleo, etc.), se genera en los vertederos o rellenos sanitarios. Globalmente, los rellenos sanitarios son la tercera fuente antropogénica más grande de metano con un 13% de las emisiones. En la tabla XIV podemos ver que el metano es el gas predominante proveniente de un vertedero.

**Tabla XIV.** Constituyentes típicos encontrados en el gas de vertedero de los RSU.

<b>Componente</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Base volumen seco [%]</b>
Metano	$CH_4$	50 - 70
Dióxido de Carbono	$CO_2$	35 - 55
Nitrógeno	$N_2$	2 - 5
Oxígeno	$O_2$	0.11
Sulfuros, Disulfuros, Mercaptanos, etc.	---	0 - 1.0
Amoníaco	$NH_3$	0.11
Hidrógeno	$H_2$	0 - 0.2
Monóxido de carbono	$CO$	0 - 0.2

*Tomado de (ICE, 2011)*

Las emisiones de gas metano generado por los rellenos sanitarios municipales en el mundo, según proyecciones tienden a incrementarse de

747.4 millones de toneladas métricas de equivalente de dióxido de carbono (MtCO<sub>2</sub>eq) generadas en 2005 a 816.9 MtCO<sub>2</sub>eq para el año 2020, a un 9.2% de incremento. En la tabla XV se muestran la proyección de emisiones en MtCO<sub>2</sub>eq por países.

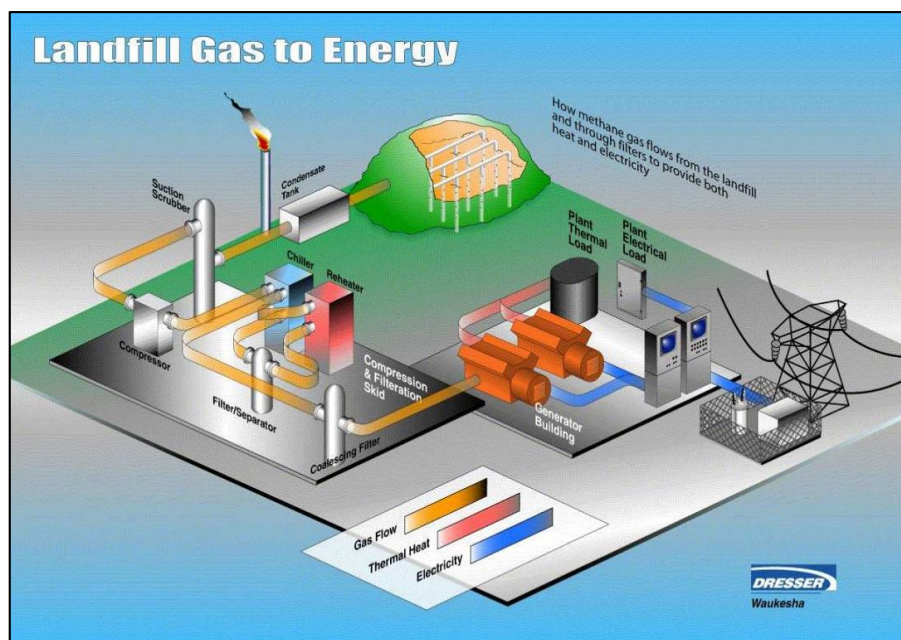
**Tabla XV.** Proyección de emisiones de gas metano de los rellenos sanitarios.

<b>País</b>	<b>2005</b>	<b>2010</b>	<b>2015</b>	<b>2020</b>
<b>Estados Unidos</b>	130.6	125.4	124.1	123.5
<b>China</b>	46.0	47.5	48.8	49.7
<b>México</b>	33.3	35.5	37.4	39.2
<b>Canadá</b>	25.3	27.7	30.7	33.6
<b>Rusia</b>	34.2	33.2	32.2	31.1
<b>Arabia Saudita</b>	19.4	22.1	24.8	27.5
<b>India</b>	15.9	17.1	18.1	19.1
<b>Brasil</b>	16.6	17.5	18.3	19.0
<b>Polonia</b>	17.0	17.0	17.0	17.0
<b>Sudáfrica</b>	16.8	16.6	16.4	16.2
<b>Australia</b>	8.7	9.4	10.6	11.9
<b>Rep. Dem. del Congo (Kinshasa)</b>	7.4	8.6	9.8	11.2
<b>Resto del Mundo</b>	342.7	346.7	360.5	375.9
<b>Total Mundial</b>	747.4	760.6	788.1	816.9

*Tomado de (USEPA, 2006)*

Actualmente existen oportunidades para generar energía limpia con el metano y al mismo tiempo disminuir los impactos negativos que este provoca. Hoy en día ya se tienen las tecnologías para capturar y transformar el biogás de los rellenos sanitarios. El biogás mediante distintos procesos puede servir como combustible para motores, calor o electricidad.

El proceso básico para el aprovechamiento del biogás consiste en instalar drenes verticales o chimeneas construidas junto con el relleno, estas se conectan en su extremo superior a un sistema de succión. Una vez extraído, el gas es comprimido para impulsarlo hasta la planta de procesamiento en donde es depurado.

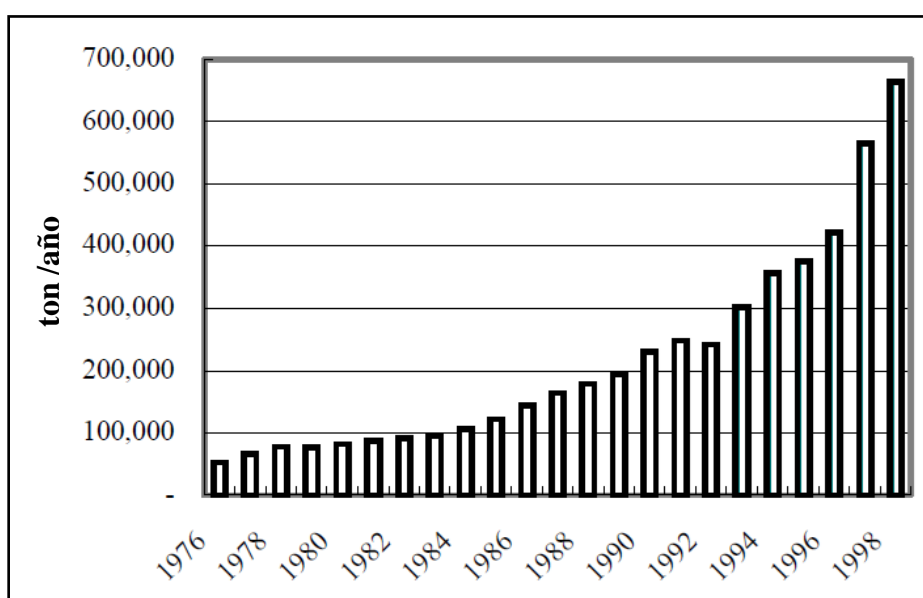


**Figura 23.** Captación de gas, tratamiento y recuperación de energía (USEPA, 2014).

### 2.6.3. Aprovechamiento a nivel mundial

Las principales ventajas del aprovechamiento y la recuperación de los residuos sólidos son la reducción de las cantidades de residuos y la devolución de los materiales a la economía. (Bank, 2012). En muchos de los países en desarrollo, los recicladores informales recuperan una porción significativa de los desechos en los puntos de recogida y en el vertedero. En China, por ejemplo, cerca del 20% de los desechos se recuperan para el reciclaje, en gran parte atribuible a informal la recolección de residuos (Hoorweg, 2005)

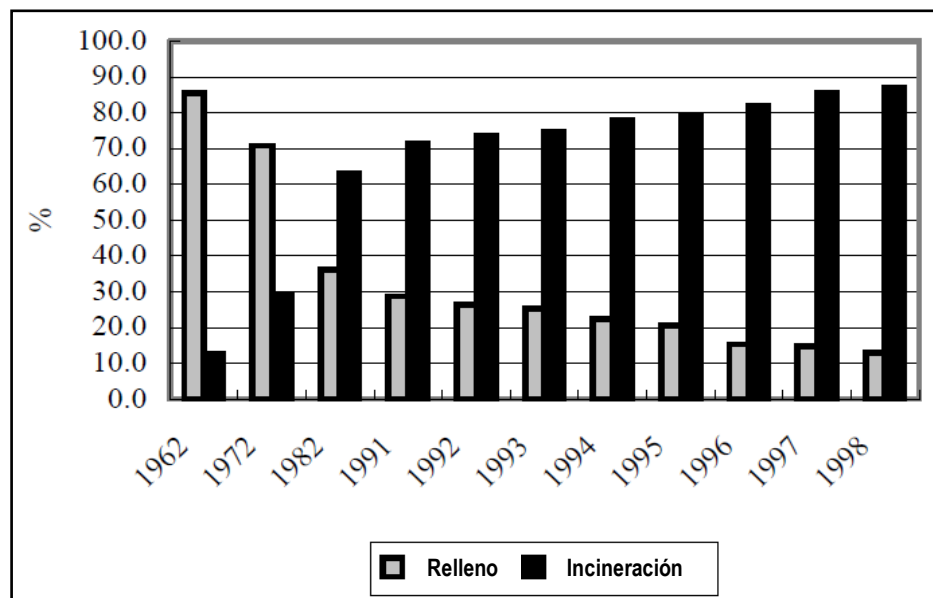
La figura 24 se muestra el rendimiento en Tokio: aumentando de menos de 100.000 materiales reciclados en toneladas (tasa de reciclaje: 1,5%) en 1982 a 664.289 toneladas (tasa de reciclaje: 13%) en 1998. (Euiyoung Yoon, 2002)



**Figura 24.** Cambios en el reciclaje en Tokio (Euiyoung Yoon, 2002).

La incineración de residuos (con recuperación de energía) es otra vía de aprovechamiento que puede reducir el volumen de residuos eliminados hasta en un 90%. (Bank, 2012)

En Tokio más desechos comenzaron a ser procesados por la incineración de los vertederos desde 1974, es por esto que la tasa de incineración ha aumentado bruscamente. A partir de 1998, la oficina de gestión de desechos, de Tokio tiene 18 plantas de incineración y estas instalaciones procesan 87.1% de pos-reciclaje y 100% de los residuos combustibles. (Euiyoung Yoon, 2002)



**Figura 25.** Tratamiento de RSU en Tokio (Euiyoung Yoon, 2002).

Mientras tanto, los vertederos reciben menos residuos y dos vertederos están actualmente en servicio para procesar alrededor del 13% de los residuos



municipales de la zona de distrito de Tokio. Sin embargo, puesto que el material vertido consiste principalmente en ceniza incombustible y de incineración, la demanda de los rellenos sanitarios todavía continúa siendo el método de disposición final. (Euiyoung Yoon, 2002)

#### **2.6.4. Aprovechamiento en el Ecuador**

Con respecto al reciclaje, en el Ecuador esta actividad se inició en 1970, con una fábrica de papel que utilizó materiales reciclados como materia prima (Hoy, 2013).

En el país existen aproximadamente 1 200 centros de acopio, 20 compañías legalmente constituidas para reciclar material y 1 000 vehículos que transportan estos materiales. Muchos de estos transportistas son pequeños comerciantes que compran y venden materiales. Cerca de 15000 personas que recolectan materiales reciclables en las zonas urbanas y botaderos del Ecuador, se benefician económicamente. (Hoy, 2013).

- **Botellas plásticas.** En lo que a botellas se refiere, Ecuador produce al año cerca de 1.300 millones de botellas plásticas. En 2011 el reciclaje fue del 39% (Telegrafo, 2013), siendo el Ecuador uno de los mayores recolectores de botellas plásticas en porcentaje a nivel mundial. De los datos que se poseen se considera que está entre el 30 y 40 por ciento de recolección de botellas, es decir más o menos 800 millones de

envases se recogen anualmente, de las 1.400 millones que se fabrican con las cerca de 42.000 toneladas de material PET que ingresa al país cada año (PP, 2012).

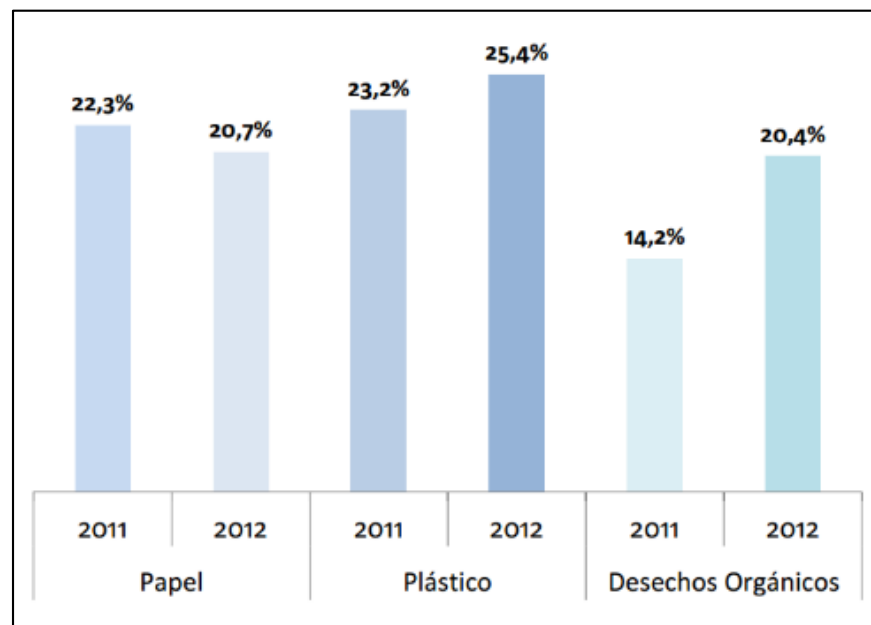
- **Papel.** Ecuador y Chile son dos de los países en la región que más papel utilizan para el mercado industrial, agrícola y de frutas, con un total de 560 mil toneladas anuales, es decir cerca de 37 kilos per cápita.

La materia prima para la elaboración del papel es el reciclaje, aunque con este proceso en el país se obtienen apenas 203 mil toneladas por año. Esto, a pesar de que el reciclaje es parte de las políticas del Ministerio del Ambiente, el cual está orientado al adecuado manejo de los residuos de forma sustentable y amigable con el ambiente (Metro, 2012).

- **Tetra Pak.** Durante 2013 se reciclaron 562 toneladas de envases de Tetra Pak ® en Ecuador. Esto equivale al 9% del total colocado en el mercado, valor superior en comparación a 2012, que fue del 6%. Los resultados ecuatorianos representan el 15% del total reciclado a nivel de la Región Andina que llegó a 3.860 toneladas. Cabe destacar que Ecuador es uno de los países de mayor progreso en esta materia, llegando al 217% de incremento en los tres últimos años (Ekos, 2014).

Las cantidades de materiales reciclados se han logrado mayoritariamente por personas que se dedican a su recolección en las calles para obtener beneficios económicos, mas no por buenas costumbres de segregación en la fuente por parte de los hogares ecuatorianos, ni por gestiones municipales para el reciclaje.

El 84,8% de los hogares ecuatorianos no clasifica los desechos orgánicos, el 82,5% no clasifica los plásticos y el 80,4% no clasifica el papel, según el último estudio de hábitos ambientales de los ecuatorianos realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC).



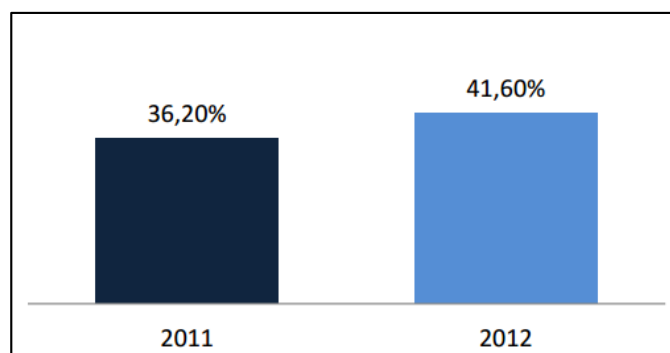
**Figura 26.** Clasificación de desechos en el hogar por tipo a nivel Nacional (INEC, 2012).

Así también, el 25,9% de los hogares ecuatorianos tienen capacitación sobre

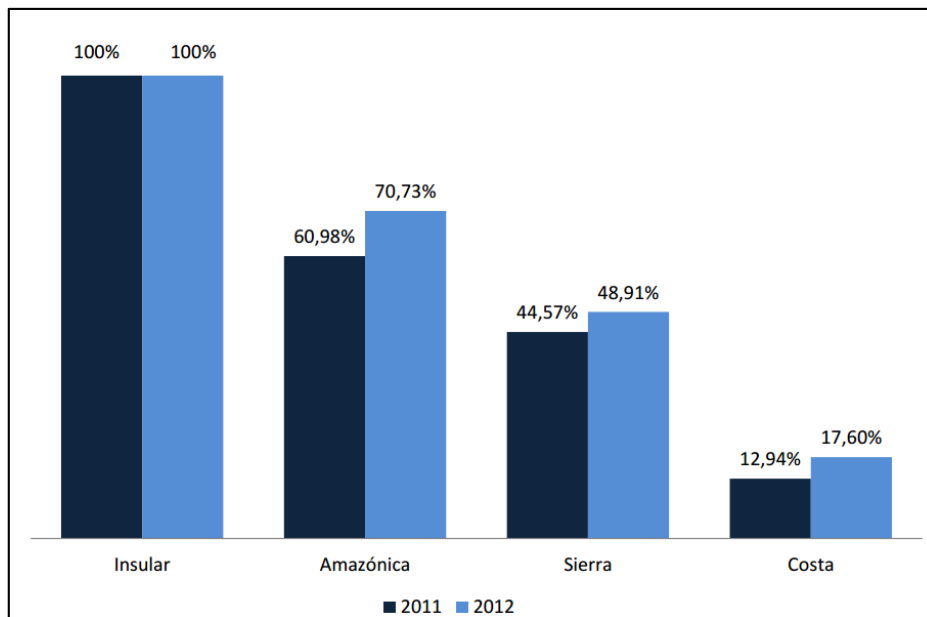
reciclaje, siendo Azuay la provincia con mayor porcentaje en el conocimiento de este tema con un porcentaje de 40,3%.

El 24,5% de los hogares en Ecuador utiliza productos reciclados, siendo la Costa la región con mayor porcentaje en la utilización de estos productos con el 26,2% de los hogares (INEC, 2010).

Acerca de las gestiones municipales respecto al reciclaje, los municipios de la región insular y amazónica son los que más realizan la recolección diferenciada de los residuos. De los 221 municipios, el porcentaje que hace recolección diferenciada de residuos aumentó de 36,2% en 2011 a 41,6% en 2012 (INEC, 2012).



**Figura 27.** Municipios que realizan recolección diferenciada en el Ecuador (INEC, 2012).



**Figura 28.** Municipios del Ecuador que realizan recolección diferenciada por regiones (INEC, 2012).

### 2.6.5. Aprovechamiento en Guayaquil

El tratamiento de la basura de Guayaquil está a cargo del Consorcio Puerto Limpio que trabaja en la ciudad desde el 2010, La obligación del consorcio es la recolección, barrido y transporte de desechos sólidos no contaminantes al relleno sanitario de "Las Iguanas " (Limpio, 2012).

Actualmente Guayaquil genera a diario 3.500 toneladas de basura aproximadamente (Hoy, En Guayaquil se quedan alrededor de 700 toneladas

de basura sin recoger, 2011), que son sepultadas sobre capas de arcilla y tierra en el relleno de las Iguanas en el kilómetro 14,5 de la vía a Daule, el trabajo que se realiza en el relleno es día y noche a todas horas.

Las Iguanas está ocupado en un 60% de su capacidad, el área total es de 200 hectáreas y se divide en cuatro sectores A, B, C y D de los cuales hoy existen dos copados y dos abiertos, donde se sepulta la basura.

**Tabla XVI.** Sectores de "Las Iguanas".

<b>Sector</b>	<b>Hectáreas</b>	<b>Basura Sepultada (ton)</b>	<b>Condición Actual</b>
A	28	10'200.000	Cerrado
B	42	-----	Abierto
C	11	3'000.000	Cerrado
D	39	-----	Abierto
<b>Total</b>	<b>120*</b>		

*Adaptado de (360), \* %60 del Total de hectáreas, Adaptado de (Monteverde, Guayaquil 360, 2011).*

Solo quedan 15 hectáreas por rellenar en Las Iguanas, por lo que se apunta a que esté copado para el año 2017. (Monteverde, Guayaquil 360, 2011)

En 1982 la Municipalidad de Guayaquil adquirió, en base a un estudio muy superficial, realizado por la empresa vendedora PIMAR S.A. (Consortio suizo-italiano), una planta combinada de mezcla, separación y energía que permitiría, a partir de los desechos sólidos, la producción de compost

(mejorador de suelo), la recuperación de material de reciclaje y la generación, eventualmente, de energía eléctrica, pero debido a la falta de planeación y organización, se vio relegada todo tipo de información técnica, estadística y financiera adicional, y finalmente nunca fue puesta en funcionamiento . (Peralta Domenech, 2012)

También en el 2005 existió un plan es exportar monóxido de carbono generado de los desechos. La generación de gas era el proyecto que a futuro se pensaba implementarse en el relleno Las Iguanas de Guayaquil y que generaría ingresos de \$ 40 millones en diez años, pero nunca se concretó. (Universo, 2005)

Aunque actualmente no existe un proceso dentro de la gestión actual que contemple de aprovechamiento de los residuos, desde hace muchos años, en Guayaquil cientos de personas se dedican a la recolección, en la vía pública, de todo tipo de cartones y papeles, y otros materiales, los mismos que son vendidos en distintos centros de acopio. (Yagual, 1991).

## **2.7. Potencial energético de los residuos**

Desde hace muchos años atrás, los combustibles fósiles como el petróleo, carbón y gas natural, han sido la principal fuente de energía, generando a su vez gases de efecto invernadero como dióxido de carbono y metano los cuales representan una de las principales causas del calentamiento global y contaminación atmosférica.

Al pasar del tiempo es cada vez más notable la problemática concerniente a la energía ya que su demanda va cada vez más en aumento en cambio los recursos disponibles para tal fin disminuyen. Existen fuentes renovables pero la tecnología para su aprovechamiento aún se encuentra en desarrollo además de ser costosas.

Por lo cual es de importancia el desarrollo de energías renovables ya que causan menores impactos al medio ambiente y además aportara a la conservación de recursos no renovables existentes.

Existen tradicionalmente diversas clases de energía renovable de acuerdo a su fuente, tales como; la energía hidráulica, solar, eólica y la biomasa.

Todas las fuentes de energía renovables combinadas contabilizan solo el 17.6% de la producción de energía en el mundo, del cual la energía hidroeléctrica provee el 90% de ellas y solo el 1.7% restante son las otras fuentes de energía renovable (Goswami, 2007).

Podemos notar que es oportuno aumentar el uso de otras fuentes energéticas, aprovechar los residuos sólidos como fuente energética es una opción, mediante los distintos procesos de conversión.

Una forma de generar energía es a través de la biomasa, que comprende una gran variedad de materia biológica, cuya energía puede aprovecharse.

El termino biomasa incluye todos los materiales que producen energía provenientes de fuentes biológicas, tales como madera o residuos de madera, productos residuos de la industria alimenticia, agua residual,



residuos sólidos municipales (RSM) y otros materiales biológicos (Aguilar Virgen, 2009).

La mayoría de los componentes de los RSU pueden ser transformados a energía utilizando un proceso de conversión. Algunos procesos aprovechan el vapor generado al incinerar los residuos y otros más bien aprovechan la fracción orgánica de los RSU para generar gases combustibles.

### **2.7.1. Propiedades químicas de los residuos**

La cantidad de desechos generada, su composición así como sus propiedades químicas, son datos importantes para considerar a los desechos sólidos como una fuente de energía renovable y para seleccionar la mejor tecnología de conversión de residuos en energía.

#### **2.7.1.1. Poder calorífico de los residuos**

El poder calorífico es una propiedad que tienen todos los materiales o una unidad de masa, y representa la cantidad de energía en forma de calor que es desprendida producto de la combustión (reacción de oxidación) de la masa combustible. El poder calorífico es expresado en joules por gramo o kilojoules por kilogramo según el sistema internacional (Dominique Briane, 1985).

La magnitud del poder calorífico en la práctica común puede variar según la

forma de como sea medido por ello se ha definido el poder calorífico superior (PCS) y poder calorífico inferior (PCI), su diferencia básicamente radica en la energía liberada por condensación del vapor de agua contenido en los gases de la combustión.

El poder calorífico superior es el calor desprendido de una masa considerando además el calor derivado de la condensación del vapor de agua formada durante la combustión (la condensación del vapor de agua solo es posible llevando al combustible y al aire al 0°C), en cambio el poder calorífico inferior es el calor desprendido en la combustión completa de una masa sin considerar la energía de condensación del vapor de agua ya que este no condensa, por lo tanto con la misma cantidad de combustible se pueden generar diferentes valores de calor.

A continuación en las tablas XVII, XVIII y XIX se muestra valores de poder calorífico de algunos combustibles;

**Tabla XVII.** Poder calorífico de combustibles sólidos.

<b>Combustible</b>	<b>PCI kJ/kg</b>	<b>PCS kJ/kg</b>
Turba	21300	22500
Lignito	28400	29600
Hulla	30600	31400
Antracita	34300	34700

---

*Tomado de (d'Ensenyament, 2014)*

**Tabla XVIII.** Poder calorífico de combustibles líquidos.

<b>Combustible</b>	<b>PCI kJ/kg</b>	<b>PCS kJ/kg</b>
Alcohol comercial	26750	23860
Etanol puro	29720	26790
Gasolina	46885	43950
Queroseno	46500	43400

---

*Adaptado de (d'Ensenyament, 2014)*

**Tabla XIX.** Poder calorífico de combustibles gaseoso.

<b>Combustible</b>	<b>PCI kJ/kg</b>	<b>PCS kJ/kg</b>
Gas natural	39900	44000
Hidrógeno	120011	141853
Propano	46350	50450
Butano	45790	49675

---

*Tomado de (d'Ensenyament, 2014)*

La mayoría de los combustibles así como los desechos sólidos están compuestos usualmente por materias orgánicas en donde predomina el carbono e hidrogeno que al ser combustionados se combinan con el oxígeno dando lugar a la formación de dióxido de carbono y agua.

En los desechos sólidos el poder calorífico de los materiales que la componen, es un dato importante cuando se ha seleccionado el proceso de incineración como método de tratamiento de los desechos con el objetivo de reducir su volumen y recuperar energía.

Entonces el tratamiento por incineración de los residuos para la producción de energía depende básicamente de su poder energético que, a su vez, está relacionado con su composición. En la tabla XX se muestra el poder calorífico de las distintas fracciones que componen los residuos sólidos urbanos.

**Tabla XX.** Contenido energético de los residuos sólidos urbanos.

Componentes	PCI en kcal/kg		Cenizas y otros rechazos en %
	Variación	Típico	
Residuos alimenticios	600-800	700	8
Madera	4000-5000	4600	2
Papel y cartón	2400-4000	2500	12
Plásticos	6200-7200	6600	3
Textiles	3000-4000	3400	6
Vidrio			98
Metales			98

*Adaptado de (Ambientum, 2014)*

Los valores de poder calorífico de los residuos sólidos generalmente fluctúan

entre 1500 a 2200 Kcal/kg.

A continuación se muestra valores típicos de contenido energético de una variedad de componentes de los RSU.

**Tabla XXI.** Datos típicos de contenido energético de materiales encontrados en los RSU.

<b>Domésticos (no compactados)</b>	<b>Contenido Energético Kcal/kg</b>
Residuos de comida(mezclados)	998
Papel	3777
Cartón	4127
Plásticos	7834
Textiles	4422
Goma	605
Cuero	4167
Residuos de jardín	1445
Madera	1167
Vidrio	47
Latas de Hojalata	167
Aluminio	-
Otros metales	-
Suciedad, Cenizas, etc	-
Cenizas	-
Basuras	-

*Adaptado de (Tchobanoglous, Theisen, & y Vigil, 1994).*

### **2.7.1.2. Análisis físico**

El análisis físico de los residuos incluye la realización de los siguientes ensayos (Tchobanoglous, Theisen, & y Vigil, 1994):

- Humedad (pérdida de humedad cuando se calienta a 105°C durante una hora).
- Materia volátil combustible (pérdida de peso adicional con la ignición a 950°C en un crisol cubierto).
- Carbono fijo (rechazo combustible restante luego de retirar la materia volátil).
- Ceniza (peso del rechazo luego de la incineración en un crisol abierto).

### **2.7.1.3. Punto de fusión de la ceniza**

El punto de fusión de la ceniza se le llama a la temperatura a la que la ceniza proveniente de la incineración de residuos, se transforma en sólido (escoria) por la aglomeración y fusión (Tchobanoglous, Theisen, & y Vigil, 1994).

### **2.7.1.4. Análisis elemental**

El análisis elemental tiene como objetivo determinar el

porcentaje de carbono, hidrogeno, oxígeno, nitrógeno, azufre y ceniza de los componentes de los residuos sólidos. Además dentro de este análisis se considera la determinación de halógenos para evitar la emisión de compuestos clorados durante la combustión (Tchobanoglous, Theisen, & y Vigil, 1994). Este análisis también puede servir para definir procesos de transformación biológica a partir de la relación C/N y composición química de los residuos.

**Tabla XXII.** Porcentajes típicos de análisis elemental de residuos sólidos.

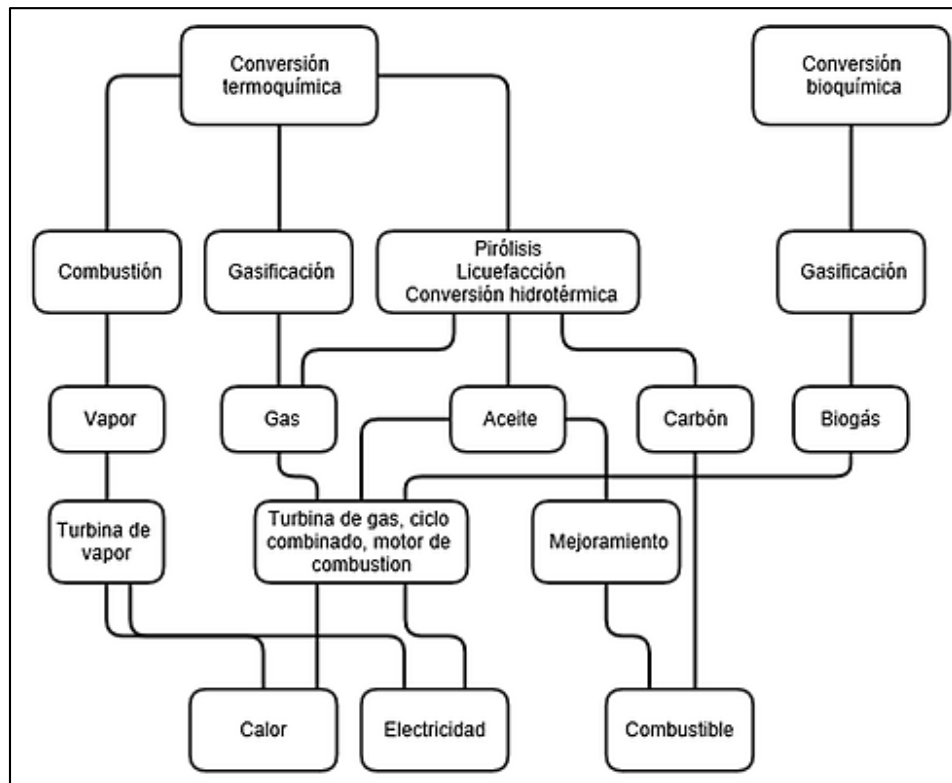
	<b>Carbono</b>	<b>Hidrógeno</b>	<b>Oxígeno</b>	<b>Nitrógeno</b>	<b>Azufre</b>	<b>Cenizas</b>
Residuos de comida	48	6,4	37,6	2,6	0,4	5
Papel	43,5	6	44	0,3	0,2	6
Plásticos	60	7,2	22,8	0	0	10
Textiles	55	6,6	31,2	4,6	0,15	2,5
Vidrio	0,5	0,1	0,4	0,1	0	98,9
Otros metales	4,5	0,6	4,3	0,1	0	90,5

*Cada componente de los residuos sólidos suma el 100%. Adaptado de (Tchobanoglous, Theisen, & y Vigil, 1994)*

### **2.7.2. Procesos de recuperación energética de los residuos**

Existen varios procesos para transformar los RSU en calor, biocombustible y electricidad. Básicamente se clasifican en dos grupos, estos son los métodos termoquímicos y métodos bioquímicos o biológicos.

En la siguiente figura se muestran las diferentes opciones de conversión de



**Figura 29.** Opciones de conversión de biomasa a formas secundarias de energía (Saidur, 2011).

residuos a sus formas secundarias de energía.

### 2.7.2.1. Procesos termoquímicos de conversión

Los métodos termoquímicos se basan en la transformación de residuos a alta temperatura, en vapor o gases combustibles que posteriormente son aprovechados para la generación de energía. Dentro de los procesos termoquímicos se encuentran, la pirolisis,



gasificación y la incineración, que se fundamentan en la conversión del carbono presente en los desechos, prácticamente cualquier material con contenido en carbono puede ser transformado por medio de estos procesos. Los procesos más importantes para la conversión térmica son: incineración (combustión), gasificación y pirolisis. Estos procesos se distinguen dependiendo de la temperatura y del oxígeno presente en la reacción. La tabla 23 muestra las diferencias entre ellos.

**Tabla XXIII.** Procesos termoquímicos más importantes.

	<b>Definición</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Aplicaciones</b>
Combustión	Oxidación completa con exceso de aire	De 700 a 1400°C	Toda clase de residuos, preferentemente sólidos con PCI <sup>a</sup> bajo
Gasificación	Oxidación parcial con defecto de aire	De 600 a 1000°C	Toda clase de residuos, preferentemente sólidos con PCI medio
Pirolisis	Descomposición térmica del residuo	De 300 a 1000°C	Residuos, preferentemente sólidos y líquidos con PCI alto-medio

<sup>a</sup>PCI: Poder calorífico inferior. Adaptado de (Elias, 2005)

### 2.7.2.1.1. Incineración

La incineración es un proceso térmico de combustión controlada en un medio oxidante que se lleva a cabo a una temperatura de 700 a 1400°C y fundamentalmente consiste en la conversión del carbono en bióxido de carbono a altas temperaturas liberando energía directamente en forma de calor, el cual genera un vapor que es aprovechado al accionar una turbina generadora de energía eléctrica.

Al ser los desechos sólidos una masa muy heterogénea, por su incineración se producen una serie de gases de combustión, cenizas y efluentes líquidos altamente contaminantes. Algunos de estos son: Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), monóxido de carbono (CO), gases ácidos, partículas, dioxinas y furanos, entre otros. A pesar de que se han usado tecnologías que han logrado depurar estos gases para minimizar los impactos ambientales, aunque a un costo elevado, en definitiva el producto de la incineración sigue siendo una importante fuente de contaminación.

Una planta típica de incineración de residuos para el aprovechamiento de energía, consta de los siguientes sistemas:

- Sistema de recepción y alimentación

- Foso de recepción y almacenamiento del residuo
  - Clasificación y selección de los residuos a incinerar
  - Sistema de alimentación
- Sistema de combustión
- Horno de combustión
  - Cámara de postcombustión
- Sistema de recuperación de energía
- Caldera de recuperación de calor de los gases de combustión
  - Turbina de vapor
  - Alternador de generación de energía eléctrica
  - Subsistema de vapor y condensados
- Sistema de depuración de gases
- Sistema de recogida de residuos sólidos o líquidos producidos (escorias, cenizas y efluentes)

En 2005 existían en el mundo alrededor de 760 plantas de incineración de basura en operación. En Estados Unidos existís una capacidad de incineración de 29 millones de toneladas anuales equivalentes al 8% de los 369 millones anuales de toneladas de basura que generan, 7% se convertía a composta, 20% era reciclada y 65% se depositó en rellenos sanitarios. En

tanto en Europa, en 2002, existían 340 plantas con una capacidad de incineración de 50 millones de toneladas anuales (Fernández, 2010).

En Holanda se encuentra la planta de incineración más grande del mundo de VERSU, que tiene una capacidad de 4,400 t/día produciendo 125 MW/hora y escoria que se usa en la construcción de pavimentos. Además cuenta con una capacidad de 800,000 ton/año y con una eficiencia energética de 23 a 24% (INTI, 2010).

En la tabla XXIV se muestran los países que se destacan por incinerar su basura.

**Tabla XXIV.** Principales países que incineran sus residuos sólidos.

<b>País</b>	<b>Porcentaje <sup>a</sup></b>
Dinamarca	55
Suecia	55
Suiza	45
Holanda	48
Francia	35
Alemania	42

<sup>a</sup> Porcentaje de residuos que incinera cada país (Fernández, 2010).

### 2.7.2.1.2. Gasificación

La gasificación es un proceso térmico que permite la conversión de un combustible sólido, tal como la biomasa en un combustible gaseoso, mediante un proceso de oxidación parcial. Como agente oxidante se emplea el vapor, el oxígeno o el aire. Como resultado de este proceso se obtiene una mezcla de gases de bajo peso molecular llamada gas de síntesis o “syngas”.

El gas resultante contiene monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), hidrógeno (H<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), alquitrán, agua y pequeñas cantidades de hidrocarburos tales como el etano. Este gas tiene un bajo poder calórico, del orden de 4 a 7 MJ/m<sup>3</sup> equivalente a la sexta parte del poder calórico del gas natural, cuando se emplea aire como agente oxidante; en cambio, si se emplea como agente oxidante el O<sub>2</sub> se pueden alcanzar de 10 a 18 MJ/m<sup>3</sup>. La tecnología más empleada es, sin embargo, la que utiliza aire como agente oxidante, por razones económicas y tecnológicas (Pereiro, 2014).

El gas pobre resultante puede ser utilizado en turbinas de gas o en motores de combustión interna. Ambos motores térmicos pueden ser acoplados a un generador para la producción de electricidad (Pereiro, 2014).

El proceso de gasificación consta de tres etapas básicas:

- La primera etapa consiste en el secado, en la biomasa es sometida a

una temperatura de 100 °C para retirar el agua que está en la superficie de la biomasa. A medida que aumenta la temperatura, los compuestos extraíbles de bajo peso molecular inician el proceso de volatilización. (Basu, 2010).

- La segunda etapa es la pirolisis, que se lleva a cabo a una temperatura entre 300 y 500°C en deficiencia de oxígeno, en donde la materia sólida comienza a volatilizarse, produciendo un residuo sólido o carbonizado, gases condensables (hidrocarburos pesados) y gases no condensables (CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O e hidrocarburos ligeros) (Campoy, 2009).
- La última etapa es la oxidación, la cual se lleva a cabo a una temperatura de 600 a 1000°C, en donde la fracción más pesada de la biomasa se mezcla con el agente gasificante.

#### **2.7.2.1.3. Pirolisis**

La pirolisis también aparece como paso previo a la gasificación y la combustión, al igual que en esos casos, consiste en la descomposición térmica de moléculas complejas en otras más simples de un material en ausencia o déficit de oxígeno, se puede considerar que la pirolisis comienza en torno a los 250 °C, llegando a ser prácticamente completa cuando la temperatura bordea los 500°C, aunque esto está en función del tiempo de residencia del residuo en el reactor (CPS, 2014). Someter a los

RSU a este proceso es complicado ya que el oxígeno está presente en los residuos.

Como resultado de esta reacción se obtiene una sustancia sólida carbonosa, líquidos y gas, tales como; el carbón, alquitrán, los gases de hidrógeno, nitrógeno, metano, etano, propano, butano, pentano, amoníaco, oxígeno, monóxido y bióxido de carbono que pueden ser utilizados como combustibles para producir electricidad.

#### **2.7.2.2. Procesos biológicos de conversión**

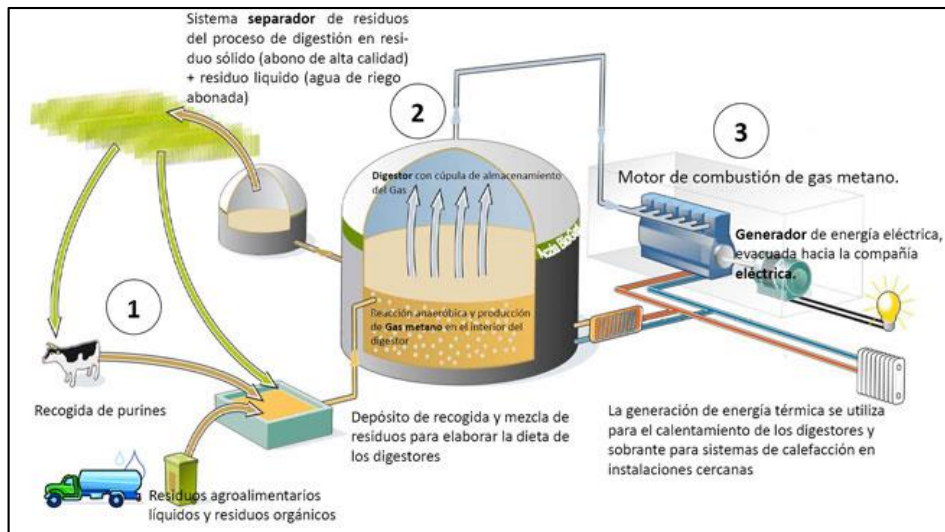
Los métodos biológicos se basan en la degradación de moléculas a compuestos más simples de alto poder energético. Este proceso de degradación controlada se lo denomina digestión anaerobia, que consiste en descomponer en ausencia de aire la fracción orgánica de los residuos utilizando diversos tipos de microorganismos. La digestión anaerobia ocurre en los rellenos sanitarios y botaderos municipales de una forma incontrolada, así como también puede ocurrir en reactores donde el proceso de descomposición se acelera.

Como producto de la digestión anaerobia se generan una mezcla de gases, conocida como biogás, cuyos principales componentes son el metano ( $\text{CH}_4$ ) (50 a 70%) y dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) (30 a 50%), con pequeñas proporciones de nitrógeno, oxígeno, hidrógeno, sulfuro de hidrógeno, cuya

composición depende tanto de la materia prima como del proceso en sí. La cantidad de gas producido es muy variable, aunque generalmente oscila alrededor de los 350 l/kg de sólidos degradables, con un contenido en metano del 70% (Lorenzo Y., 2005).

Las tecnologías de aprovechamiento biológico usan la fracción orgánica de los RSU debido a que son ricos en carbono e hidrógeno, principales componentes del gas metano ( $\text{CH}_4$ ). El procedimiento básico consiste en seleccionar los residuos orgánicos aptos para el proceso, para luego colocarlos en un reactor a temperatura y cantidad de oxígeno necesario para que ocurra la digestión anaerobia. Después el biogás resultante es depurado para obtener el gas metano, el cual puede utilizarse como combustible para motores de combustión interna generadores de energía, uno de los más usados en Europa es el motor CAT 3520C, el cual tiene una eficiencia energética del 38% (Rolando Chamy, 2007).





**Figura 30.** Esquema de una planta de aprovechamiento de biogás (Ecoespacios, 2012).

## **CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA**

### **3.1. Ubicación geográfica del área de estudio**

El cantón Guayaquil se encuentra ubicado en la parte suroccidental de la provincia del Guayas y limita al norte con los cantones de Lomas de Sargentillo, Daule, Nobol, y Samborondon; al sur con el Golfo de Guayaquil y la provincia de El Oro; al este con los cantones Durán, Naranjal y Balao; y al oeste con la provincia de Santa Elena y el cantón General Villamil.

La ciudad de Guayaquil está situada entre los 2°3' y 2°17' de latitud sur; y los 79°59' y 79°49' de longitud oeste. Oficialmente la ciudad de Guayaquil está dividida en 16 parroquias urbanas y 5 parroquias rurales, además su municipalidad cuenta con una división administrativa de la ciudad en 71 sectores (CempEcuador, 2014).

### **3.2. Aspectos demográficos**

La población de Guayaquil ha tenido un crecimiento con aceleración variable a través de las diferentes épocas. Según el VII Censo de Población y VI de la vivienda realizado por el INEC en el 2010, la ciudad cuenta con 2'350.915 habitantes.

**Tabla XXV.** Número de habitantes de Guayaquil.

<b>Habitantes</b>	<b>Zonas</b>	
2'350.915	Urbana	2'278.691 hab.
	Rural	72.224 hab.

*Tomado de (INEC, 2010).*

### **3.3. Marco de gestión de residuos sólidos de Guayaquil**

La gestión (recolección, transporte y disposición final) de los desechos sólidos no peligrosos de la ciudad de Guayaquil es a la fecha competencia de la M.I. Municipalidad de Guayaquil, la cual es ejecutada a través de la Dirección de Aseo Cantonal, Mercados y Servicios Especiales. Esta unidad, supervisa el trabajo de recolección de desechos en ciudad.

La recolección y transporte de desechos en la ciudad está a cargo del Consorcio Puerto Limpio. La disposición final en el Relleno Sanitario Las Iguanas es ejecutada por el Consorcio ILM - Las Iguanas en coordinación con el Consorcio Puerto Limpio.

### 3.3.1. Áreas de servicio

Con el objetivo de llevar a cabo la recolección y transporte de los desechos sólidos residenciales la M.I. Municipalidad de Guayaquil a sectorizado a el área urbana servida de la ciudad en dos zonas de servicio, denominadas Zona A (ubicada al este del área urbana de Guayaquil) y Zona B (ubicada al oeste del área urbana de Guayaquil).

**Tabla XXVI.** Zonas de servicio

<b>Zona</b>	<b>Sectores servidos</b>
A	De norte a sur del área urbana, cubre sectores como; Mucho Lote, Los Samanes, Los Sauces, La Garzota, Puerto Santa Ana, Centenario, Guasmo.
B	Cubre sectores como; Flor de Bastión, El Fortín, Nueva Prosperina, Los Ceibos, Puerto Lisa, San Eduardo, Batallon del Suburbio.

*Tomado de (Consortio Puerto Limpio, 2014).*

Dentro de estas zonas, se han establecido áreas denominadas sub-zonas y a su vez dentro de estas constan unidades espaciales más pequeñas llamadas micro-rutas de recolección. Actualmente Guayaquil cuenta con 24 sub-zonas, y 174 micro-rutas de recolección (Consortio Puerto Limpio, 2014).

### 3.4. Producción de residuos sólidos de Guayaquil

Como información general es importante conocer la generación de residuos sólidos del área de estudio. La Ciudad de Guayaquil tiene una producción de RSU de 3500 t/día, con una generación per cápita de 0.70 kg./hab/día (Guido Acurio, 1997).

Según el Consorcio Puerto Limpio en el periodo de Enero a Mayo del 2012 se recolectaron en promedio 99,636 toneladas (Consortio Puerto Limpio, 2014) de desechos no peligrosos en el área servida de la zona urbana de la ciudad.

**Tabla XXVII.** Desechos recolectados de Enero a Junio del 2012.

<b>Mes</b>	<b>Peso (Ton.)</b>
Enero	99.114,30
Febrero	95.080,14
Marzo	104.830,25
Abril	97.454,88
Mayo	101.701,73
Junio (1 al 21)	67.731,78

Tomado de (Consortio Puerto Limpio, 2014).

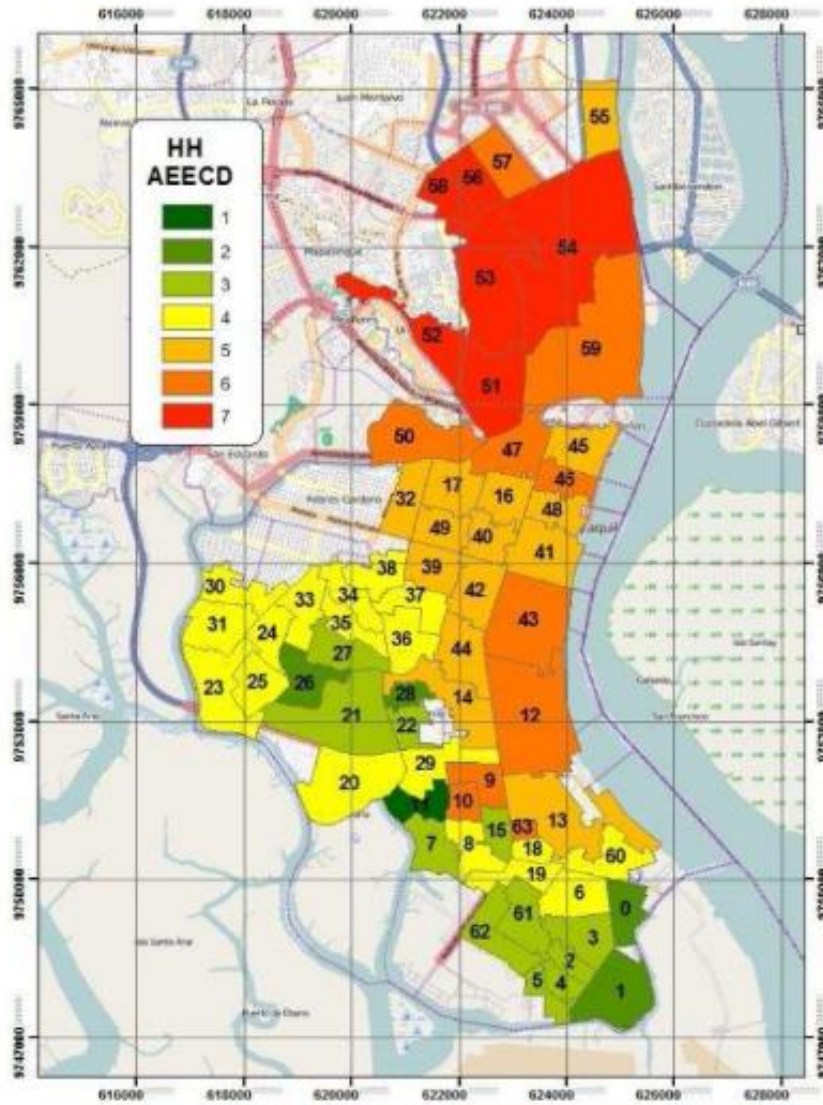
### **3.5. Elaboración de la metodología de caracterización de los RSU**

#### **3.5.1. Identificación de unidades muestrales**

Para el muestreo de desechos se consideró elegir áreas de recolección (micro-rutas) que sean representativas de los estratos socioeconómicos considerados altos, medios y bajos de la ciudad de Guayaquil.

A fin de elegir las micro-rutas con tales características socioeconómicas se utilizó un indicador que muestra el consumo de energía eléctrica de los hogares de Guayaquil construido a partir de Censo Nacional de Población y vivienda del 2010 (Villa G., 2013). Este indicador divide a gran parte de la zona urbana de la ciudad en polígonos cuyos colores van de acuerdo a una escala de generación del 1 (mínimo consumo eléctrico) al 7 (máximo consumo eléctrico).

A partir de la información de gasto eléctrico de varias áreas urbanas de Guayaquil, se estableció llamar estratos bajos a los sectores que presentan un bajo gasto eléctrico, mientras que a los que presentan un alto gasto de energía se les denominó como estratos altos. También constan niveles medios de consumo de energía, para los cuales les corresponde un estrato medio.



*Figura 31. Indicador de consumo de energía eléctrica en la ciudad de Guayaquil (Villa G., 2013)*

Para la realización de este estudio se escogieron 2 micro-rutas (unidad muestral primaria) por cada estrato (alto, medio y bajo), obteniendo un total 6 micro-rutas.

Para representar a los estratos bajos se seleccionó para el muestreo un recorrido de recolección (micro-ruta) de la Cooperativa Sergio Toral y otro de la Isla Trinitaria; mientras que para el estrato medio se consideró una micro-ruta ubicada en el Centro de la ciudad y otra en el Barrio Centenario. Finalmente para representar a los estratos altos se seleccionó una micro-ruta de la Cdla. Los Ceibos y otra ubicada en la Cdla. La Alborada.

Una vez definidos los sectores de Guayaquil a analizar, se visitaron estos lugares para seleccionar al azar una micro-ruta de recolección por cada uno de los sectores. Se registro la frecuencia de recolección que mantiene puerto limpio para cada micro-ruta, así como su horario y número de recolector asignado para llevar a cabo la recolección.

Las micro-rutas seleccionadas y que son objeto de este estudio constan en la siguiente tabla.



**Tabla XXVIII.** Micro-rutas elegidas.

<b>Estrato</b>	<b>Sector</b>	<b>Código de micro-ruta</b>
Alto	Ceibos	11B-7R
	Alborada	10A-1R
Medio	Centenario	14A-2R
	Centro	1A-3R
Bajo	Sergio Toral	Sin código de Micro-ruta
	Trinitaria	16A-2R

La ilustración 32 muestra la disposición geográfica y el recorrido típico de cada una de las micro-rutas seleccionadas.

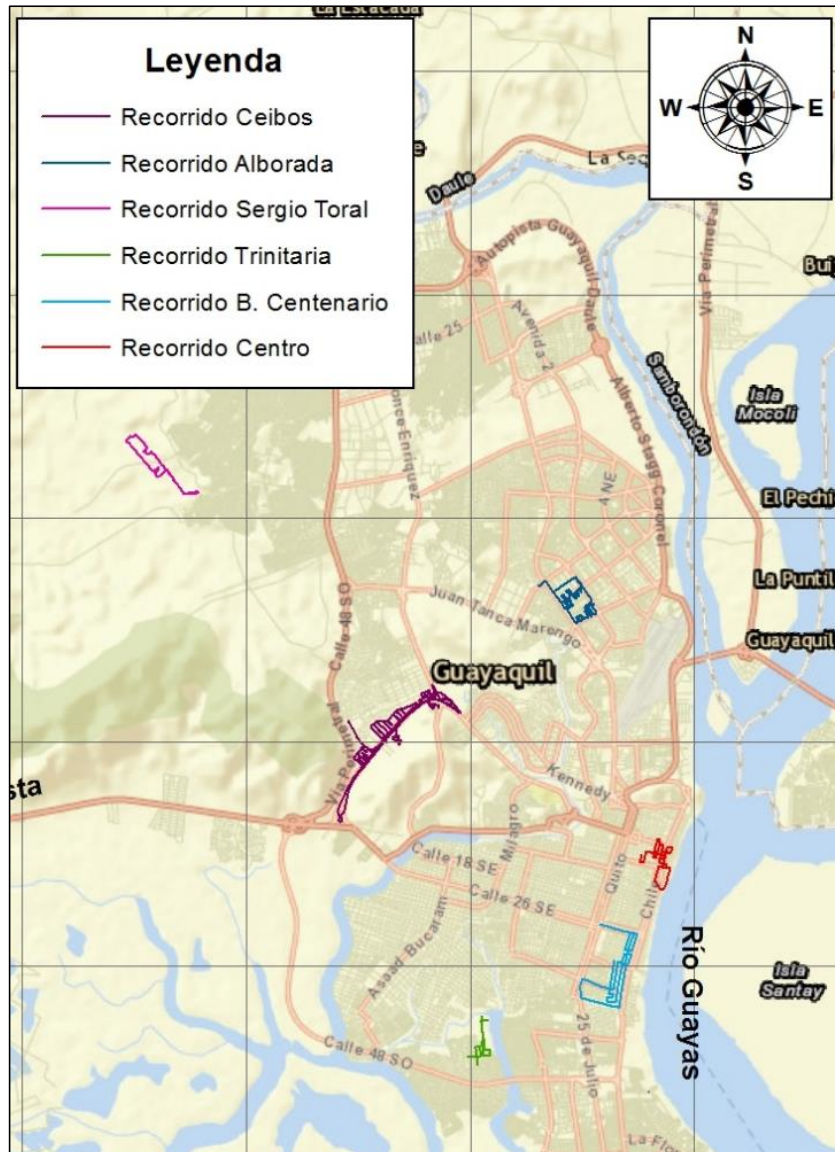


Figura 32. Mapa de las micro-rutas seleccionadas para el muestreo.

### 3.5.2. Estadística descriptiva para el análisis de los datos colectados

A fin de ejecutar el análisis estadístico descriptivo de los datos se recurrió al uso del software Minitab 17 y Microsoft Excel. A fin de resumir la información colectada se recurrió a la presentación de los datos haciendo uso de varios estadísticos que seguidamente se detallan.

#### 3.5.2.1. Medidas de posición

**Media:** Llamada también promedio, representa el punto de equilibrio de los datos y se la calcula sumando todas las observaciones, dividida por el número de casos.

**Mediana:** La mediana es el valor de la variable que ocupa la posición central en la muestra ordenada de menor a mayor. Si el número de casos es par, se toma la media aritmética entre los dos valores centrales.

**Moda:** Es el valor de la variable que ocurre con mayor frecuencia en una distribución de datos.

**Cuartiles:** Los cuartiles son los valores de la distribución que dividen al conjunto de datos ordenados en cuatro partes porcentualmente iguales. Hay tres cuartiles generalmente denotados (Muñoz, 2014);

- El primer cuartil (Q1), es el valor por debajo del cual queda un cuarto (25%) de todos los valores de la serie estadística (ordenada).

- El segundo cuartil (Q2), es la mediana de la serie.
- El tercer cuartil (Q3), es el valor por debajo del cual quedan las tres cuartas partes (75%) de los datos.

### 3.5.2.2. Medidas de dispersión o variabilidad

**Varianza:** La varianza de una variable expresa el grado de dispersión de las observaciones respecto a la media aritmética. Se la calcula obteniendo la media de los cuadrados de las desviaciones de los valores de la variable respecto a su media.

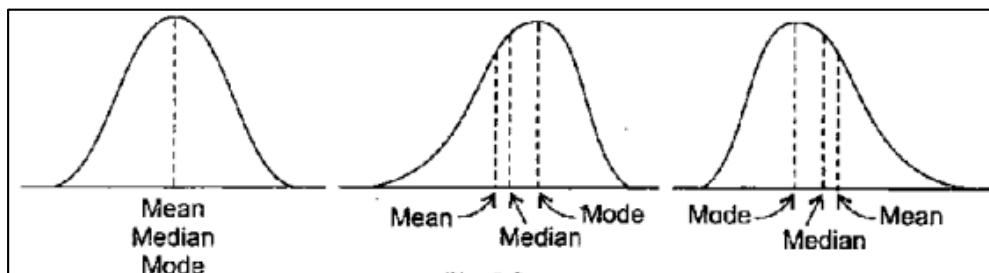
**Desviación estándar:** La desviación estándar mide el grado de dispersión de los datos con respecto a la media, se la obtiene sacando la raíz cuadrada de la varianza, muestral o poblacional. En general, podemos tomar como punto de referencia lo que sabemos sobre la distribución normal: el 95% de los casos se sitúan en  $+ / - 2$  desviaciones típicas de la media (Muñoz, 2014).

### 3.5.2.3. Medidas de forma

**Asimetría:** Es una medida de la simetría de la distribución, que permite medir el grado de concentración de los valores de una distribución respecto a su media. Se puede tomar como punto de referencia la distribución normal, que es perfectamente simétrica y, por tanto, tiene una asimetría de 0. Si la asimetría es positiva, la distribución tendrá una larga cola a la derecha, y si

es negativa, la tendrá a la izquierda (más valores por debajo de la media que por encima).

- Si Asimetría = 0, la media, la mediana y la moda coinciden.
- Si Asimetría > 0, la media es mayor que la mediana, que es mayor que la moda.
- Si Asimetría < 0, la media es más pequeña que la mediana, que es más pequeña que la moda.

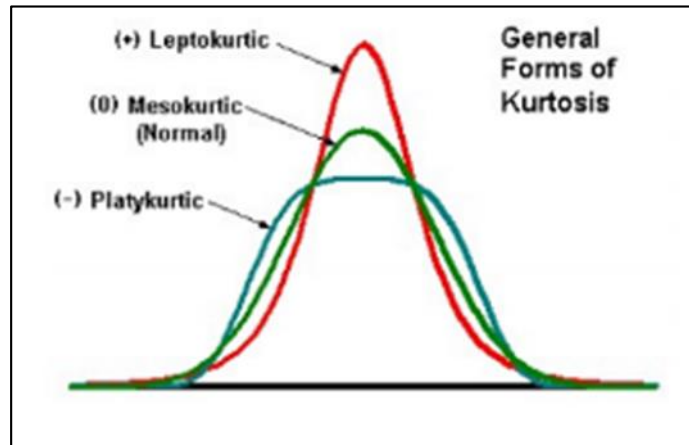


**Figura 33.** Comportamiento de la media, mediana y moda ante varios valores de asimetría (Muñoz, 2014).

**Curtosis:** Es el grado de deformación vertical (apuntamiento) de una distribución de frecuencias. Hace referencia a la curvatura de la distribución, tomando como referencia, la distribución normal:

- Si la curtosis = 0, la variable está normalmente distribuida (mesocurtica).
- Si la curtosis es > 0, la variable está normalmente distribuida (platicurtica).

- Si la curtosis es  $<0$ , la curva de distribución de frecuencias es plana (leptocurtica).



**Figura 34.** Comportamiento de una distribución ante varios valores de curtosis (Muñoz, 2014).

#### 3.5.2.4. Test de normalidad

Resulta muy frecuente en la práctica el tener que comprobar si los datos con los que se está trabajando provienen de una distribución normal. Se usó la prueba de Anderson-Darling para probar si un conjunto de datos muestrales provienen de una población con una distribución normal de probabilidad continua. La prueba de Anderson-Darling se basa en la comparación de la distribución de probabilidades acumulada empírica (resultado de los datos) con la distribución de probabilidades acumulada teórica.

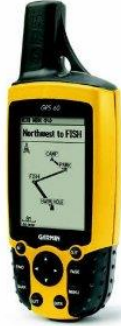

El p-valor, indicará si se rechaza o no la hipótesis de normalidad (un p-valor por debajo de 0,05, estará revelando que los datos no son normales).

### **3.5.3. Materiales y equipos usados en campo**

Luego de haber identificado las micro-rutas a analizar, fue necesaria la adquisición de materiales y equipos que servirían para llevar a cabo el muestreo en cada micro-ruta. Los equipos necesarios para llevar a cabo el muestreo dependerán de los distintos parámetros que se requieren conocer, datos más precisos conlleva el uso de equipos más especializados.

En este caso para llevar a cabo la caracterización de los RSU básicamente fue necesario coleccionar datos referentes a ubicación del lugar de muestreo y pesos de los residuos generados, para ello fue necesario usar un GPS y balanza respectivamente. Estos y otros materiales usados en la fase de muestreo se detallan en las siguientes tablas.

**Tabla XXIX.** Equipos utilizados en salidas de campo.

Nombre	Especificaciones	Usos	Foto
<b>GPS</b>	Garmin GPS 60; capaz de registrar tracks y waypoints.	Ubicación de microruta y puntos para el muestreo.	
<b>Balanza</b>	Balanza Camry; 30 kg de capacidad, con 10gr de precisión.	Peso de las muestras	



**Tabla XXX.** Utensilios utilizados en salidas de campo.

Nombre	Especificaciones	Usos	Foto
<b>Saco</b>	Empaque de polipropileno tejido	Toma de muestras	
<b>Recipiente</b>	Recipiente plástico rectangular (L 40 cm, A 28.8 cm, H 14.8 cm), capacidad de 8.5 litros.	Caracterización de las muestras	

### **3.5.4. Metodología de muestreo**

#### **3.5.4.1. Actividades en oficina**

Antes de salir a campo, en oficina se elaboraron los formularios de campo (constan en formularios de muestreo del anexo I), que sirvieron para registrar datos como; hora, ubicación de partida, ubicación de llegada, código de la micro-ruta, y principalmente los pesos de los desechos en cada punto de muestreo.

Además se preparó las bolsas o sacos para tomar muestras de desechos en cada punto, estos sacos fueron etiquetados y pintados con un color fosforescente para poderlos identificados. Es importante indicar que los saquillos preparados para el muestreo fueron probados para evaluar su permeabilidad y resistencia por tanto siendo estos adecuados para el presente estudio.

Concerniente al número de muestras o sacos que se tomaron en cada punto de muestreo, debido a que las características de los desechos son muy variables, tomar una muestra por cada punto no sería representativo, así que se tomaron cuatro muestras o saquillos por cada punto de muestreo de cada micro-ruta objeto de estudio.

### **3.5.4.2. Actividades en las salidas de campo**

Las actividades en campo se dividen en dos partes de acuerdo al lugar donde se efectuaron, estas son actividades en ruta y en relleno, cada una de ellas se detallan a continuación;

- **Procedimiento de muestreo en ruta**

Al ubicar el camión recolector a cargo de cada micro-ruta (Unidad Muestral Primaria); se procedió a ejecutar las actividades de muestreo que básicamente comprendió en acudir al punto identificado y tomar muestras de desechos en sacos etiquetados, seguidamente se menciona el proceso en detalle (fotos del procedimiento de muestreo en ruta constan en el anexo V);

- Se acudió al micro-ruta previamente identificada a la fecha y hora conocida antes de que el camión recolecte los desechos.
- Con la ayuda de saquillos correctamente pintados y rotulados para facilitar la identificación de cada observación; se llevó a cabo la colección de cuatro muestras (saquillos) u observaciones por cada punto de muestreo. Asimismo, se realizaron mediciones de peso in situ (en el sitio de presentación).
- Se registró con la ayuda de un GPS las coordenadas (UTM 17S) del recorrido de la ruta de recolección así como los 10 puntos muestreados, se tomaron fotos, y se registró demás información general como fecha, hora de inicio y fin, código de la micro-ruta en el

formulario de campo (los datos registrados en campo se encuentran en el anexo II).

- Los saquillos fueron colocados en el mismo lugar de donde fueron tomados.
- Luego al llegar el camión al sitio, recolectaba los 4 sacos etiquetados en cada punto junto con los demás desechos, durante toda la micro-ruta hasta que el camión alcanzar a su capacidad máxima.

Un total de 40 muestras (Unidad Muestral Secundaria) fueron recolectadas por recorrido que son consideradas para representar los desechos típicos de cada micro-ruta en estudio.

- **Procedimiento en relleno**

Una vez lleno el carro recolector lleno hasta su capacidad máxima, este se dirigía hasta el sitio de disposición final de Guayaquil, que es el relleno sanitario las iguanas, lugar en donde se efectuó la caracterización de los desechos (fotos de actividades en el relleno sanitario constan en el anexo V).

- Una vez en el relleno sanitario, con la colaboración del personal del sitio se procedió, a la recuperación de los cuarenta saquillos que fueran preparados en la ruta de recolección y que fueron recolectados por el camión recolector. Para esto, el camión recolector procedió a la descarga de su contenido en un terreno especialmente destinado para el estudio. Algunas veces no se pudo encontrar la totalidad de las

muestras, debido al deterioro del saquillo o la dificultad para visualizarlo especialmente en horarios nocturnos.

- Al momento de recuperar los saquillos, se procedió a verificar su integridad. Si el saquillo presentaba alguna fisura que comprometía la confiabilidad del dato, este era descartado para el proceso de caracterización, pesaje y medición de humedad relativa en relleno.
- El contenido de cada uno de los saquillos recuperados en buen estado fue entonces caracterizado con la ayuda de una balanza y recipientes en función de las categorías planteadas para la determinación de la composición física de los desechos. Las categorías consideradas en el presente estudio constan en la tabla XXXI.

**Tabla XXXI.** Categorías para la caracterización de los desechos.

<b>Categorías</b>	<b>Tipos de materiales</b>	<b>Ejemplos</b>
<b>Putrescibles</b>	Desechos provenientes de los alimentos y otros compuestos orgánicos putrescibles.	Residuos de alimentos
	Polietileno tereftalato (PET/1)	Botellas para agua.
<b>Plástico</b>	Polietileno de alta densidad (PE-HD/2)	Botellas de refrescos, botellas de mayonesa
	Polietileno de baja densidad (PE-BD/4)	Contenedores de agua, botellas de detergente y de aceite de cocina.
	Polipropileno (PP/5)	Bolsas de limpieza, vasos, sorbetes.

	Poliestireno (PS/6)	Cubiertos de plástico, etiquetas para botellas y contenedores, cajas de materias, envolturas para pan y queso, bolsas para cereales.
	Multilaminados y otros	Envases para componentes electrónicos y eléctricos, cajas de espuma, envases para comida rápida, cubiertos, vajillas y platos para microondas.
	Plásticos mezclados	Envases multilaminados, botellas de ketchup y mostaza. Diversas combinaciones de lo anteriormente mencionado.
	Fundas	
	Juguetes	
<b>Papel/Cartón</b>	Papel periódico usado (PPU)	Periódicos de quiosco o material promocional entregados a casa.
	Papel de alta calidad	Papel de informática, recortes.
	Papel Mezclado	Varias mezclas de papel limpio, incluyendo papel de periódico, revistas.
	Cartón	
	Envases Tetra pack <sup>1</sup>	
<b>Vidrio</b>	Botellas y recipientes de vidrio blanco, verde y ámbar	Recipientes de comidas, farmacéuticos y bebidas
	Vidrio Plano	Vidrio de ventanas y espejos.
<b>Metales en general</b>	Materiales ferrosos (artículos domésticos) y otros Metales no férreos.	Latas de cervezas y refrescos
<b>Misceláneos</b>	Otros elementos de naturaleza variada no mencionadas en las categorías anteriores.	Pañales, cables, llantas de bicicleta, papel Higiénico, textiles.

<sup>1</sup> A pesar de estar conformado por tres componentes (plástico, cartón y aluminio), el presente estudio lo ha considerado como cartón en base a su constituyente dominante.

### **3.5.4.3. Actividades en oficina luego de las salidas de campo**

En oficina se tabularon los datos obtenidos en campo los cuales se encuentran en el anexo II de este trabajo. Además se procesó los datos registrados por el GPS con ayuda del software libre Quantum-Gis 1.8.0. y el software ArcGIS 10.1.

Al procesar la información registrada en campo, se obtuvo 6 mapas que muestran la ruta seguida por el camión recolector y la ubicación los 10 puntos muestreados, además se cuenta con mapas en donde es posible visualizar los resultados de composición de los desechos (%) de cada micro-ruta estudiada, esta información está disponible el anexo III del presente trabajo.

## **3.6. Puntos de muestreo**

### **3.6.1. Selección de un punto de muestreo**

Se tomaron 10 puntos para el muestreo en cada micro-ruta, con la finalidad que los diez puntos muestreados representen a la micro-ruta en estudio. Estos puntos de muestreo fueron elegidos en campo bajo los siguientes criterios;

- Elección aleatoria de acuerdo a la distribución de los sitios de presentación en el trayecto.
- Puntos espacialmente distribuidos a lo largo de toda la micro-ruta.

- Cantidad suficiente de desechos en el punto para poder tomar 5 muestras o sacos.

Es práctica común de la población disponer sus desechos en las esquinas de las bocacalles dando lugar a montones de desechos generados por más de un hogar. Muchos de estos montos fueron considerados para el muestreo por disponer de suficiente cantidad de desechos para tomar las muestras.

### 3.6.2. Características de un punto de muestreo

Las características de los desechos encontrados en cada punto de muestreo dependen de las fuentes de generación;

**Tabla XXXII.** Tipo de desechos encontrados en los puntos de muestreo.

<b>Lugares cercanos al punto</b>	<b>Tipo de desecho</b>
Casas	Restos de actividades del hogar; envases, restos de comida, periódicos, etc.
Parques	Pasto; hojas de árboles, ramas, etc.
Mercados informales	Cascaras de frutas y verduras
Locales comerciales	Cartones, fundas plásticas, empaques, etc.

Se pudo evidenciar además visualmente el tipo de desecho generado en cada una de las 6 micro-rutas muestreadas, en los estratos bajos como



Sergio Toral e Isla Trinitaria se notan hacinamientos con gran presencia de materiales orgánicos, en la micro-ruta del centro hay abundancia de cartón y plástico, mientras que en las micro-rutas de Ceibos, Alborada y Centenario la composición fue similar a valores típicos, ya que a simple vista no se notó algún material predominante.

### **3.6.3. Cantidad de muestras por cada punto**

Por cada punto se tomaron 4 muestras, con 10 puntos de muestreo obteniendo un total de 40 puntos por cada micro-ruta. Este valor no siempre fue posible obtener, debido a que algunas muestras fueron dañadas durante su transporte hasta el relleno hasta el relleno sanitario lugar donde se efectuó la separación de los desechos en sus componentes.

El daño en algunas muestras se debió a que el camión recolector en su trayecto, realiza una serie de compactaciones para reducir el volumen de carga que lleva consigo, provocando que algunos saquillos se rompan, aquellas muestras se contaron como no válidas.

### **3.7. Sistema de recolección actual**

La recolección de residuos sólidos se realiza de puerta a puerta y/o desde un punto fijo de recolección, donde los usuarios del servicio presentan sus fundas en los lugares asignados para este fin.

Las áreas son servidas predominantemente por camiones recolectores compactadores. En áreas en donde los camiones recolectores no pueden ingresar ya sea por mal estado o estrechez de las vías de acceso, se procede en ocasiones a proveer el servicio mediante volquetas. Esta modalidad fue concebida con el afán de brindar el servicio a aquellas poblaciones asentadas en sectores urbanos marginales.

El consorcio Puerto Limpio cuenta con un total de 135 vehículos de los cuales 82 son dedicados a los servicios de recolección y el resto utilizados como unidades de apoyo. La flota operativa está constituida por 82 camiones recolectores marca MACK, 8 volquetas de 10m<sup>3</sup>, 16 recolectores tipo roll-on/roll-off, 1 cabezal, y 5 recolectores 4x4. La flota de apoyo está conformada por vehículos y equipos especiales que desarrollan actividades relacionadas al servicio de limpieza de la ciudad y en la asistencia inmediata a los problemas mecánicos de la flota (Consortio Puerto Limpio, 2014).

Las vehículos recolectores son despachados desde un conjunto de bodegas distribuidas a lo largo de la ciudad, con frecuencia diaria para la recolección de desechos sólidos de las diferentes micro-rutas asignadas en base al

calendario de recolección establecido. En función de los niveles de generación diarios de desechos sólidos de cada una de las micro-rutas de la ciudad, la recolección se realiza con una frecuencia diferenciada, que puede ir de un recorrido durante 3 días de la semana a dos recorridos diarios durante la semana.

Al ejecutar la recolección en cada micro-ruta los camiones recolectores nunca exceden la carga máxima permitida. A fin de coleccionar todos los desechos presentados en cada micro-ruta, generalmente el camión recolector realiza dos recorridos, con algunas excepciones en que la recolección de desechos debe ser cubierta por tres o más recorridos, sobretodo en el periodo de alta producción de desechos de la ciudad.

El camión con su carga máxima permitida procede entonces a trasladar los desechos sólidos colectados hacia el Relleno Sanitario las Iguanas, lugar en donde el camión es pesado a su ingreso y salida de las instalaciones del relleno, obteniéndose así el peso neto de desechos sólidos entregados por el camión al relleno sanitario para su disposición final.

El costo del servicio de gestión de los desechos sólidos del área servida de Guayaquil es tarifado junto a la factura de cobro de servicio eléctrico, siendo entonces diferenciado en función del gasto eléctrico del usuario.

### **3.8. Identificación de materiales potencialmente aprovechables generados en el cantón Guayaquil**

En el presente análisis se ha considerado a los residuos orgánicos como materiales con un potencial para generar biogás que luego podría ser transformado en energía eléctrica. Dentro de estos residuos están, los restos de comida, pasto, y demás desechos fácilmente degradables.

De lo que se pudo observar en las salidas de campo, existe una gran cantidad materia orgánica dispuesta actualmente en el relleno sanitario, que podría servir para hacer compostaje o generar energía, de los resultados del presente estudio, se dice que en promedio alrededor del 58% de los desechos generados en las micro-rutas estudiadas corresponden a desechos orgánicos.

En cuanto a la fracción inorgánica de los desechos, se ha considerado con potencial para el reciclaje, a materiales hechos de plástico, papel, vidrio y metal de acuerdo a la siguiente tabla.

**Tabla XXXIII.** Materiales considerados como potencialmente reciclables.

<b>Material</b>	<b>Reciclables</b>	<b>Excepciones</b>
Papel/Cartón	Cartón, papel periódico, revistas, papel bond.	Etiquetas adhesivas, papel higiénico, papel plastificado, papel carbono, papel alimentario.
Plástico	PET (botellas para agua), PE-HD/2 (botellas para refrescos), PE-BD/4 (botellas para aceite de cocina), PP/5 (sorbetes), PS/6 (cubiertos de plástico).	Combinaciones de los plásticos reciclables u otros plásticos.
Vidrio	Recipientes de vidrio blanco, verde y ámbar, frascos de remedios perfumes y productos de limpieza.	Cristal (copas, vasos), espejos, platos y formas de vidrio templado.
Metal	Metales férreos (utensilios) y no férreos.	Pilas normales y alcalinas, filtros de aire para vehículos, latas oxidadas.

En promedio alrededor del 32% de los desechos generados en las micro-rutas objeto de este estudio, corresponden a desechos que podrían ser reciclados, según los resultados del presente estudio. Durante las salidas de campo se evidencio que materiales como el papel y plástico se presentan en mayor cantidad en la micro-ruta del centro de la ciudad (27% según los resultados), es importante mencionar que existen personas que se dedican a

la recolección de materiales reciclables antes de que el camión recolector haga su paso, estas personas son llamadas en nuestro medio como “*chamberos*”, gracias a ellos se está reciclando cantidades importantes de plástico y papel.

La actividad realizada por los “*chamberos*” es informal, y lo hacen bajo ningún control por parte de las autoridades. Además estas personas se exponen al contacto con todo tipo de desechos pudiendo contraer enfermedades o daños a su cuerpo, al no usar protecciones adecuadas.

La actividad del reciclaje podría dificultarse por la compactación que realizan los camiones, ya que mezclan la fracción orgánica con la inorgánica de los desechos, humedeciendo los desechos reciclables.

# CAPÍTULO 4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

## 4.1. Resultados generales

Por cada una de las 6 micro-ruta seleccionadas se realizaron se realizaron dos salidas de muestreo, a excepción de las micro-rutas de Centro y Trinitaria, que por cuestiones operativas no se pudieron realizar.

### 4.1.1. Detalles de Rutas muestreadas

En la siguiente tabla se presentan las fechas de muestreo de las micro-rutas, así como los códigos de sub-zona, micro-ruta, y horarios de recolección.

**Tabla XXXIV.** Detalles de Rutas muestreadas

Ruta	Fecha	Sub-zona	Micro-ruta	Horario
<b>Ceibos</b>	11/04/2013	11.A	7R	Nocturno
<b>Ceibos</b>	02/05/2013	11.A	7R	Nocturno
<b>Alborada</b>	12/04/2013	10.A	1R	Nocturno
<b>Alborada</b>	10/05/2013	10.A	1R	Nocturno
<b>Centenario</b>	26/04/2013	14.A	2R	Nocturno
<b>Centenario</b>	23/05/2013	14.A	2R	Nocturno
<b>Centro</b>	10/05/2013	1.A	3R	Nocturno
<b>Sergio Toral</b>	03/05/2013	12B	----	Diurno
<b>Sergio Toral</b>	24/05/2013	12B	----	Diurno
<b>Trinitaria</b>	25/05/2013	16.A	2R	Diurno

---- no cuenta con código de identificación de micro ruta

En cada micro-ruta se analizaron 10 hacinamientos y en cada hacimiento se tomaron 4 muestras, dando un total de 40 muestras, con excepción de la micro-ruta Trinitaria que solo se muestreo en 7 hacinamientos debido a la

mayor concentración de desechos en sus puntos de recolección, es por esto que se consideró que 7 puntos eran suficientes para representar la caracterización de la micro-ruta.

**Tabla XXXV.** Numero de Muestras

<b>Ruta</b>	<b>Fecha</b>	<b>Muestras</b>	<b>Recuperadas</b>	<b>Dañadas <sup>a</sup></b>
<b>Ceibos</b>	11/04/2013	40	34	6
<b>Ceibos</b>	02/05/2013	40	37	3
<b>Alborada</b>	12/04/2013	40	33	7
<b>Alborada</b>	10/05/2013	40	32	8
<b>Centenario</b>	26/04/2013	40	35	5
<b>Centenario</b>	23/05/2013	40	37	3
<b>Centro</b>	10/05/2013	40	36	4
<b>Sergio Toral</b>	03/05/2013	40	37	3
<b>Sergio Toral</b>	24/05/2013	40	38	2
<b>Trinitaria</b>	25/05/2013	28	26	2

<sup>a</sup> Las muestras fueron dañadas por las compactaciones que realizaba el camión recolector, vehículo en el que se transportaron las muestras.



#### 4.1.2. Pesos promedios de muestras

A continuación se presentan los valores obtenidos de los pesos promedios de las muestras.

**Tabla XXXVI. Tamaño de muestra promedio**

<b>Ruta</b>	<b>Fecha</b>	<b>Peso de muestra promedio(kg)</b>
<b>Ceibos</b>	11/04/2013	8,61
<b>Ceibos</b>	02/05/2013	5,64
<b>Alborada</b>	12/04/2013	6,91
<b>Alborada</b>	10/05/2013	7,83
<b>Centenario</b>	26/04/2013	6,95
<b>Centenario</b>	23/05/2013	6.33
<b>Centro</b>	10/05/2013	8,30
<b>Sergio Toral</b>	03/05/2013	6.18
<b>Sergio Toral</b>	24/05/2013	7,84
<b>Trinitaria</b>	25/05/2013	9.38
<b>Peso de una muestra promedio:</b>		<b>7,44</b>

El peso promedio de muestra (o saquillo) general del estudio fue de 7.44 kg , a continuación los resultados de los pesos promedio por punto y composición de las 10 micro-rutas estudiadas.

- **Ceibos 11/04/13**

**Tabla XXXVII. Pesos Promedios (kg) del Sector Ceibos 11/05/13**

<b>Punto</b>	<b>Orgánicos</b>	<b>Plásticos</b>	<b>Papel</b>	<b>Vidrio</b>	<b>Metal</b>	<b>Misceláneos</b>	<b>TOTAL</b>
1	0,69	0,81	1,98	0,32	0,36	0,95	5,10
2	5,37	0,30	2,31	0,00	0,00	4,06	12,03
3	3,66	0,93	1,47	0,00	0,10	0,40	6,54
4	5,38	0,71	0,70	0,00	0,06	0,07	6,91
5	6,42	0,43	1,81	0,00	0,00	0,32	8,98
6	5,92	0,29	1,13	0,52	0,00	0,00	7,86
7	3,81	0,81	1,10	0,11	0,00	0,57	6,40
8	11,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,62
9	8,69	0,00	0,53	0,00	0,00	0,01	9,23
10	4,76	0,47	4,32	0,00	0,08	1,84	11,47
<b>Media</b>	5,63	0,47	1,53	0,09	0,06	0,82	8,61

- **Ceibos 02/05/13**

**Tabla XXXVIII. Pesos Promedios (kg) del Sector Ceibos 02/05/13**

<b>Punto</b>	<b>Orgánicos</b>	<b>Plásticos</b>	<b>Papel</b>	<b>Vidrio</b>	<b>Metal</b>	<b>Misceláneos</b>	<b>TOTAL</b>
1	0,93	1,27	1,69	0,33	0,00	0,04	4,25
2	4,25	0,03	0,53	0,00	0,07	0,70	5,59
3	3,28	0,58	0,04	0,00	0,00	1,13	5,04
4	4,41	0,41	0,40	0,00	0,00	0,83	6,05
5	4,85	0,62	0,00	0,00	0,00	0,15	5,62
6	8,90	1,49	0,11	0,41	0,00	0,00	10,92
7	4,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,51
8	2,46	1,75	0,26	0,08	0,04	0,00	4,58
9	2,05	1,28	0,60	0,06	0,03	0,00	4,00
10	1,74	2,24	1,65	0,00	0,03	0,16	5,82
<b>Media</b>	3,74	0,97	0,53	0,09	0,02	0,30	5,64

- Alborada 12/04/13

**Tabla XXXIX. Pesos Promedios (kg) del Sector Alborada 12/04/13**

Punto	Orgánicos	Plásticos	Papel	Vidrio	Metal	Misceláneos	TOTAL
1	0,75	0,78	0,23	0,00	0,03	0,60	2,38
2	3,17	1,06	0,43	0,28	0,13	0,54	5,61
3	7,40	1,03	0,96	0,12	0,03	0,16	9,70
4	2,98	1,65	0,95	0,11	0,08	0,23	6,01
5	2,28	0,80	0,79	0,47	0,09	0,91	5,34
6	6,15	1,08	0,54	0,13	0,00	0,36	8,26
7	4,48	1,06	1,00	0,10	0,03	0,14	6,79
8	6,00	0,93	0,79	0,00	0,00	0,96	8,69
9	4,29	1,34	0,40	0,06	0,03	1,25	7,37
10	6,42	1,54	0,63	0,18	0,00	0,15	8,93
<b>Media</b>	4,39	1,13	0,67	0,15	0,04	0,53	6,91

- Alborada 10/05/13

**Tabla XL. Pesos Promedios (kg) del Sector Alborada 10/05/13**

Punto	Orgánicos	Plásticos	Papel	Vidrio	Metal	Misceláneos	TOTAL
1	5,52	2,87	1,92	0,00	0,00	0,00	10,30
2	6,78	1,91	0,71	0,12	0,04	1,11	10,67
3	2,71	5,09	0,75	0,00	0,07	0,04	8,67
4	4,58	2,50	0,97	0,00	0,11	0,00	8,15
5	4,71	1,09	0,77	0,12	0,05	0,71	7,44
6	4,18	1,29	0,72	0,00	0,00	0,00	6,19
7	1,52	2,05	1,12	0,00	0,28	0,00	4,96
8	3,95	2,43	1,26	0,00	0,16	0,00	7,80
9	3,66	0,80	4,97	0,00	0,00	0,00	9,43
10	3,39	0,62	0,62	0,00	0,07	0,00	4,70
<b>Media</b>	4,10	2,06	1,38	0,02	0,08	0,19	7,83

- **Centenario 26/04/13**

**Tabla XLI.** Pesos Promedios (kg) del Sector Centenario 26/04/13

<b>Punto</b>	<b>Orgánicos</b>	<b>Plásticos</b>	<b>Papel</b>	<b>Vidrio</b>	<b>Metal</b>	<b>Misceláneos</b>	<b>TOTAL</b>
<b>1</b>	2,52	1,05	1,44	0,00	0,33	0,42	5,75
<b>2</b>	4,30	1,19	0,66	0,00	0,26	0,78	7,17
<b>3</b>	2,59	1,57	1,04	0,26	0,21	0,63	6,30
<b>4</b>	3,02	0,92	0,93	0,00	0,31	0,20	5,36
<b>5</b>	3,40	1,12	0,88	0,53	0,13	1,24	7,29
<b>6</b>	4,03	1,69	1,44	0,00	0,27	0,36	7,78
<b>7</b>	4,11	1,46	0,87	0,00	0,00	0,45	6,89
<b>8</b>	2,38	1,37	0,90	0,00	0,17	0,89	5,70
<b>9</b>	2,24	2,00	1,32	0,30	0,00	0,96	6,82
<b>10</b>	6,18	2,00	0,44	0,34	0,21	1,28	10,45
<b>Media</b>	3,48	1,43	0,99	0,14	0,19	0,72	6,95

- **Centenario 23/05/13**

**Tabla XLII.** Pesos Promedios (kg) del Sector Centenario 23/05/13

<b>Punto</b>	<b>Orgánicos</b>	<b>Plásticos</b>	<b>Papel</b>	<b>Vidrio</b>	<b>Metal</b>	<b>Misceláneos</b>	<b>TOTAL</b>
<b>1</b>	4,37	0,73	1,08	0,00	0,00	0,99	7,16
<b>2</b>	3,77	0,93	1,37	0,44	0,78	0,90	8,19
<b>3</b>	2,63	1,51	0,67	0,16	0,00	1,75	6,71
<b>4</b>	3,51	1,30	1,40	0,00	0,41	0,00	6,62
<b>5</b>	4,30	1,27	0,72	0,00	0,00	0,00	6,29
<b>6</b>	4,08	1,36	0,58	0,00	0,00	1,23	7,25
<b>7</b>	2,93	0,63	0,75	0,00	0,00	0,06	4,37
<b>8</b>	1,61	1,02	0,27	0,00	0,00	0,00	2,91
<b>9</b>	4,63	1,53	0,75	0,00	0,00	0,29	7,20
<b>10</b>	4,09	0,86	0,87	0,28	0,28	0,26	6,64
<b>Media</b>	3,59	1,11	0,85	0,09	0,15	0,55	6,33

- **Centro 10/05/13**

**Tabla XLIII. Pesos Promedios (kg) del Sector Centro 10/05/13**

<b>Punto</b>	<b>Orgánicos</b>	<b>Plásticos</b>	<b>Papel</b>	<b>Vidrio</b>	<b>Metal</b>	<b>Misceláneos</b>	<b>TOTAL</b>
1	1,28	1,12	1,48	0,64	0,00	0,00	4,52
2	8,53	3,62	0,79	0,00	0,04	0,00	12,98
3	6,57	0,86	0,62	0,00	0,00	0,00	8,05
4	0,49	1,77	2,84	0,00	0,28	0,12	5,49
5	13,95	4,31	1,27	0,00	0,00	0,00	19,53
6	1,26	1,61	1,73	0,68	0,08	0,12	5,47
7	0,43	2,36	0,51	0,70	0,00	0,00	3,99
8	4,25	3,59	1,11	0,63	0,25	0,00	9,82
9	5,43	1,60	0,58	1,28	0,00	0,48	9,37
10	0,55	0,99	1,54	0,24	0,07	0,34	3,73
<b>Media</b>	<b>4,27</b>	<b>2,18</b>	<b>1,25</b>	<b>0,42</b>	<b>0,07</b>	<b>0,11</b>	<b>8,30</b>

- **Sergio Toral 03/05/13**

**Tabla XLIV. Pesos Promedios (kg) del Sector Sergio Toral 03/05/13**

<b>Punto</b>	<b>Orgánicos</b>	<b>Plásticos</b>	<b>Papel</b>	<b>Vidrio</b>	<b>Metal</b>	<b>Misceláneos</b>	<b>TOTAL</b>
1	4,62	0,89	1,08	0,00	0,00	0,99	7,58
2	3,77	0,93	1,37	0,11	0,20	0,23	6,60
3	2,63	1,51	0,92	0,08	0,00	0,88	6,01
4	4,01	1,55	1,40	0,00	0,21	0,00	7,17
5	4,30	1,27	0,72	0,00	0,00	0,00	6,29
6	4,08	1,36	0,58	0,00	0,00	0,93	6,94
7	3,60	0,63	0,75	0,00	0,00	0,02	4,99
8	1,61	1,02	0,61	0,00	0,00	0,00	3,24
9	4,63	1,53	0,75	0,00	0,00	0,15	7,06
10	4,03	0,86	0,87	0,07	0,07	0,07	5,96
<b>Media</b>	<b>3,73</b>	<b>1,15</b>	<b>0,90</b>	<b>0,03</b>	<b>0,05</b>	<b>0,32</b>	<b>6,18</b>

- **Sergio Toral 24/05/13**

**Tabla XLV. Pesos Promedios (kg) del Sector Sergio Toral 24/05/13**

<b>Punto</b>	<b>Orgánicos</b>	<b>Plásticos</b>	<b>Papel</b>	<b>Vidrio</b>	<b>Metal</b>	<b>Misceláneos</b>	<b>TOTAL</b>
<b>1</b>	6,13	1,29	0,85	0,05	0,09	0,80	9,21
<b>2</b>	4,87	1,14	0,44	0,27	0,00	0,90	7,62
<b>3</b>	4,31	1,14	0,81	0,17	0,16	1,44	8,02
<b>4</b>	5,14	0,76	0,68	0,00	0,08	0,96	7,60
<b>5</b>	4,20	1,04	0,42	0,16	0,29	0,88	6,98
<b>6</b>	6,12	0,99	0,63	0,19	0,10	0,67	8,69
<b>7</b>	2,66	1,38	0,49	0,30	0,14	1,93	6,89
<b>8</b>	3,30	1,59	0,52	0,21	0,18	1,50	7,28
<b>9</b>	5,23	0,97	0,54	0,00	0,20	1,01	7,96
<b>10</b>	4,39	1,02	0,79	0,00	0,28	1,65	8,12
<b>Media</b>	4,63	1,13	0,61	0,14	0,15	1,17	7,84

- **Trinitaria 02/05/13**

**Tabla XLVI. Pesos Promedios (kg) del Sector Trinitaria 02/05/13**

<b>Punto</b>	<b>Orgánicos</b>	<b>Plásticos</b>	<b>Papel</b>	<b>Vidrio</b>	<b>Metal</b>	<b>Misceláneos</b>	<b>TOTAL</b>
<b>1</b>	7,13	1,95	0,00	0,00	0,00	1,78	10,86
<b>2</b>	6,20	1,77	0,39	0,68	0,00	2,71	11,75
<b>3</b>	4,94	1,48	0,00	0,15	0,00	3,00	9,57
<b>4</b>	6,32	1,15	0,00	0,00	0,00	0,70	8,16
<b>5</b>	4,29	1,41	0,00	0,14	0,00	1,71	7,55
<b>6</b>	3,59	1,24	0,34	0,22	0,00	1,74	7,12
<b>7</b>	5,79	1,10	1,34	0,14	0,00	2,31	10,67
<b>Media</b>	5,46	1,44	0,30	0,19	0,00	1,99	9,38

## **4.2. Análisis Estadístico**

Los datos recolectados se los analizaron teniendo consideraciones en las variabilidades que presentaban los datos, por lo consiguiente se realizaron dos análisis, el primero considerándolos porcentajes por punto , es decir teniendo en cuenta la variabilidad de los valores recolectados con respecto a su ubicación o espacio ,y el siguiente análisis que se realizo fue en el que se consideró todas las muestras como una sola para conseguir un valor referencial por ruta .

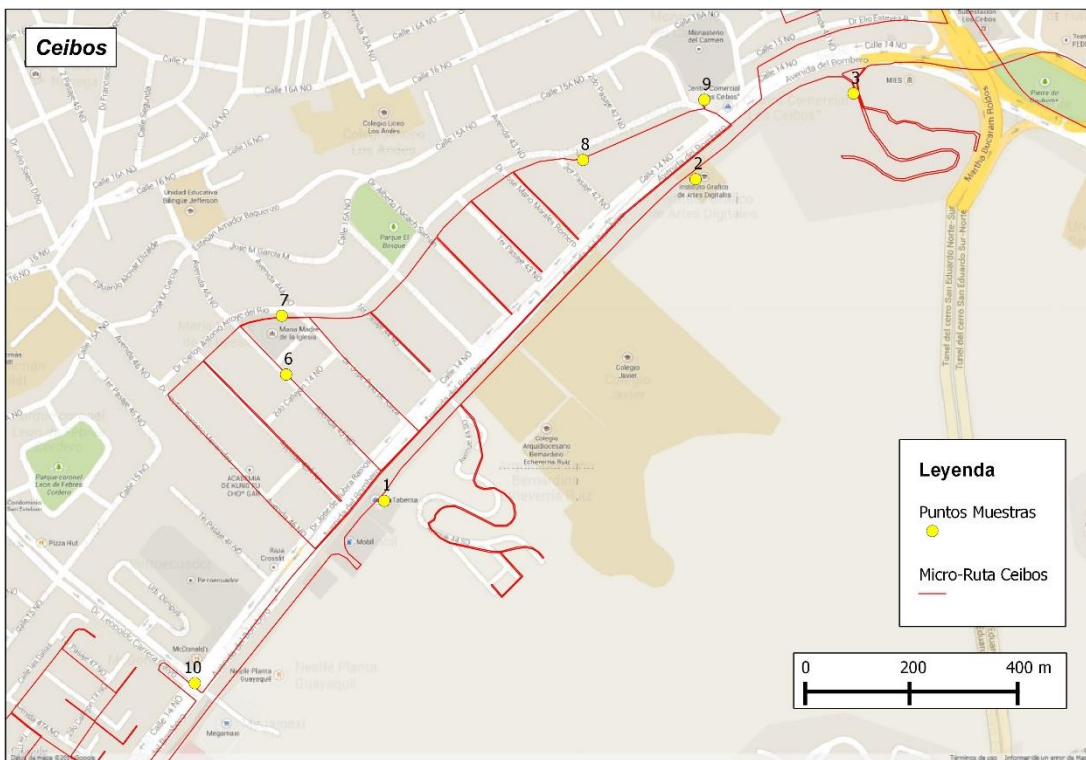
### **4.2.1. Análisis por Punto.**

El análisis por punto evaluó la variación de los porcentajes de contenidos obtenidos por punto.

En este análisis se lo realizo primero independientemente con cada punto de la micro-ruta, sumando los cuatro valores de las muestras y considerándolas como una sola, a la cual se la dividió en porcentajes de composición

- **Micro- Ruta Ceibos**

En términos generales esta ruta en su mayoría es zona residencial, aunque se observó diversos locales comerciales, tales como parques, restaurantes, gasolineras, etc., debido una avenida principal que atraviesa la micro-ruta.



**Figura 35.** Ubicación de los 10 puntos muestreados. Ceibos.

Se observó la presencia de por lo menos 100 puntos de recolección constituidos por pequeños hacinamientos de residuos residenciales, también de observó hacimientos voluminosos de residuos comerciales en lugares públicos

Se seleccionaron 10 muestras representativas de la micro- ruta Ceibos



como se presentan en la siguiente figura.

**Tabla XLVII.** Puntos Seleccionados para muestreo. Ceibos

<b>Punto</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Referencia</b>	<b>Tipo</b>
<b>1</b>	618177	9760148	Ceibos Center	Comercial
<b>2</b>	618762	9760749	Instituto Gráfico de Artes Digitales	Comercial
<b>3</b>	619059	9760908	Ciudadela "Bimbambu"	Residencial
<b>4</b>	618978	9761125	Fabrica	Comercial
<b>5</b>	618904	9761099	Residencias	Residencial
<b>6</b>	617992	9760384	Residencias	Residencial
<b>7</b>	617984	9760494	Iglesia María Madre	Comercial
<b>8</b>	618551	9760785	Residencias	Residencial
<b>9</b>	618779	9760897	Centro Comercial Ceibos	Comercial
<b>10</b>	617820	9759808	Mc Donald's	Comercial

**Tabla XLVIII.** Porcentajes por composición (%) del Sector Ceibos 11/04/13

<b>Punto</b>	<b>Orgánicos</b>	<b>Plásticos</b>	<b>Papel</b>	<b>Vidrio</b>	<b>Metal</b>	<b>Misceláneos</b>	<b>TOTAL</b>
<b>1</b>	13,23	22,78	47,61	7,31	3,84	5,23	100,00
<b>2</b>	41,30	3,33	30,38	0,00	0,00	25,00	100,00
<b>3</b>	55,82	19,84	17,61	0,00	0,78	5,96	100,00
<b>4</b>	85,91	8,74	4,49	0,00	0,54	0,31	100,00
<b>5</b>	77,50	3,72	17,54	0,00	0,00	1,24	100,00
<b>6</b>	75,32	3,69	14,38	6,62	0,00	0,00	100,00
<b>7</b>	59,72	9,28	25,45	1,09	0,00	4,45	100,00
<b>8</b>	3,06	2,79	88,13	0,00	0,48	5,53	100,00
<b>9</b>	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
<b>10</b>	95,95	0,00	3,94	0,00	0,00	0,12	100,00
<b>Media</b>	60,78	7,42	24,95	1,50	0,56	4,78	100,00

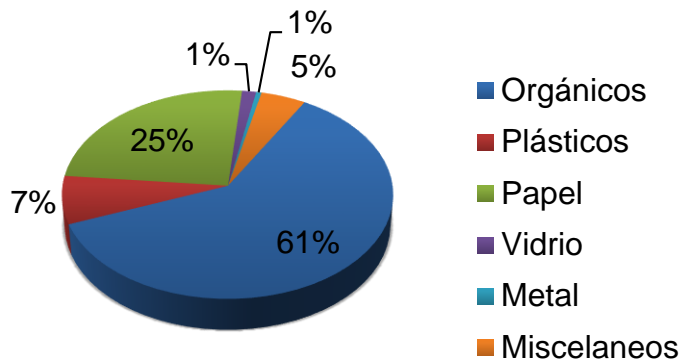
**Tabla XLIX.** Porcentajes por composición (%) del Sector Ceibos 02/05/13

<b>Punto</b>	<b>Orgánicos</b>	<b>Plásticos</b>	<b>Papel</b>	<b>Vidrio</b>	<b>Metal</b>	<b>Misceláneos</b>	<b>TOTAL</b>
<b>1</b>	16,67	30,21	45,67	6,82	0,00	0,63	100,00
<b>2</b>	73,80	0,66	10,54	0,00	1,29	13,70	100,00
<b>3</b>	54,90	13,45	1,35	0,00	0,00	30,31	100,00
<b>4</b>	72,17	6,18	6,86	0,00	0,00	14,80	100,00
<b>5</b>	79,42	17,05	0,00	0,00	0,00	3,53	100,00
<b>6</b>	79,21	12,90	1,43	6,46	0,00	0,00	100,00
<b>7</b>	10,07	48,11	38,75	0,00	0,41	2,66	100,00
<b>8</b>	53,04	38,35	6,37	1,43	0,81	0,00	100,00
<b>9</b>	42,70	36,00	18,12	2,14	1,03	0,00	100,00
<b>10</b>	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
<b>Media</b>	58,20	20,29	12,91	1,68	0,36	6,56	100,00

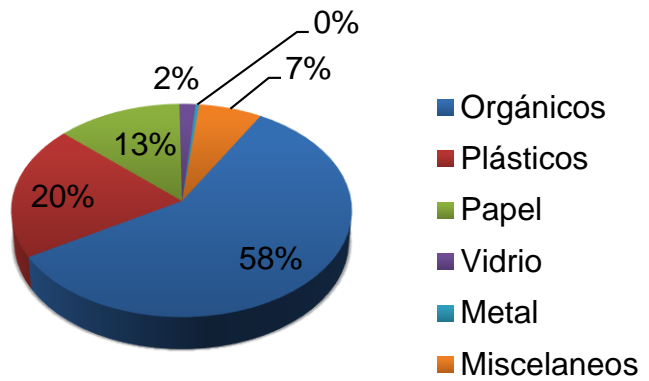
En la micro-ruta tiene una gran variabilidad entre los porcentajes de orgánicos y plásticos ya que se obtuvo dos puntos, el 9 y 10, con contenidos de orgánicos considerablemente altos con respecto a los demás.

Esto se representa el tipo de producción que tienen los dos últimos puntos de muestreo, que son hacimientos generados por restaurantes que se encuentran en zona comercial. Por otra parte también se puede observar que algunos porcentajes de orgánicos disminuyeron en la segunda salida dando lugar a un pequeño aumento del porcentaje de plásticos.

**Figura 36.** Porcentajes por composición (%) del Sector Ceibos 11/04/13.1

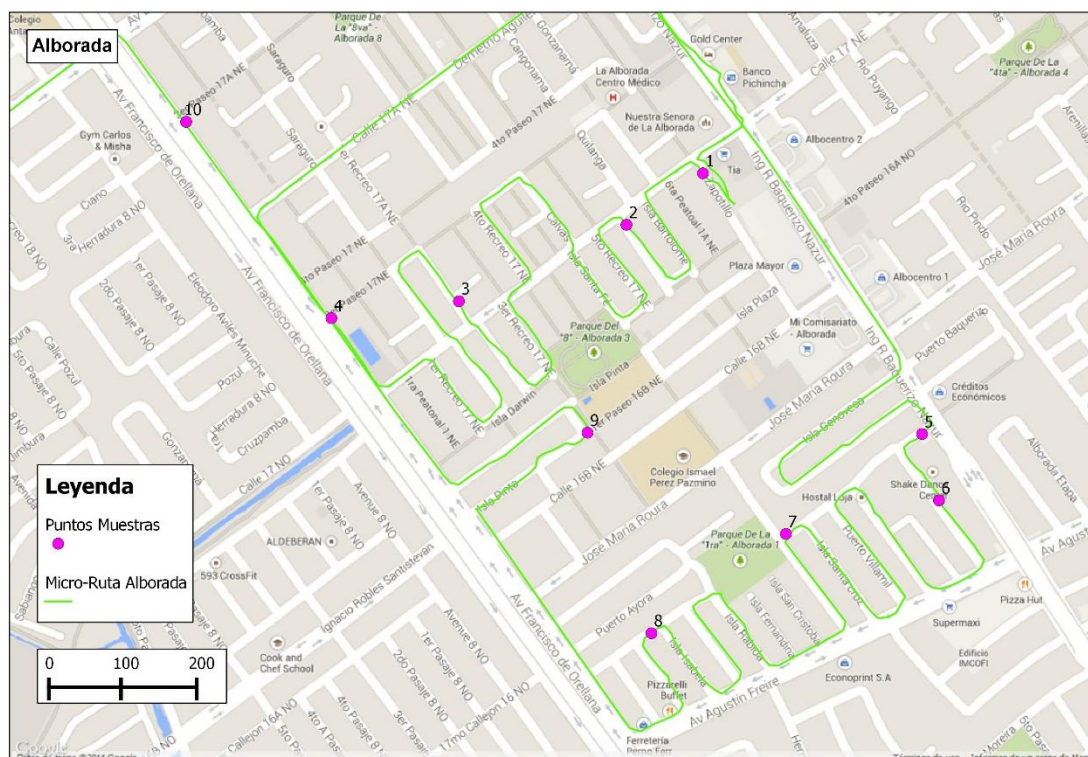


**Figura 37.** Porcentajes por composición (%) del Sector Ceibos 02/05/13



- **Micro-ruta Alborada**

La micro- ruta Alborada atraviesa un sector densamente poblado, por lo que en su generación es mayormente por los sectores residenciales, sin embargo existen 4 puntos comerciales.



**Figura 38.** Ubicación de los 10 puntos muestreados. Alborada.

Se observó la presencia de grandes cantidades de pequeños hacimientos de residuos residenciales, también se observó grandes hacimientos de residuos comerciales en lugares públicos

Se seleccionaron 10 muestras representativas de la micro- ruta Alborada como se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla L.** Puntos Seleccionados para muestreo. Alborada

<b>Punto</b>	<b>x</b>	<b>y</b>	<b>Referencia</b>	<b>Tipo</b>
1	622445	9763417	Centro Comercial Tía	Comercial
2	622344	9763350	Residencias	Residencial
3	622122	9763249	Residencias	Residencial
4	621953	9763227	Residencias	Residencial
5	622734	9763075	Pollo Gus	Comercial
6	622757	9762987	Residencias	Residencial
7	622554	9762943	Parque	Comercial
8	622376	9762813	Residencias	Residencial
9	622292	9763077	Residencias	Residencial
10	621761	9763485	Restaurante	Comercial

**Tabla LI.** Porcentajes por composición (%) del Sector Alborada 12/04/13

<b>Punto</b>	<b>Orgánicos</b>	<b>Plásticos</b>	<b>Papel</b>	<b>Vidrio</b>	<b>Metal</b>	<b>Misceláneos</b>	<b>TOTAL</b>
1	28,77	32,26	16,00	0,00	2,26	20,72	100,00
2	49,26	25,11	6,99	7,52	2,01	9,11	100,00
3	77,01	10,54	9,21	1,10	0,34	1,80	100,00
4	49,24	27,47	15,89	1,96	1,47	3,97	100,00
5	72,93	13,86	7,38	1,71	0,00	4,13	100,00
6	42,63	15,25	15,03	8,91	1,92	16,26	100,00
7	64,22	17,01	15,02	1,44	0,36	1,95	100,00
8	67,98	11,07	10,35	0,00	0,00	10,60	100,00
9	57,69	18,75	7,94	0,62	0,38	14,61	100,00
10	73,45	16,13	7,06	1,65	0,00	1,71	100,00
<b>Media</b>	58,32	18,75	11,09	2,49	0,87	8,48	100,00

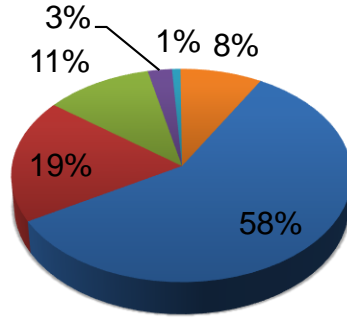
**Tabla LII.** Porcentajes por composición (%) del Sector Alborada 10/05/13

<b>Punto</b>	<b>Orgánicos</b>	<b>Plásticos</b>	<b>Papel</b>	<b>Vidrio</b>	<b>Metal</b>	<b>Misceláneos</b>	<b>TOTAL</b>
<b>1</b>	53,69	22,03	24,28	0,00	0,00	0,00	100,00
<b>2</b>	56,33	19,97	8,38	0,86	0,23	14,22	100,00
<b>3</b>	35,43	52,89	10,45	0,00	0,83	0,40	100,00
<b>4</b>	56,52	28,89	13,34	0,00	1,26	0,00	100,00
<b>5</b>	60,50	16,51	10,97	3,00	1,15	7,87	100,00
<b>6</b>	67,26	20,52	12,22	0,00	0,00	0,00	100,00
<b>7</b>	30,30	42,16	22,70	0,00	4,83	0,00	100,00
<b>8</b>	50,49	30,36	17,47	0,00	1,68	0,00	100,00
<b>9</b>	42,37	10,04	47,59	0,00	0,00	0,00	100,00
<b>10</b>	67,03	15,43	15,43	0,00	2,11	0,00	100,00
<b>Media</b>	51,99	25,88	18,29	0,39	1,21	2,25	100,00

Se observó una distribución más uniforme de los porcentajes orgánicos obtenidos, ya que los valores no se encuentran alejados de la media de 51.99, de la misma manera ocurre con los porcentajes de plástico.

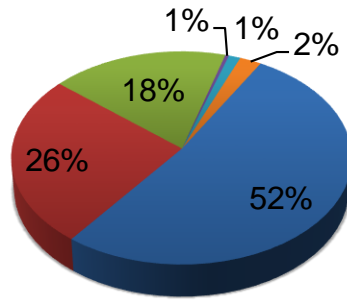
En general el valor de 51 % representa una alta generación de residuos orgánicos, pero es justificable debido a que es un sector considerado en un socio-económico alto.

**Figura 39.** Porcentajes por composición (%) del Sector Alborada 12/04/13



- Orgánicos
- Plásticos
- Papel
- Vidrio
- Metal
- Miscelaneos

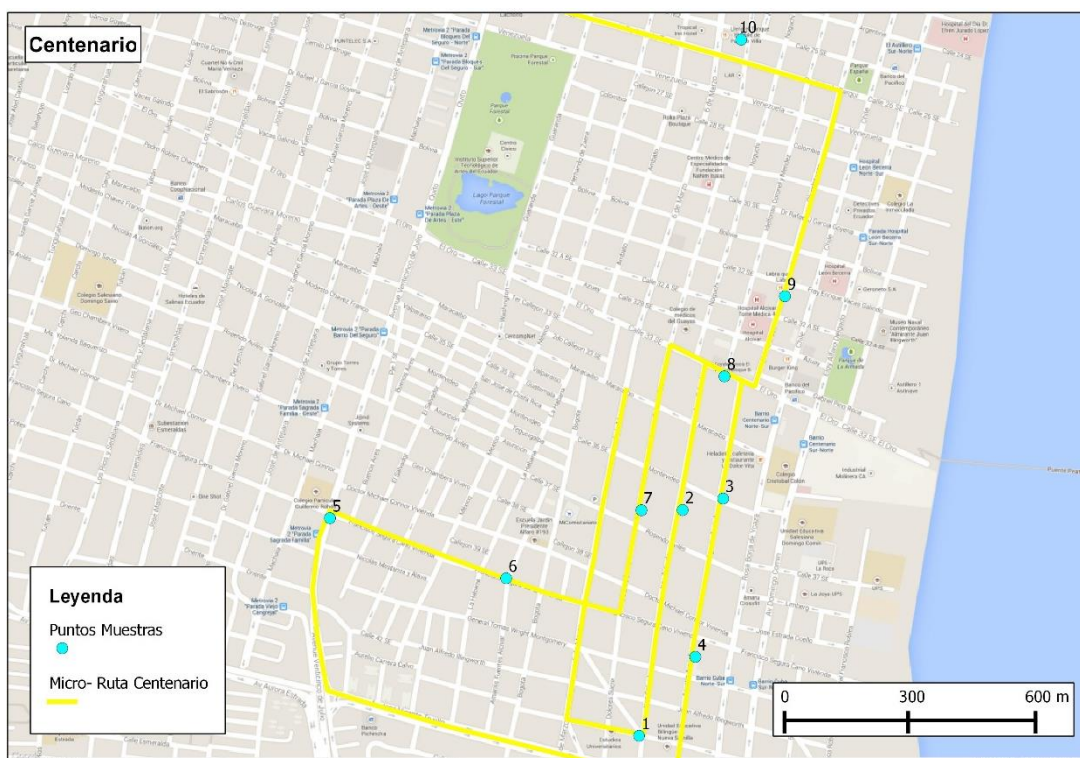
**Figura 40.** Porcentajes por composición (%) del Sector Alborada 10/05/13



- Orgánicos
- Plásticos
- Papel
- Vidrio
- Metal
- Miscelaneos

- **Micro-Ruta Centenario**

El sector centenario que fue considerado en nivel socioeconómico medio, presentó gran cantidad de hacimientos de origen comercial, la mayoría de estos residuos provenían de Unidades Educativas.



**Figura 41.** Ubicación de los 10 puntos muestreados. Centenario.

Se observó la presencia de grandes cantidades de residuos comerciales, aunque también se considero la producción de las zonas residenciales de la micro-ruta.

Se seleccionaron 10 muestras representativas de la micro-ruta Centenario como se presentan en la siguiente tabla:



**Tabla LIII.** Puntos Seleccionados para muestreo. Centenario

<b>Punto</b>	<b>X</b>	<b>y</b>	<b>Referencia</b>	<b>Tipo</b>
1	623229	9754187	Colegio Nueva Semilla	Comercial
2	623333	9754719	Residencias	Residencial
3	623429	9754746	Residencias	Residencial
4	623363	9754373	Residencias	Residencial
5	622494	9754701	Área de Salud # 3	Comercial
6	622913	9754559	Unidad Educativa	Comercial
7	623235	9754719	Liceo Panamericano	Comercial
8	623432	9755034	Radio Universal	Comercial
9	623576	9755223	Colegio Bellas Artes	Comercial
10	623473	9755828	Residencias	Residencial

**Tabla LIV.** Porcentajes por composición (%) del Sector Centenario  
26/04/13

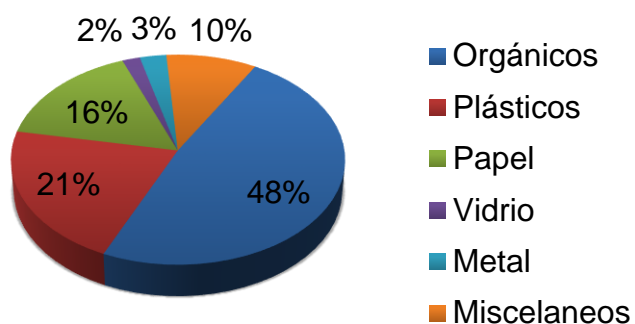
<b>Punto</b>	<b>Orgánicos</b>	<b>Plásticos</b>	<b>Papel</b>	<b>Vidrio</b>	<b>Metal</b>	<b>Misceláneos</b>	<b>TOTAL</b>
1	43,74	18,22	25,20	0,00	5,86	6,98	100,00
2	60,02	16,63	9,07	0,00	3,64	10,64	100,00
3	40,59	25,04	16,87	3,99	3,24	10,28	100,00
4	48,83	19,46	20,52	0,00	5,83	5,37	100,00
5	47,22	16,36	14,01	6,44	1,48	14,48	100,00
6	49,23	21,63	20,63	0,00	4,18	4,33	100,00
7	59,30	21,34	12,53	0,00	0,00	6,83	100,00
8	41,41	25,78	17,60	0,00	2,16	13,05	100,00
9	34,03	29,06	19,80	4,12	0,00	12,99	100,00
10	59,65	18,78	5,44	4,19	1,62	10,32	100,00
<b>Media</b>	48,40	21,23	16,17	1,87	2,80	9,53	100,00

**Tabla LV.** Porcentajes por composición (%) del Sector Centenario 23/05/13

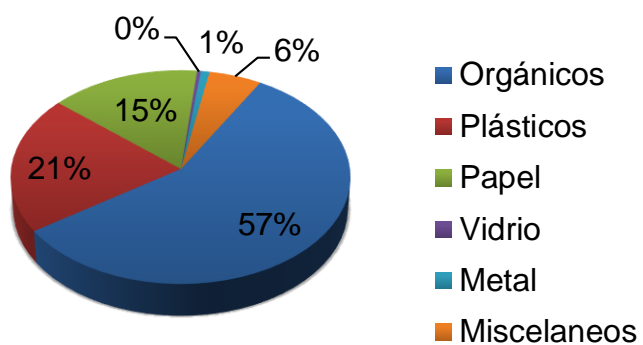
<b>Punto</b>	<b>Orgánicos</b>	<b>Plásticos</b>	<b>Papel</b>	<b>Vidrio</b>	<b>Metal</b>	<b>Misceláneos</b>	<b>TOTAL</b>
<b>1</b>	59,74	11,20	15,67	0,00	0,00	13,39	100,00
<b>2</b>	44,13	13,54	29,38	0,87	4,00	8,06	100,00
<b>3</b>	44,74	25,38	11,82	1,54	0,00	16,53	100,00
<b>4</b>	50,48	21,28	24,34	0,00	3,90	0,00	100,00
<b>5</b>	61,25	25,02	13,72	0,00	0,00	0,00	100,00
<b>6</b>	59,25	21,88	7,27	0,00	0,00	11,59	100,00
<b>7</b>	61,07	17,09	21,05	0,00	0,00	0,79	100,00
<b>8</b>	55,85	35,15	9,00	0,00	0,00	0,00	100,00
<b>9</b>	68,18	22,44	6,81	0,00	0,00	2,57	100,00
<b>10</b>	67,30	14,83	14,23	1,47	0,95	1,21	100,00
<b>Media</b>	57,20	20,78	15,33	0,39	0,89	5,42	100,00

Se pudo ver que el porcentaje de residuos orgánicos es variable en los distintos puntos de recolección, de manera diferente los porcentajes obtenidos de plásticos y papeles,

**Figura 42.** Porcentajes por composición (%) del Sector Centenario  
26/04/13

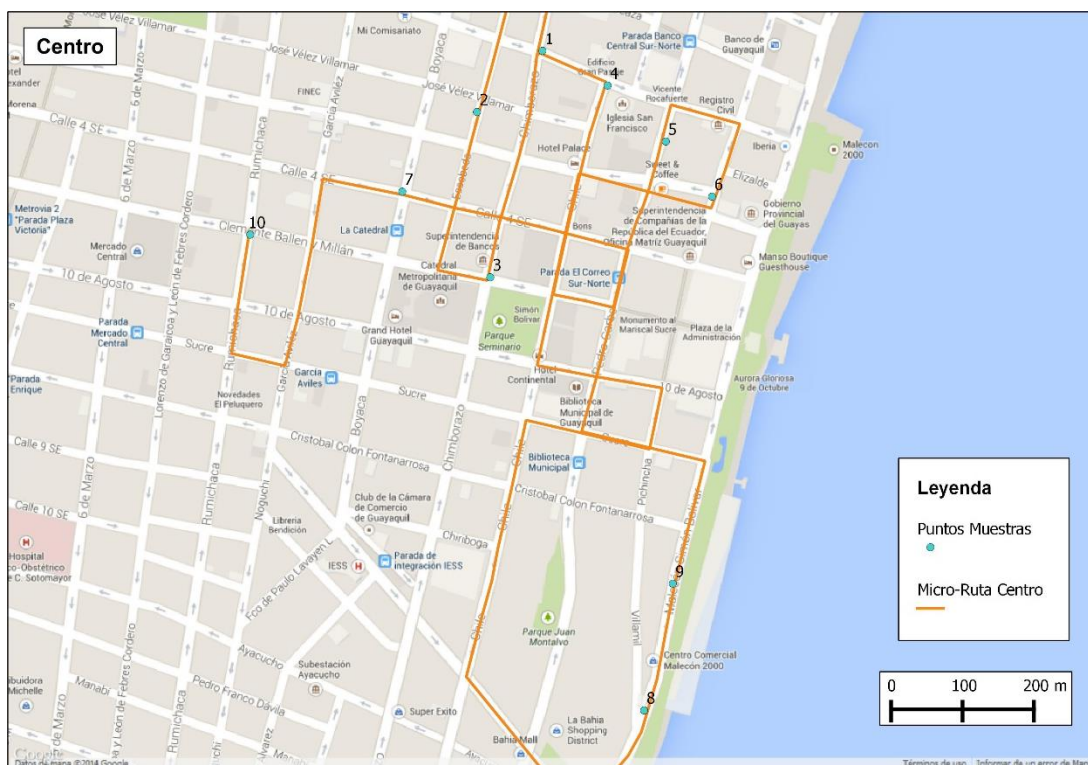


**Figura 43.** Porcentajes por composición (%) del Sector Centenario  
23/05/13



- **Micro-Ruta Centro**

El Sector del Centro presenta algunas singularidades, debido a que en su totalidad es un sector comercial, es por esto que la producción de residuos que produce difiere en composición, de otros sectores de la ciudad.



**Figura 44.** Ubicación de los 10 puntos muestreados. Centro.

A diferencia de las otras micro-rutas, en este sector se pudo observar los hacimientos con más concentraciones del estudio, debido a que la micro-ruta cruza por el centro comercial de la ciudad, que de comúnmente es llamado el sector de la “Bahía”.

Se seleccionaron 10 muestras representativas de la micro-ruta Centro

como se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla LVI. Puntos Seleccionados para muestreo. Centro**

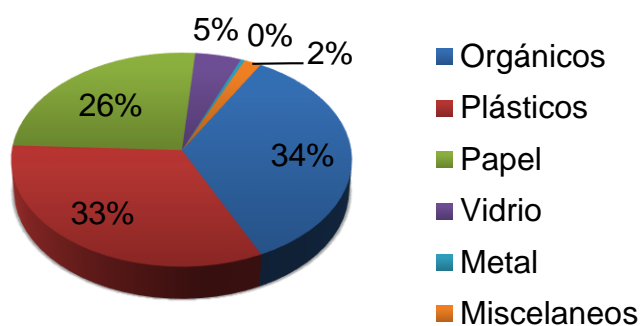
<b>Punto</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Referencia</b>	<b>Tipo</b>
1	624134	9757661	Restaurante	Comercial
2	624153	9757430	Dulcería	Comercial
3	624317	9757695	Parque	Comercial
4	624241	9757425	Etafashion	Comercial
5	624369	9757530	Mc Donald's	Comercial
6	624397	9757620	Parrillada del Ñato	Comercial
7	624369	9757547	Almacenes Boyacá	Comercial
8	624396	9756952	Bahía	Comercial
9	624029	9757551	Malecón	Comercial
10	623819	9757492	Locales Comerciales	Comercial

**Tabla LVII. Porcentajes por composición (%) del Sector Centro 10/05/13**

<b>Punto</b>	<b>Orgánicos</b>	<b>Plásticos</b>	<b>Papel</b>	<b>Vidrio</b>	<b>Metal</b>	<b>Misceláneos</b>	<b>TOTAL</b>
1	10,12	33,06	54,37	2,45	0,00	0,00	100,00
2	68,54	25,15	6,23	0,00	0,08	0,00	100,00
3	77,15	11,88	10,97	0,00	0,00	0,00	100,00
4	2,93	33,79	61,06	0,00	1,20	1,03	100,00
5	80,01	16,22	3,77	0,00	0,00	0,00	100,00
6	22,63	37,81	29,33	7,66	0,49	2,09	100,00
7	11,25	62,58	14,39	11,77	0,00	0,00	100,00
8	36,10	34,50	17,97	9,41	2,03	0,00	100,00
9	24,36	41,06	16,17	13,21	0,00	5,19	100,00
10	12,79	31,91	42,21	3,49	0,40	9,20	100,00
<b>Media</b>	34,59	32,79	25,65	4,80	0,42	1,75	100,00

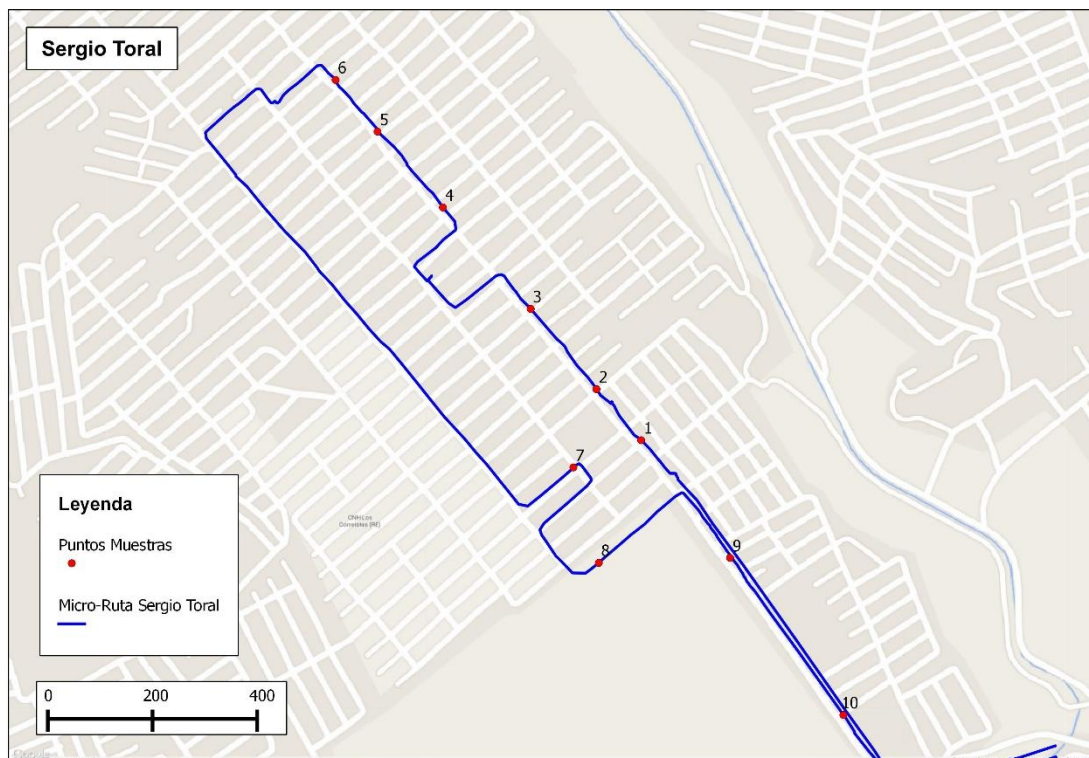
El porcentaje de la producción de residuos orgánicos por punto en lo general fue baja muy cerca de la media de 34,59%, pero se pueden ver porcentajes considerables de plásticos y papel, y esto es debido a la gran cantidad de locales comerciales.

**Figura 45.** Porcentajes por composición (%) del Sector Centro 10/05/13.



- **Micro-Ruta Sergio Toral**

El sector de Sergio toral se encuentra ubicado en una zona marginal de Guayaquil, por lo que se dificultó un poco la ubicación de la micro ruta por que las calles no tienen nombre , además algunas calles estaban recién siendo asfaltadas por lo que para los recolectores era difícil el trabajo de recolección en ciertos puntos .



**Figura 46.** Ubicación de los 10 puntos muestreados. Sergio Toral.

Se seleccionaron 10 muestras representativas de la micro- ruta Sergio Toral como se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla LVIII.** Puntos Seleccionados para muestreo. Sergio Toral

<b>Punto</b>	<b>x</b>	<b>Y</b>	<b>Referencia</b>	<b>Tipo</b>
<b>1</b>	613149	9766186	Residencias	Residencial
<b>2</b>	613065	9766281	Residencias	Residencial
<b>3</b>	612941	9766431	Residencias	Residencial
<b>4</b>	612776	9766621	Residencias	Residencial
<b>5</b>	612653	9766763	Residencias	Residencial
<b>6</b>	612575	9766859	Residencias	Residencial
<b>7</b>	613021	9766135	Residencias	Residencial
<b>8</b>	613069	9765956	Residencias	Residencial
<b>9</b>	613316	9765966	Residencias	Residencial
<b>10</b>	613528	9765672	Residencias	Residencial

**Tabla LIX.** Porcentajes por composición (%) del Sector Sergio Toral  
03/05/13

<b>Punto</b>	<b>Orgánicos</b>	<b>Plásticos</b>	<b>Papel</b>	<b>Vidrio</b>	<b>Metal</b>	<b>Misceláneos</b>	<b>TOTAL</b>
<b>1</b>	58,96	12,94	15,15	0,00	0,00	12,95	100,00
<b>2</b>	44,13	13,54	29,38	0,87	4,00	8,06	100,00
<b>3</b>	43,26	24,20	14,80	1,54	0,00	16,20	100,00
<b>4</b>	52,86	22,70	20,54	0,00	3,90	0,00	100,00
<b>5</b>	61,25	25,02	13,72	0,00	0,00	0,00	100,00
<b>6</b>	59,25	21,88	7,27	0,00	0,00	11,59	100,00
<b>7</b>	62,34	16,34	20,53	0,00	0,00	0,79	100,00
<b>8</b>	52,54	31,92	15,54	0,00	0,00	0,00	100,00
<b>9</b>	68,18	22,44	6,81	0,00	0,00	2,57	100,00
<b>10</b>	67,30	14,83	14,23	1,47	0,95	1,21	100,00
<b>Media</b>	57,01	20,58	15,80	0,39	0,89	5,34	100,00

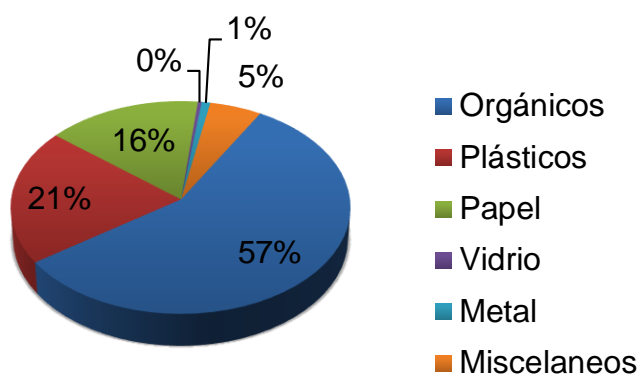


**Tabla LX.** Porcentajes por composición (%) del Sector Sergio Toral  
24/05/13

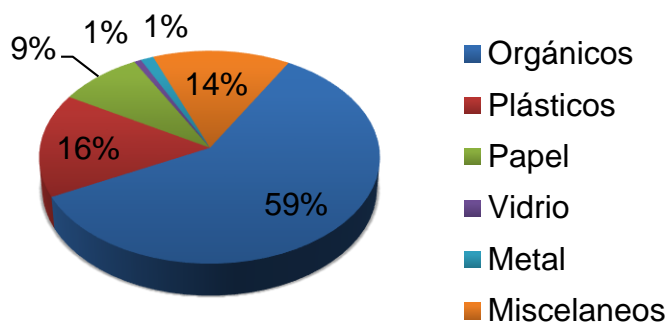
<b>Punto</b>	<b>Orgánicos</b>	<b>Plásticos</b>	<b>Papel</b>	<b>Vidrio</b>	<b>Metal</b>	<b>Misceláneos</b>	<b>TOTAL</b>
<b>1</b>	66,13	14,39	9,15	0,55	0,91	8,87	100,00
<b>2</b>	62,69	17,26	7,13	2,75	0,00	10,16	100,00
<b>3</b>	54,40	14,62	11,02	0,51	1,01	18,44	100,00
<b>4</b>	67,25	10,59	9,58	0,00	1,07	11,51	100,00
<b>5</b>	61,82	16,04	6,49	1,14	0,97	13,53	100,00
<b>6</b>	71,89	13,05	8,84	0,66	1,16	4,40	100,00
<b>7</b>	45,42	24,51	8,61	0,91	1,34	19,21	100,00
<b>8</b>	45,63	21,76	7,65	0,75	1,36	22,85	100,00
<b>9</b>	66,11	12,54	6,99	0,00	1,70	12,67	100,00
<b>10</b>	51,44	12,84	11,21	0,00	3,82	20,69	100,00
<b>Media</b>	59,28	15,76	8,67	0,73	1,34	14,23	100,00

Se pudo observar que esta micro ruta presenta porcentajes uniformes de contenido orgánico, debido a que la mayoría de puntos tienen un valor cercano a la media, además se puede observar que el porcentaje más bajo Del sector ES de 44,13 % lo cual da una idea del contenido orgánico por punto.

**Figura 47.** Porcentajes por composición (%) del Sector Sergio Toral 03/05/13



**Figura 48.** Porcentajes por composición (%) del Sector Sergio Toral 24/05/13



- **Micro-Ruta Trinitaria**

En el sector Trinitaria las personas acostumbran a formar montículos con todos los desechos que generen las viviendas cercanas es por esto que se obtuvo un número menor de puntos de reconocimiento y por lo tanto de muestreo.

La micro ruta Trinitaria estuvo compuesta netamente por residuos de origen residencial, no se encontró residuos de origen comercial o industrial.



**Figura 49.** Ubicación de los 10 puntos muestreados. Trinitaria.

Se seleccionaron 10 muestras representativas de la micro- ruta Sergio Toral como se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla LXI.** Puntos Seleccionados para muestreo. Sergio Toral

<b>Punto</b>	<b>x</b>	<b>Y</b>	<b>Referencia</b>	<b>Tipo</b>
1	620224	9753168	Residencias	Residencial
2	620252	9753773	Residencias	Residencial
3	620268	9753568	Residencias	Residencial
4	620315	9753238	Residencias	Residencial
5	620377	9753119	Residencias	Residencial
6	620413	9753008	Residencias	Residencial
7	620261	9752994	Residencias	Residencial

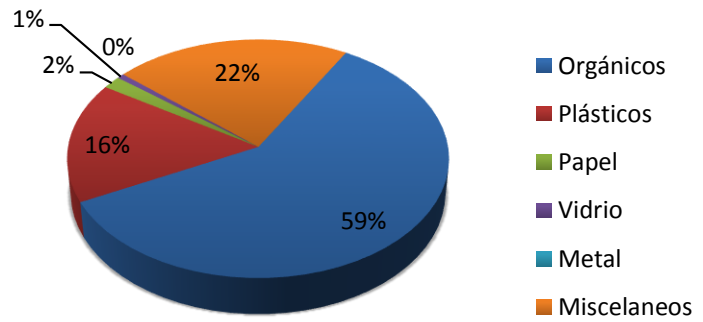
**Tabla LXII.** Porcentajes por composición (%) del Sector Trinitaria 02/05/13

<b>Punto</b>	<b>Orgánicos</b>	<b>Plásticos</b>	<b>Papel</b>	<b>Vidrio</b>	<b>Metal</b>	<b>Misceláneos</b>	<b>TOTAL</b>
1	64,26	19,83	0,00	0,00	0,00	15,91	100,00
2	56,76	13,82	2,33	1,37	0,00	25,72	100,00
3	52,24	15,76	0,00	0,72	0,00	31,27	100,00
4	73,97	13,45	0,00	0,00	0,00	12,58	100,00
5	57,02	19,77	0,00	0,61	0,00	22,60	100,00
6	53,39	20,88	1,91	1,21	0,00	22,61	100,00
7	57,19	10,89	7,84	0,77	0,00	23,31	100,00
<b>Media</b>	59,26	16,34	1,73	0,67	0,00	22,00	100,00

En la micro-ruta se obtuvo un mayor porcentaje de componente orgánico, teniendo uno de 73,97% considerablemente altos con respecto a los demás.

En términos generales esta ruta es la que genera más residuos orgánicos por punto, teniendo así que el valor más bajo sobrepasa el 50%.

**Figura 50.** Porcentajes por composición (%) del Sector Trinitaria  
02/05/13



#### **4.2.2. Análisis de ruta.**

En el análisis por ruta no se consideró la ubicación de los puntos de muestreo como factor de análisis, ya que lo que se busca es la variación del porcentaje de residuos con respecto al tiempo, es por esto que se consideró las muestras de los diez puntos como una muestra única de todos los residuos recolectados por el camión en el día del muestreo.

La primera salida de muestreo se la realizó en el sector Ceibos el día 11/04/2013 y la última el sector Trinitaria el día 25/05/2013, en este periodo la generación de basura de Guayaquil, se puede considerar promedio debido a que incrementa un poco su producción por el inicio del periodo escolar, esta no es la época de mayor generación, como se puede ver en la figura XXVII del capítulo 3, en donde consta la producción de desechos de los primeros 5 meses del año 2012.

A continuación se presentan los pesos totales por composición de todas las rutas muestreadas:

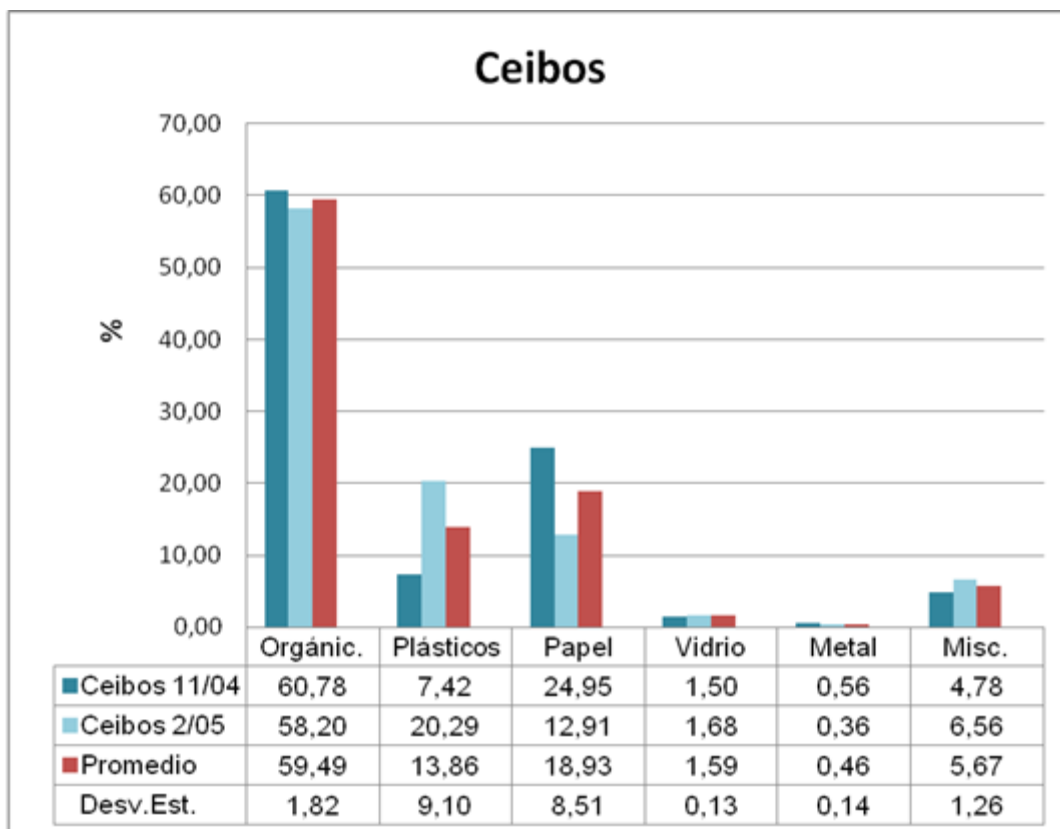
**Tabla LXIII.** Resumen de pesos de todas las rutas (kg).

<b>Micro-Ruta</b>	<b>Orgánico.</b>	<b>Plásticos</b>	<b>Papel</b>	<b>Vidrio</b>	<b>Metal</b>	<b>Misc.</b>	<b>Total.</b>
Ceibos 11/04	133,4	37,7	20,1	3,5	0,61	9,35	<b>204,66</b>
Ceibos 2/05	152	12,54	45,79	2,01	1,1	9,2	<b>222,64</b>
<b>Promedio</b>	142,70	25,12	32,95	2,76	0,86	9,28	<b>213,65</b>
<b>Desv.Est.</b>	13,15	17,79	18,17	1,05	0,35	0,11	<b>12,71</b>
Alborada 12/04	136,92	65,95	48,02	0,93	2,03	7,43	<b>261,28</b>
Alborada 10/05	152,33	37,51	22,71	4,92	1,45	17,38	<b>236,3</b>
<b>Promedio</b>	144,63	51,73	35,37	2,93	1,74	12,41	<b>248,79</b>
<b>Desv.Est.</b>	10,90	20,11	17,90	2,82	0,41	7,04	<b>17,66</b>
Centenario 26/04	134,22	41,34	30,75	1,03	1,88	11,97	<b>221,19</b>
Centenario 23/05	123,46	50,54	35,45	5,47	6,8	25,69	<b>247,41</b>
<b>Promedio</b>	128,84	45,94	33,10	3,25	4,34	18,83	<b>234,30</b>
<b>Desv.Est.</b>	7,61	6,51	3,32	3,14	3,48	9,70	<b>18,54</b>
Centro 10/05	135,16	71,85	42,09	6,15	0,96	2,42	<b>258,63</b>
S. Toral 03/05	135,34	42,4	32,14	1,03	1,88	11,71	<b>224,5</b>
S. Toral 24/05	175	43,13	23,61	2,21	3,68	41,72	<b>289,35</b>
<b>Promedio</b>	155,17	42,77	27,88	1,62	2,78	26,72	<b>256,93</b>
<b>Desv.Est.</b>	28,04	0,52	6,03	0,83	1,27	21,22	<b>45,86</b>
Trinitaria 02/05	136,03	34,9	4,52	1,81	0	53,41	<b>230,67</b>

### 4.3. Porcentajes promedios

A continuación se presentan gráficos comparativos de cada salida de muestreo por sector, primeramente se compararon los porcentajes que se obtuvieron considerando la variabilidad espacial y finalmente los que fueron analizando su variación temporal.

#### 4.3.1. Porcentajes promedios considerando análisis por punto.

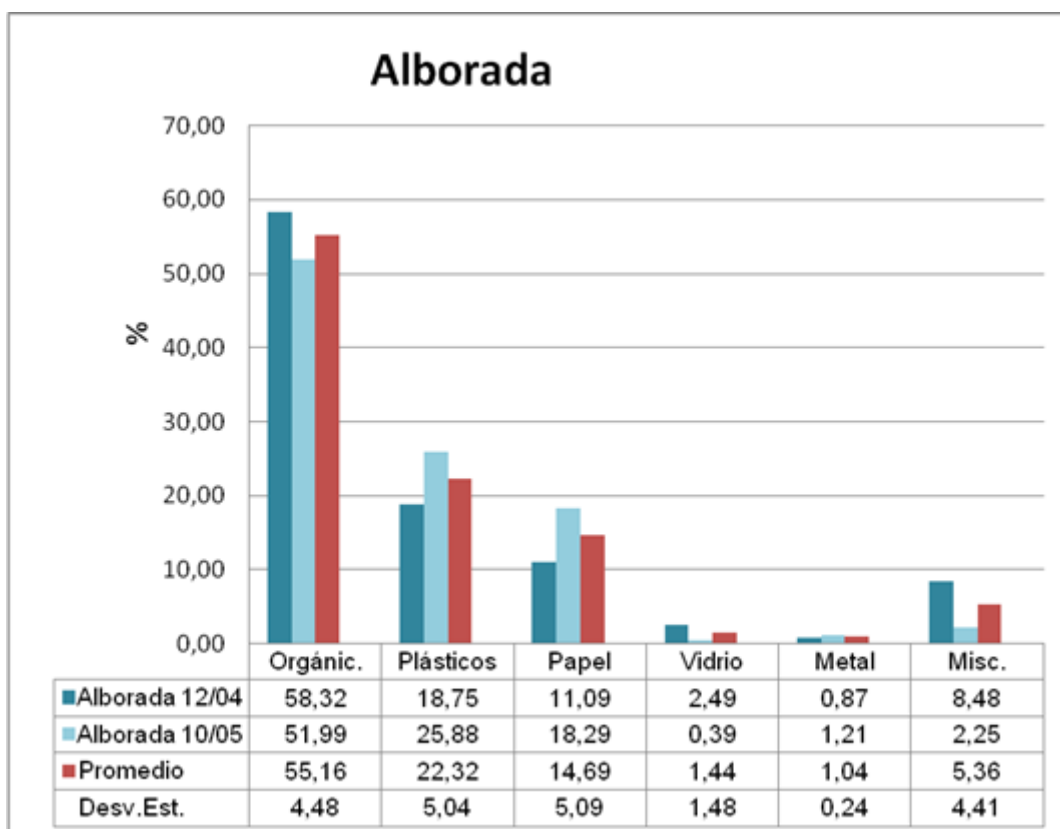


**Figura 51.** Porcentajes de composición de la micro-ruta Ceibos.

El sector Ceibos no presentan variaciones considerables entre sus resultados de composición, teniendo así el valor más alto de desviación estándar 9.10, que le pertenece al porcentaje de plásticos, lo cual significa que existe mayor variación del porcentaje plásticos por punto.

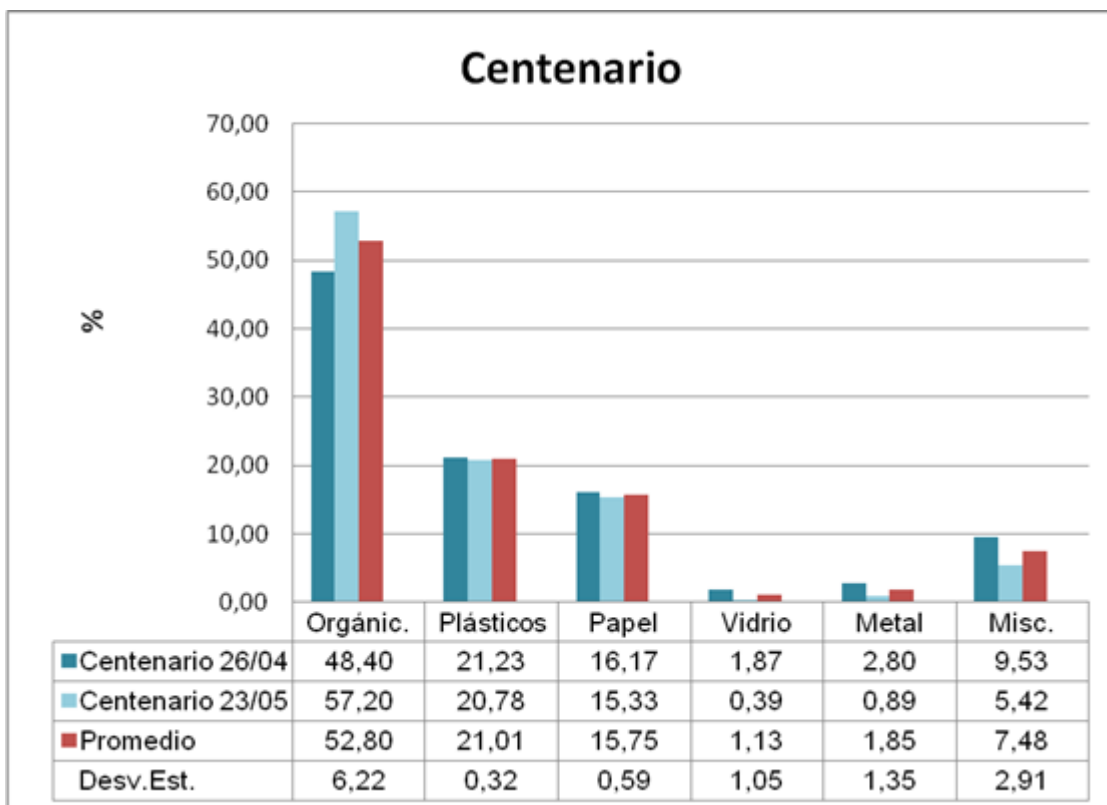
La composición muestra que los valores de porcentajes más altos son los compuestos orgánicos y papel.





**Figura 52.** Porcentajes de composición de la micro-ruta Alborada.

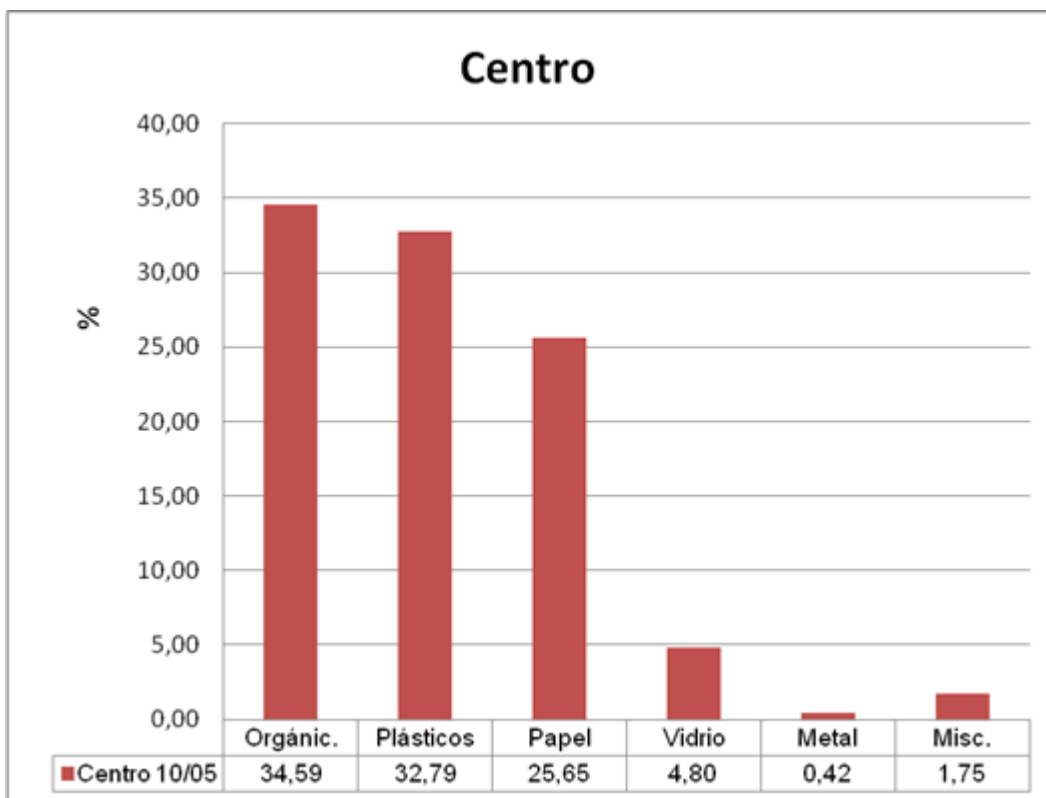
El sector Alborada no presentan variaciones considerables entre sus resultados de composición, teniendo así el valor más alto de desviación estándar 5.09, que le pertenece al porcentaje de papel, lo cual significa que existe mayor variación del porcentaje papel por punto. La composición muestra que los valores de porcentajes más altos son los compuestos orgánicos y plásticos.



**Figura 53.** Porcentajes de composición de la micro-ruta Centenario.

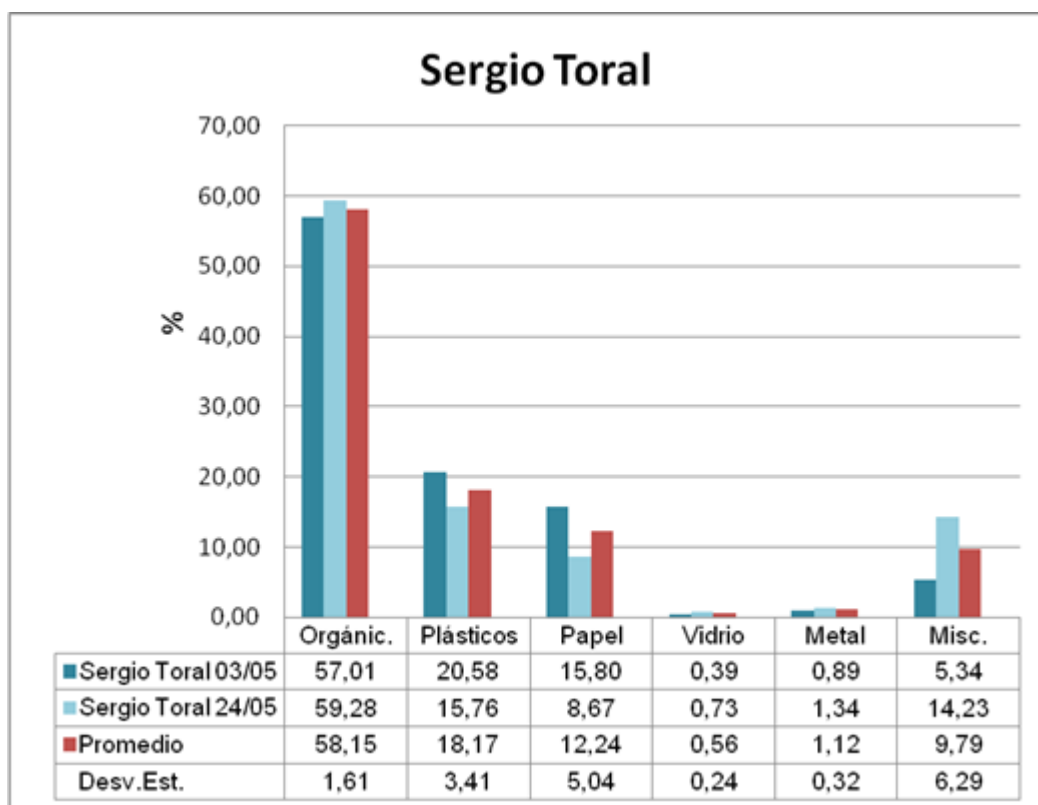
El sector Centenario no presentan variaciones considerables entre sus resultados de composición, teniendo así el valor más alto de desviación estándar 6.22, que le pertenece al porcentaje de orgánicos, lo cual significa que existe mayor variación del porcentaje papel por punto.

La composición muestra que los valores de porcentajes más altos son los compuestos orgánicos y plásticos.



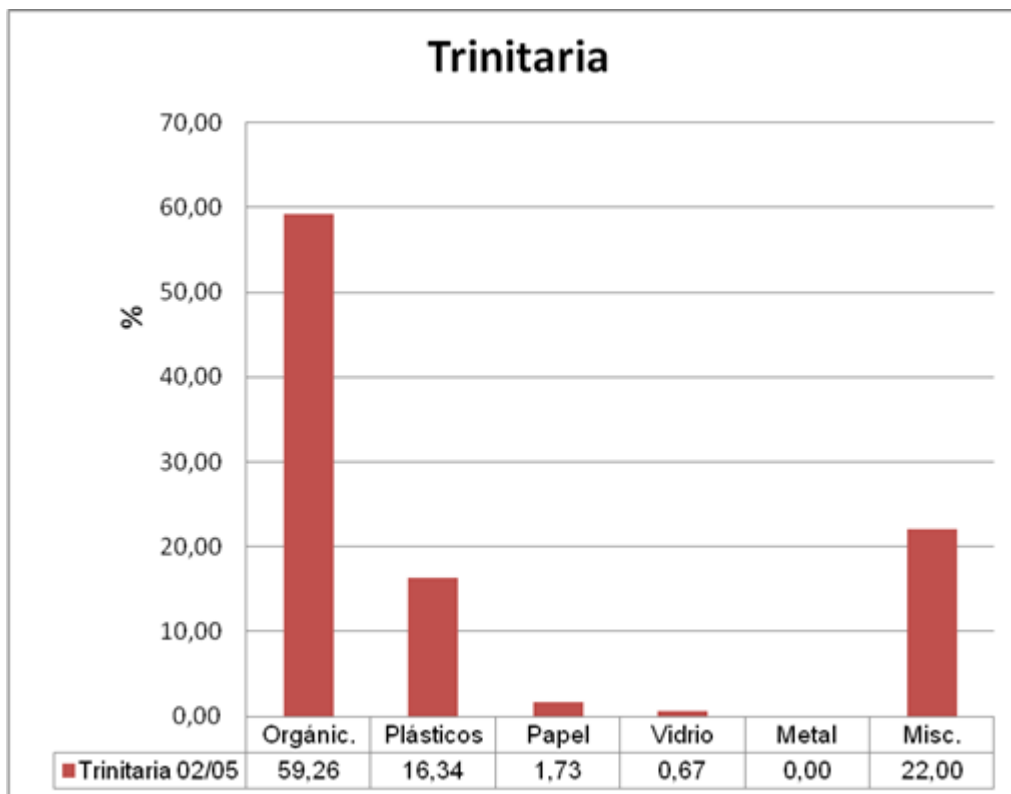
**Figura 54.** Porcentajes de composición de la micro-ruta Centro.

En el sector Centro solo se realizó una salida de campo, por lo que los datos presentados son los únicos obtenidos, en los cuales se puede ver una notable generación de desechos de tipo orgánico, plástico y papel, muy diferente a las otras rutas.



**Figura 55.** Porcentajes de composición de la micro-ruta Sergio Toral

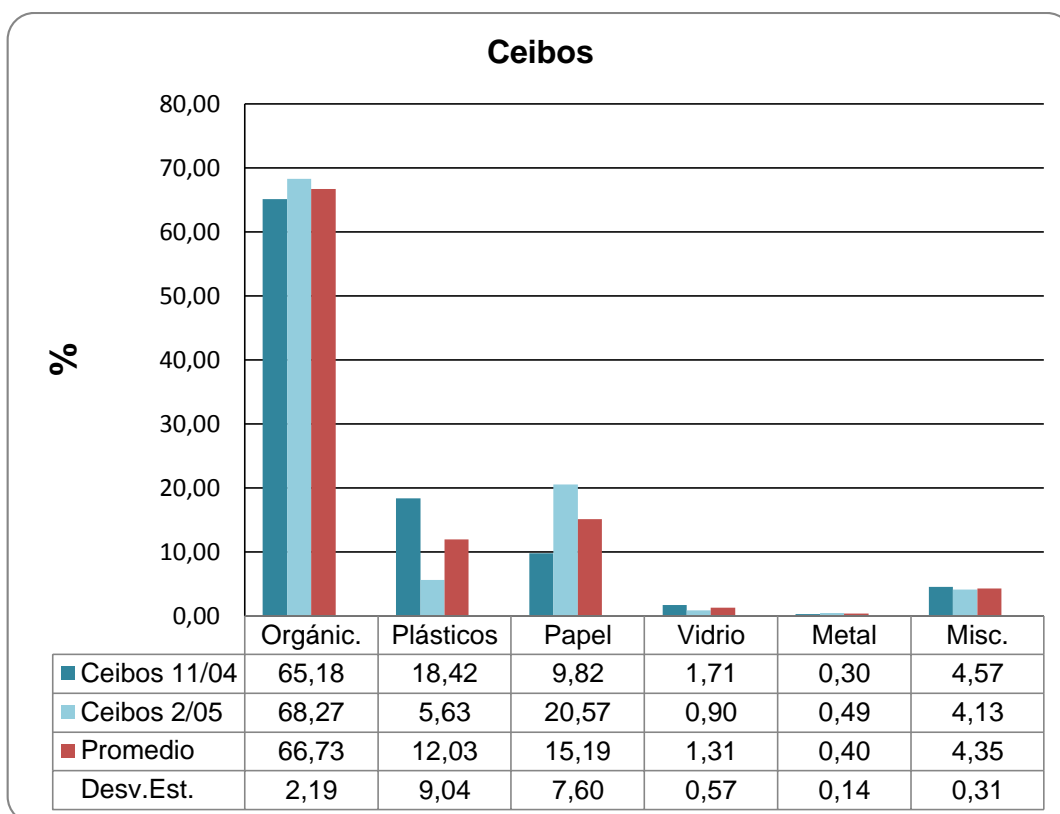
El sector Sergio Toral no presentan variaciones considerables entre sus resultados de composición, teniendo así el valor más alto de desviación estándar 6.29, que le pertenece al porcentaje de misceláneos, lo cual significa que existe mayor variación del porcentaje misceláneo por punto. La composición muestra que los valores de porcentajes más altos son los compuestos orgánicos y plásticos.



**Figura 56.** Porcentajes de composición de la micro-ruta Trinitaria.

En el sector Trinitaria solo se realizó una salida de campo, por lo que los datos presentados son los únicos obtenidos, en los cuales se puede ver una notable generación de desechos de tipo orgánico y misceláneo, muy diferente a las otras rutas.

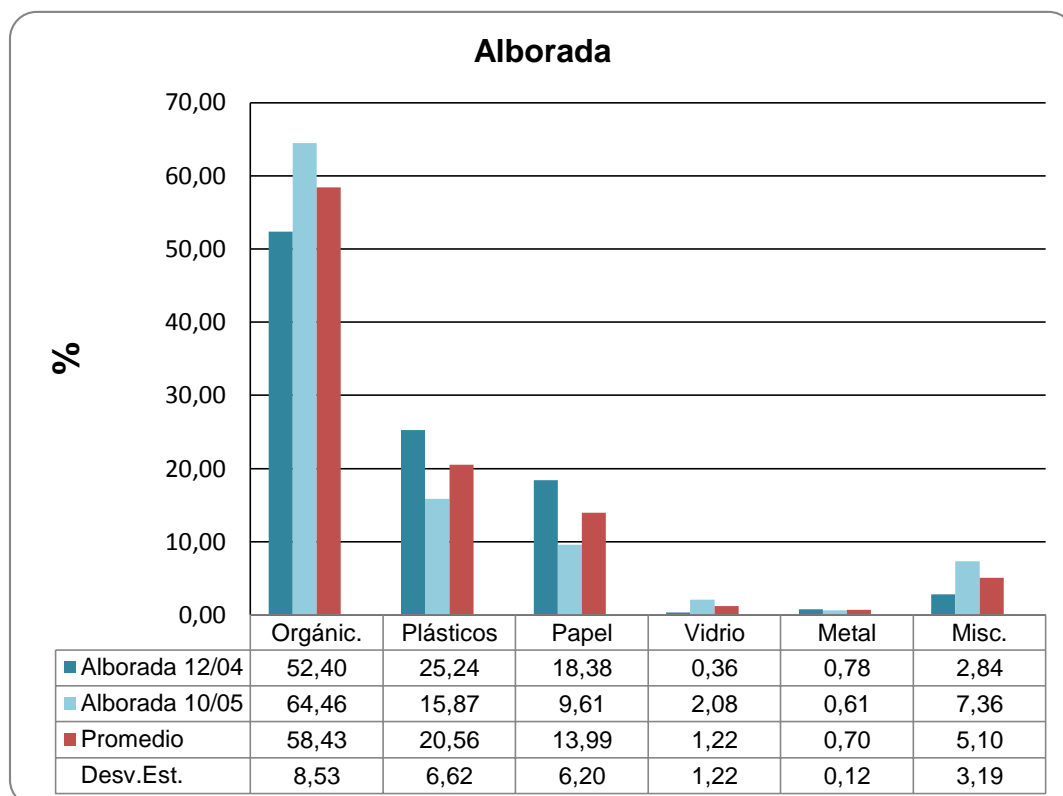
### 4.3.2. Porcentajes promedios considerando análisis de ruta.



**Figura 57.** Porcentajes de composición de la micro-ruta Ceibos.

El sector Ceibos presenta datos similares obtenidos en el análisis de variabilidad espacial, no muestran mucha variación entre sus resultados de composición, teniendo así el valor más alto de desviación estándar 9.04, que le pertenece al porcentaje de plásticos, lo cual significa que existe mayor variación del porcentaje plásticos en ese micro-ruta.

La composición muestra que los valores de porcentajes más altos son los compuestos orgánicos y papel.

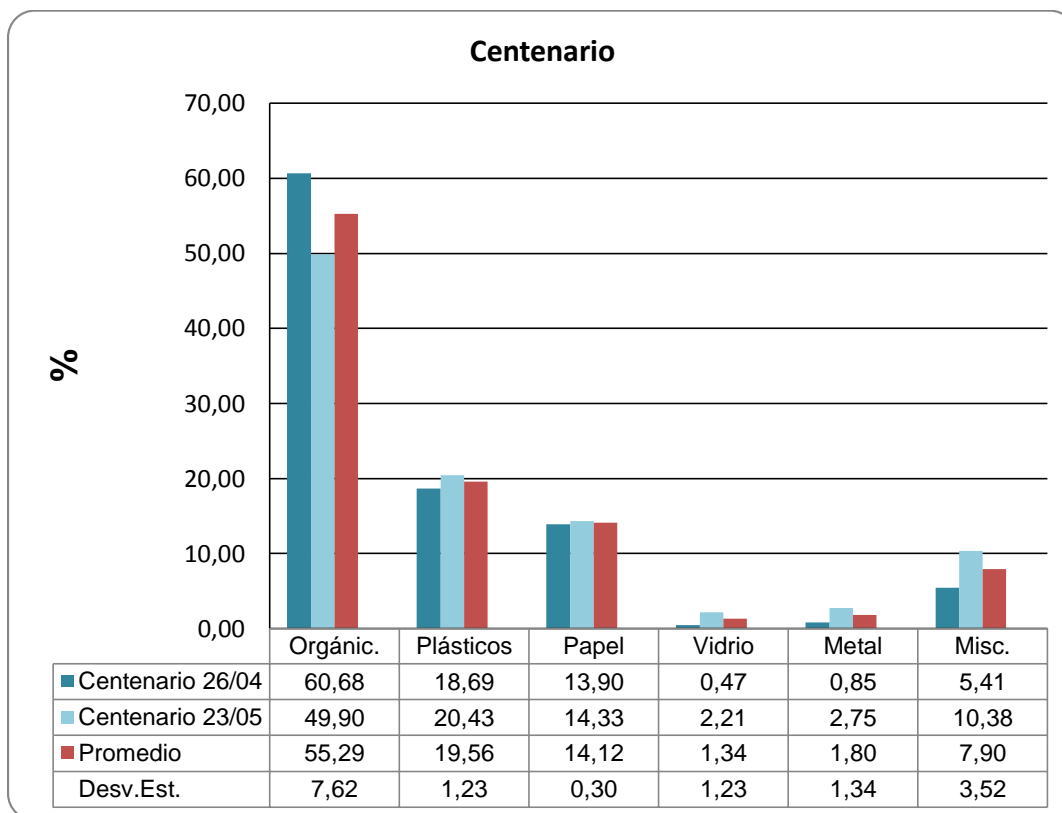


**Figura 58.** Porcentajes de composición de la micro-ruta Alborada.

El sector Alborada presenta menor variación entre sus resultados de composición que el del análisis de variabilidad espacial, teniendo así el valor más alto de desviación estándar 6.62, que le pertenece al porcentaje de plásticos, lo cual significa que existe mayor variación del porcentaje plásticos en ese micro-ruta.

La composición muestra que los valores de porcentajes más altos son los compuestos orgánicos y plásticos, esto quiere decir que existe una mayor producción de plásticos a nivel global de la ruta, sin embargo se encuentran

mayores concentraciones de papel por punto, como se mostró en el análisis de variabilidad espacial.



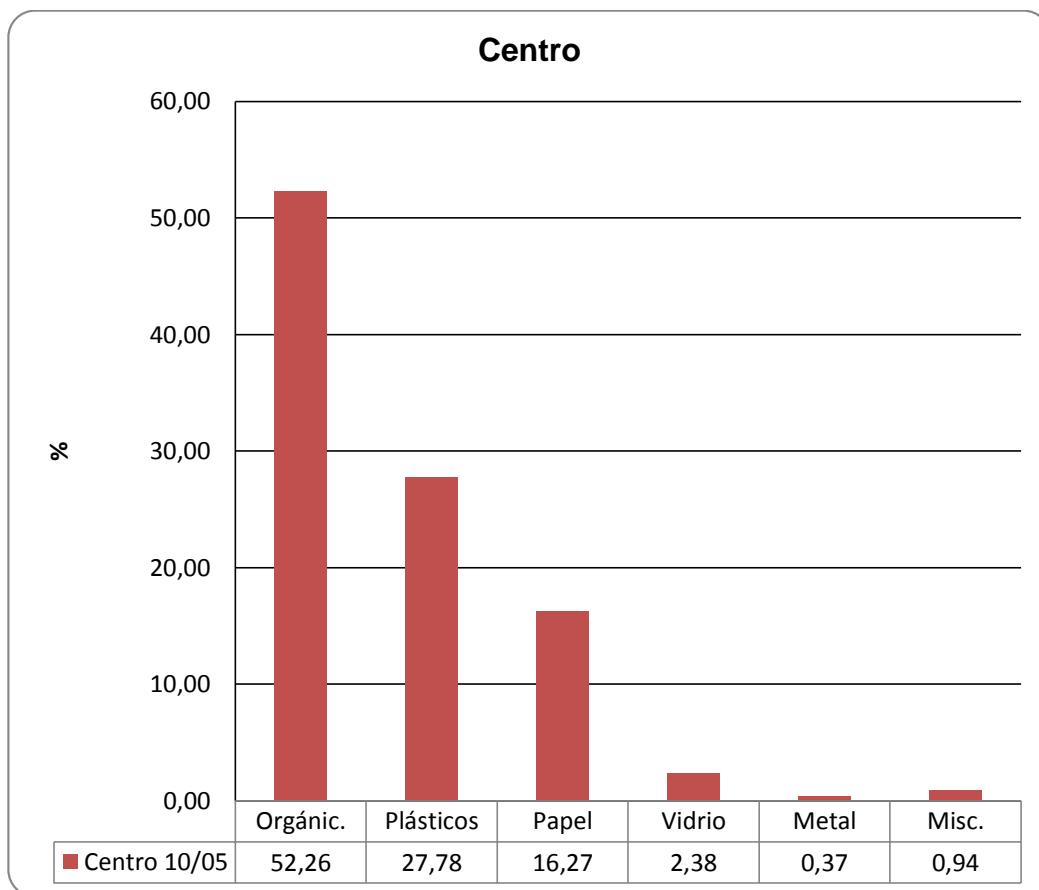
**Figura 59.** Porcentajes de composición de la micro-ruta Centenario.

El sector Ceibos no presentan variaciones considerables entre sus resultados de composición, teniendo así el valor más alto de desviación estándar 7.62, que le pertenece al porcentaje de orgánicos, lo cual significa que existe mayor variación del porcentaje orgánicos en ese micro-ruta.

La composición muestra que los valores de porcentajes más altos son los compuestos orgánicos y plásticos, esto quiere decir que existe una mayor producción de plásticos a nivel global de la ruta, sin embargo se encuentran

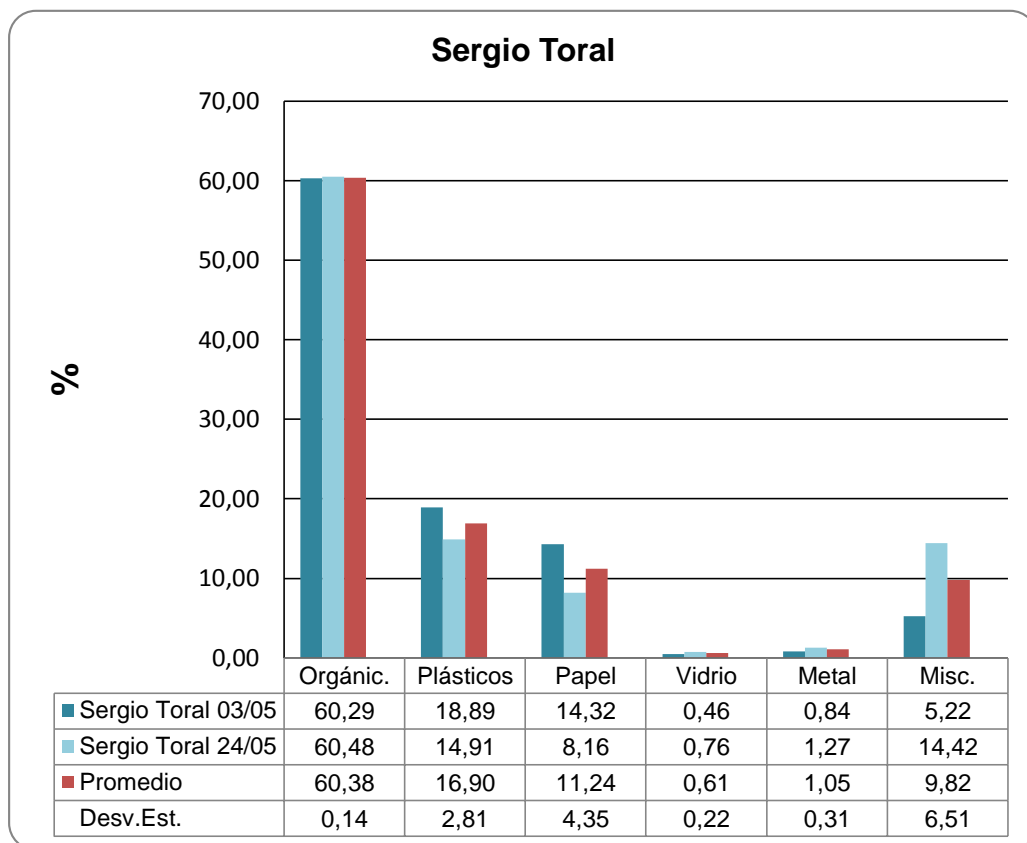


mayores concentraciones de papel por punto, como se mostró en el análisis de variabilidad espacial.



**Figura 60.** Porcentajes de composición de la micro-ruta Centro.

En el sector Centro solo se realizó una salida de campo, por lo que los datos presentados son los únicos obtenidos, en los cuales se puede ver una notable diferencia con respecto al análisis espacial. Se observa que el porcentaje de orgánicos es mayor a nivel global de micro-ruta, así como los porcentajes de plásticos y papel son menores, a los generados por punto.

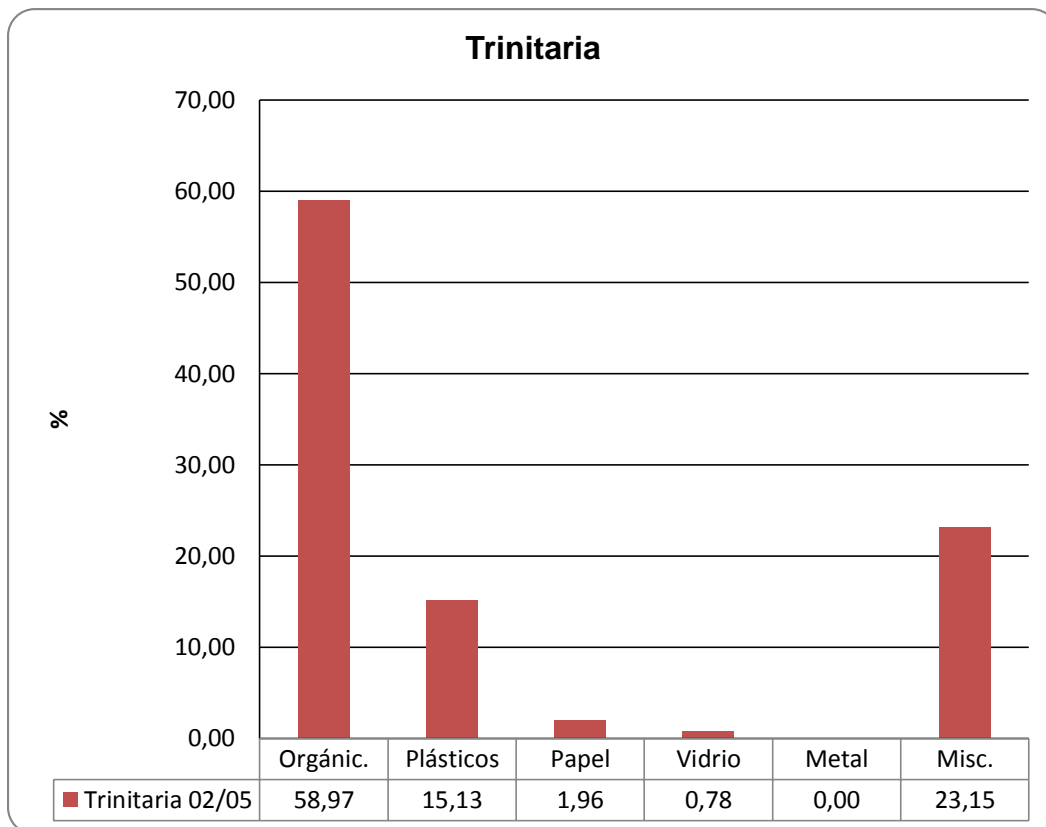


**Figura 61.** Porcentajes de composición de la micro-ruta Sergio Toral.

El sector Sergio Toral presenta los datos con menos variación del estudio de composición, teniendo así el valor más alto de desviación estándar 6.51 que le pertenece al porcentaje de misceláneos, lo cual significa que existe una mínima variación del porcentaje de misceláneos en ese micro-ruta.

La composición muestra que los valores de porcentajes más altos son los compuestos orgánicos y plásticos. Esto quiere decir que existe una mayor producción de plásticos a nivel global de la ruta, sin embargo se encuentran

mayores concentraciones de papel por punto, como se mostró en el análisis de variabilidad espacial.



**Figura 62.** Porcentajes de composición de la micro-ruta Trinitaria.

En el sector Trinitaria se observan una similar producción de desechos por punto y por ruta , en los cuales se puede ver una notable generación de desechos de tipo orgánico y misceláneo, muy diferente a las otras rutas.

#### 4.4. Estimación porcentajes de desechos aprovechables

Se dividió los residuos aprovechables en dos categorías, los residuos orgánicos, que con su peso se puede estimar su potencial energético y los residuos recuperables de tipo, orgánico, plástico, papel, vidrio, metal, los compuestos considerados misceláneos no se los considero en cuenta como recuperables.

A continuación se presentan los porcentajes de contenidos promedio de por punto del análisis espacial.

**Tabla LXIV.** Porcentajes estimados de aprovechamiento por punto

<b>Micro- Rutas</b>	<b>% Orgánicos</b>	<b>% Recuperables</b>
Ceibos	59,49	34,84
Alborada	55,16	39,49
Centenario	52,80	39,73
Centro	34,59	63,66
Sergio Toral	58,15	32,08
Trinitaria	59,26	18,74
Promedio	53,24	38,09
Desv.Est.	9,50	14,69

El promedio de contenido orgánico por punto del estudio es 53,24 %, es decir un punto de recolección promedio tiene ese porcentaje de residuos sólidos. El sector con mayor porcentaje de contenido orgánico por punto es el que contiene el micro-ruta ceibos. La micro-ruta con mayor concentración de

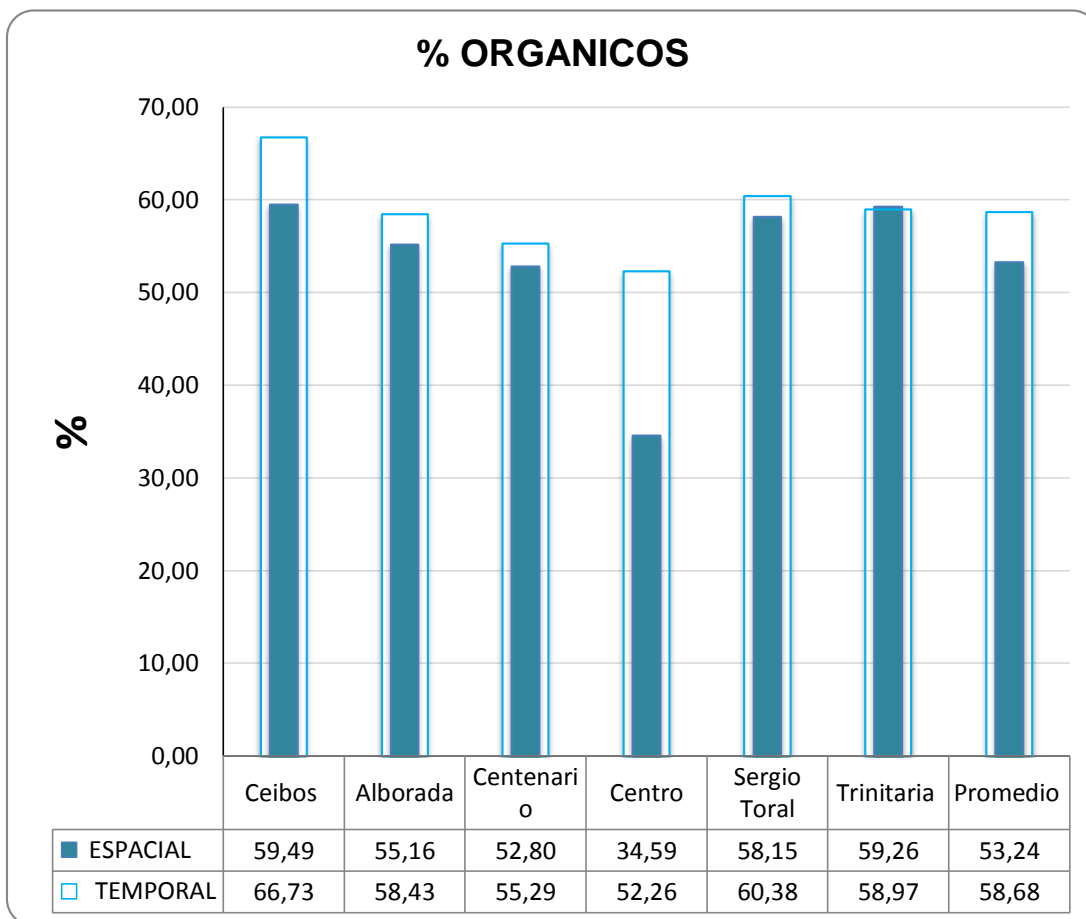
residuos recuperables es la micro-ruta Centro.

A continuación se presentan los porcentajes de contenidos promedio de por punto del análisis temporal.

**Tabla LXV.** Porcentajes estimados de aprovechamiento por ruta

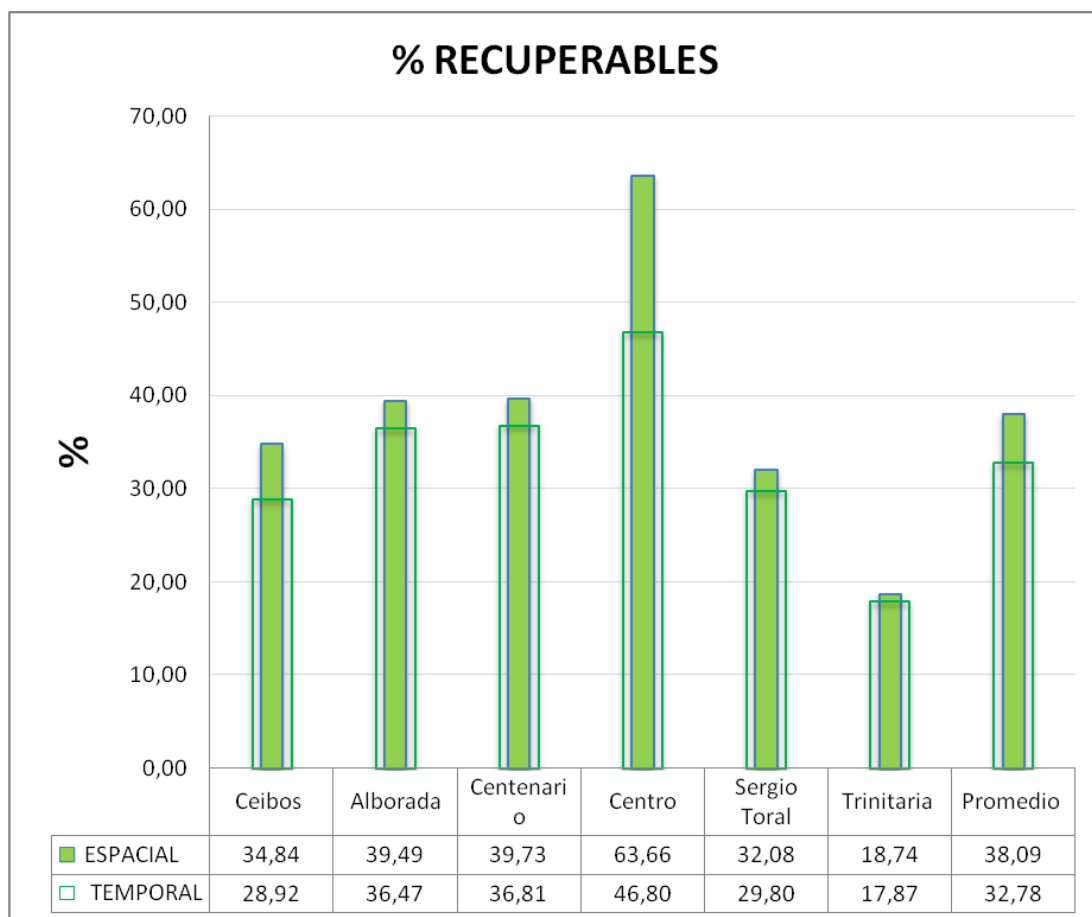
<b>Micro- Rutas</b>	<b>% Orgánicos</b>	<b>% Recuperables</b>
Ceibos	66,73	28,92
Alborada	58,43	36,47
Centenario	55,29	36,81
Centro	52,26	46,80
Sergio Toral	60,38	29,80
Trinitaria	58,97	17,87
Promedio	58,68	32,78
Desv.Est.	4,91	9,72

El porcentaje general de contenido orgánico fue mayor cuando se analizó las 10 muestras como una sola, teniendo así este porcentaje elevado en todas las rutas y disminución en los otros porcentajes. Un claro ejemplo es la Micro-ruta Centro que en promedio tiene 34,59% contenido orgánico por punto, sin embargo como ruta tiene 52,26 %.



**Figura 63.** Porcentajes estimados de contenido orgánico.

Se puede concluir que en promedio en todo el micro-ruta analizado los puntos de recolección contienen más del 50%, de contenido orgánico, si le los caracteriza individualmente. Paralelamente según el análisis temporal, se puede observar un resultado similar, a excepción de la micro-ruta Centro , que revela un valor menor cuando se la analiza a nivel global , y es debido a que esta micro-ruta presentó hacinamientos con grandes porcentajes de papel, plásticos, etc .



**Figura 64.** Porcentajes estimados de residuos recuperables.

Los porcentajes de residuos recuperables por otra parte, tienen diferentes valores por sector, siendo el más notable el de la micro-ruta Ceibos que sobrepasa el 60% en contenido por punto, pero a nivel de micro-ruta contiene 46.8% de residuos reciclables.

En términos generales no existe variación notable de los valores de porcentajes analizados espacialmente con los que fueron analizados temporalmente.

#### 4.4.1. Potencial energético

Para el cálculo del potencial energético, únicamente se consideró el valor promedio mensual de residuos recogidos en Guayaquil.

Guayaquil generó un promedio de 99,636 toneladas de desechos entre los meses referidos en la Tabla XXVII, Cap. 3, de los cuales el 97% son desechos de tipo urbano, es decir aproximadamente 96,647 Ton.

Para determinar la fracción orgánica del total de desechos generados se usó el porcentaje promedio (58,68%) de contenido orgánico de las rutas estudiadas, este porcentaje sirvió para estimar el equivalente en peso de la fracción orgánica de los desechos generados en Guayaquil durante el periodo en cuestión.

El porcentaje de contenido orgánico (58,68%) utilizado para estimar el potencial energético fue el que se obtuvo del análisis temporal, ya que si se pretende instalar un equipo de aprovechamiento energético, este recibirá los desechos totales del camión, diferente al tratamiento que se le daría a los desechos recuperables, en donde tiene importancia la variabilidad de los porcentajes por punto, ya que se requeriría una segregación en la fuente.

Para calcular el potencial energético de los RSU se han planteado dos escenarios; el primero mediante la incineración de los desechos orgánicos y otro aprovechando el biogás al disponer los residuos en un relleno sanitario.



#### 4.4.1.1. Potencial energético de los RSU para la generación de energía eléctrica mediante procesos termoquímicos.

Se estima que el 58.68% de las 96,647 Ton son orgánicos, sin embargo el peso que representa esta cantidad no se transforma en energía, por lo tanto se utilizó los porcentajes de análisis elemental de la Tabla XXI (capítulo 1), para descomponer esta cantidad.

**Tabla LXVI.** Porcentaje de contenido orgánico mensual

	<b>%</b>	<b>Ton</b>
Producción mensual	100	96,647
Porcentaje Orgánico	58,68	56,712.46

**Tabla LXVII.** Porcentaje de contenido orgánico mensual

	<b>%</b>	<b>Ton</b>
<b>Porcentaje Orgánico</b>	<b>100</b>	<b>56,712.46</b>
Carbono	48	27,221.98
Hidrógeno	6,4	3,629.60
Oxígeno	37,6	21,323.88
Nitrógeno	2,6	1,474.52
Azufre	0,4	226.85
Cenizas	5	2,835.62

El 5% de las 56,712.46 Ton que se convierten en cenizas no equivalen a energía aprovechada, es así que para la estimación de energía se considera los 53,876.84 ton que no contienen cenizas.

**Tabla LXVIII.** Potencial energético de los residuos en Kcal por mes.

<b>Ton/mes</b>	<b>Kg/mes</b>	<b>Kcal/kg</b>	<b>Kcal/mes</b>
53,876.84	53'876,840	998*	5.376 *10 <sup>10</sup>

\* Valor referencial tomado de tabla 20 en el capítulo 1.

Un Kcal equivale a 0,001163 KWh por lo tanto las 5.376\*10<sup>10</sup> Kcal/mes equivalen a 62'533,447.39 kilowatts hora por mes.

**Tabla LXIX.** Potencial energético de los residuos en KWh por mes.

<b>Kcal/mes</b>	<b>KWh/Kcal</b>	<b>KWh/mes</b>
5.376 *10 <sup>10</sup>	0,001163	62'533,447.39

1 kcal = 0.001163 kWh

Para convertir la energía total a energía eléctrica se debe considerar la eficiencia del incinerador, a manera de ejemplo se usó la eficiencia de una planta de incineración VERSU ubicada en Holanda que cuenta con un 23% de eficiencia para la conversión.

**Tabla LXX.** Energía eléctrica generada por mes.

<b>Potencial energético ( KWh/mes)</b>	<b>Energía eléctrica (KWh/mes)</b>
62'533,447.39	14'382,692.9

Según la Empresa Eléctrica de Quito el consumo de energía eléctrica en Guayaquil, en un hogar por mes es de 182,41 KWh, con un promedio de gasto de 25,64 dólares mensualmente, esto quiere decir que con los 14'382,692.9 KWh se pueden abastecer aproximadamente a 78,848 viviendas durante un mes.

**Tabla LXXI.** Número estimado de viviendas servidas por mes.

<b>KWh/mes</b>	<b>KWh /vivienda/mes</b>	<b># viviendas/mes</b>
14'382,692.9	182,41	78,848

*Una vivienda en Guayaquil consume 182,41KWh en promedio (Empresa Eléctrica de Quito).*

Las 78,848 viviendas representan un monto de \$ 2'021,666.83 al mes por consiguiente la energía eléctrica obtenida de los residuos sólidos representaría un ahorro de \$ 24'260,001.9 al año.

**Tabla LXXII.** Montos estimados por el consumo de energía eléctrica de las viviendas servidas.

# Viviendas/mes	#Vivienda/año	\$ Mensual	\$ Anual
78,848	946,178	2'021,666.83	24'260,001.9

*Una vivienda en Guayaquil paga \$25,64 en promedio (Empresa Eléctrica de Quito).*

#### 4.4.1.2. Potencial energético del biogás de los RSU para la generación de energía eléctrica mediante procesos biológicos.

Para estimar el potencial energético del biogás, se realizaron las siguientes consideraciones; una tonelada de RSU en reactores es capaz de producir 60 m<sup>3</sup> (Rolando C., 2007) de biogás (60% metano (CH<sub>4</sub>)) con un poder calorífico de 6 kWh/m<sup>3</sup> m (Wagner C., 2007).

Tomando en cuenta toda la fracción orgánica de desechos generada en la ciudad de Guayaquil durante el periodo de Abril a Mayo del 2011 se calculó la cantidad teórica de biogás y gas metano generado así como su potencial energético.

**Tabla LXXIII.** Producción mensual de biogás y metano.

Residuos orgánicos (ton/mes)	Biogás (m <sup>3</sup> /mes)	Potencial energético (kWh/mes)
53,876.84	3'232,610.4	19'395,662.4

Para aprovechar la energía del biogás existen varias tecnologías, una de las más empleadas, son los motores de combustión interna, para este cálculo se consideró el motor CAT 3520C (Chamy R., 2007), uno de los más utilizados en Europa, el cual alcanza un eficiencia del 38% para la conversión de la energía contenida en el metano a energía eléctrica.

**Tabla LXXIV.** Producción mensual de energía eléctrica.

<b>Residuos orgánicos (ton/mes)</b>	<b>Biogás (m<sup>3</sup>/mes)</b>	<b>Potencial energético (kWh/mes)</b>	<b>Energía eléctrica (kWh/mes)</b>
53,876.84	3'232,610.4	19'395,662.4	7'370,351.7

De la misma forma que en el caso anterior, se dice que el consumo eléctrico mensual de un hogar es de 182,41 KWh, con un promedio de gasto de 25,64 dólares mensualmente, esto quiere decir que con los 7'370,351.7 KWh se cubre la demanda de consumo eléctrico de 40,405 viviendas, lo cual representa un ahorro anual de \$ 12'690,262.

**Tabla LXXV.** Número estimado de viviendas servidas por mes.

<b>KWh</b>	<b>KWh /vivienda</b>	<b># viviendas</b>
7'370,351.7	182,41	40,405

*Una vivienda en Guayaquil consume 182,41KWh en promedio (Empresa Eléctrica de Quito).*

**Tabla LXXVI.** Montos estimados por el consumo de energía eléctrica de las viviendas servidas.

<b># Viviendas/mes</b>	<b>#Vivienda/año</b>	<b>\$ Mensual</b>	<b>\$ Anual</b>
40,405	484,864.98	1'035.994,84	12'431,938

*Una vivienda en Guayaquil paga \$25,64 en promedio (Empresa Eléctrica de Quito).*

Se puede notar que mediante el aprovechamiento del biogás se podría obtener 7'370,351.7 kWh/mes, mientras que mediante procesos termoquímicos de aprovechamiento energético sería posible obtener 14'382,692.9 kWh/mes. Notando la superioridad en capacidad de generación de los procesos termoquímicos como la incineración.

## **CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES**

**Y**

### **RECOMENDACIONES**

#### **5.1. Conclusiones**

1. El 58,68 % de los desechos sólidos generados en las seis micro-rutas analizadas son de tipo orgánico.
2. El 32,78 % de los desechos sólidos generados en las seis micro-rutas analizadas son considerados recuperables.
3. Los porcentajes promedios de orgánicos de cada una de las seis micro-rutas tienen valores superiores al 50%.

4. Los porcentajes promedios de desechos recuperables de cada una de las 6 rutas tienen valores superiores al 30 % por punto de recolección a excepción de la Micro-Ruta Trinitaria.
  
5. El sector ceibos tiene el mayor porcentaje de desechos orgánicos por micro-ruta , siendo este 66,73 %
  
6. La micro-ruta Centro tiene el mayor porcentaje de desechos recuperables por punto , siendo este 63.66 %
  
7. En un periodo promedio de generación mensual, el 58,68 % de los desechos sólidos Guayaquil, tratados en una planta de aprovechamiento energético por incineración de residuos sólidos con un 23% de eficiencia, representan 14'382,692.9 KWH, energía eléctrica suficiente para abastecer 78,848 viviendas en un mes por lo consiguiente 946,178 viviendas al año. Lo cual representa un ahorro de \$ 24'260,001.9 al año en gastos de energía eléctrica.



8. En un periodo promedio de generación mensual, el 58,68 % de los desechos sólidos Guayaquil, tratados en una planta de aprovechamiento energético por la utilización de biogás producido por los residuos sólidos con un 38% de eficiencia, representan 7'424,136 KWH, energía eléctrica suficiente para abastecer 40,405 viviendas en un mes, por lo consiguiente 484,864.98 viviendas al año. Lo cual representa un ahorro de \$12'431,938 al año en gastos de energía eléctrica.

## **5.2. Recomendaciones**

1. Realizar el estudio de caracterización de los desechos considerando también aquellos meses en los que se produce menos desechos, y también los meses de máxima generación.
2. Realizar el estudio de caracterización en meses en los cuales se presentan lluvias, para determinar la influencia de la humedad en el peso de los residuos sólidos.

3. Para poder obtener mayor información sobre la composición de los residuos de los diferentes estratos socioeconómicos de Guayaquil, realizar el muestreo en un mayor número de micro-rutas, para poder obtener un resultado representativo de los estratos.
  
4. Referente a la metodología usada para la caracterización de los desechos, recolectar las muestras en un vehículo apropiado, desde el lugar donde se disponen en ruta, y transportarlas hasta un lugar adecuado para llevar a cabo la determinación de la composición física de las muestras. Ya que al usar el camión recolector para transportar las muestras, estas se ven afectadas por las compactaciones que estos camiones normalmente realizan.
  
5. En la medida de lo posible es recomendable determinar la composición física de las muestras de residuos, usando el método del cuarteo.
  
6. Dados los resultados de composición de los desechos generados en las distintas micro-rutas estudiadas, es conveniente la implementación de un programa de segregación en la fuente y recolección selectiva.

Especialmente en micro-rutas como la del centro en donde claramente se nota la dominancia de materiales que podrían ser reciclados.

7. Diseñar e implementar un sistema de recolección optimizado con información de zonas, frecuencias y horarios de recolección. En base a estudios de caracterización de residuos sólidos, considerando además distancias recorridas y el tiempo que demanda la recolección.
8. Implementar programas y estrategias de sensibilización en la población, en cuanto a los impactos negativos a la salud y al medio ambiente que representa la inadecuada disposición de residuos sólidos, así como la importancia de llevar a cabo buenas prácticas para la optimización del sistema de recolección.
9. Evaluar e implementar una planta de aprovechamiento del biogás del relleno sanitario Las Iguanas para obtención de energía eléctrica. Además a largo plazo se podría aprovechar la fracción orgánica de los desechos

para generar energía eléctrica mediante procesos biológicos de conversión.

10. Formalizar el trabajo de las personas que recogen materiales reciclables o “*chamberos*”, que para que estas actividades puedan desarrollarse en condiciones sanitarias, económicas y ambientales adecuadas.

## **ANEXOS**

## **ANEXO I – FORMULARIOS DE CAMPO**

## **ANEXO II – DATOS REGISTRADOS EN CAMPO**

## **ANEXO III – MAPAS**



## **ANEXO IV – TABLAS Y GRÁFICOS**

## **ANEXO V – FOTOS**

## BIBLIOGRAFÍA

1. (CEPIS), D. K. (10 de 12 de 2000). *Biblioteca virtual de desarrollo sostenible y salud ambiental*. Obtenido de HDT 17: Metodo sencillo del análisis de residuos sólidos: <http://www.bvsde.ops-oms.org/eswww/proyecto/repidisc/publica/hdt/hdt017.html>
2. (EOI), S. C. (2007). *Conpostaje y Biometanización*. Obtenido de [http://api.eoi.es/api\\_v1\\_dev.php/fedora/asset/eoi:45609/componente45607.pdf](http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:45609/componente45607.pdf)
3. Aguilar Virgen, Q. A.-G. (2009). The energy potential of municipal solid waste. *Publicación de la Facultad de Ingeniería Enseñada. Universidad Autónoma de Baja California*.
4. Ambientum, E. v. (2014). *Ambientum (El portal profesional del medio ambiente)*. Obtenido de <http://www.ambientum.com/enciclopedia/residuo/1.26.31.11r.html>
5. Arena, U. (2013). Energy Recovery from Waste in a sustainable WM system. *II Cumbre Internacional del Medio Ambiente*. Guayaquil .
6. Bank, T. W. (2012). What a Waste, A Global Review of Solid Waste Management. *Urban Development & Local Government Unit*.
7. Baroja, G. (2013). Gobiernos Locales Y Gestión Ambiental. *CIMA ( II Cumbre Internacional del Medio Ambiente )*. Guayaquil.
8. Basu, P. (2010). Biomass Gasification and Pyrolysis, practical design and theory editorial. *Elsevier*.
9. Bernache G, S. S. (2001). Solid waste characterization study in the Guadalajara metropolitan zone, Mexico.
10. Branconi, M. (2013). Gestión de la Limpieza Urbana: Una inversión para el futuro de las ciudades. *CIMA ( II Cumbre Internacional del Medio Ambiente )* (pág. 24). Guayaquil: PWC.
11. Buenrostro, O., Bernache, G., & y Cram, S. (1999). Análisis de la generación de residuos. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental sólidos en los mercados municipales de Morelia, México*, 27-32.
12. Campoy, M. (2009). *Biomass and Waste Gasification in Fluidised Bed: Pilot Plant Studies*. Sevilla.
13. Capistran, F. (1994). *Manual de Reciclaje, compostaje y limbrocompostaje*. Veracruz: Instituto de Ecología, A. C. Veracruz.

14. CempEcuador. (2014). *Información General de Guayaquil*. Obtenido de [http://cempecuador.com/guiaturistica/prov\\_guayas\\_1-guayaquil.html](http://cempecuador.com/guiaturistica/prov_guayas_1-guayaquil.html)
15. Centro de Información y Comunicación Ambiental de Norte América, A. (2014). *Reciclaje de los residuos*. Obtenido de <http://www.ciceana.org.mx/recursos/Reciclaje%20de%20residuos%20solidos.pdf>
16. Consorcio Puerto Limpio. (2014). *Guía para un Guayaquil cada vez más limpio. Guayaquil*.
17. Consorcio Puerto Limpio. (2014). *Nuestra Flota*. Obtenido de <http://www.puertolimpio.com/nosotros/nuestra-flota>
18. Consorcio Puerto Limpio. (2014). *Recolección de Desechos Domiciliarios*. Obtenido de <http://www.puertolimpio.com/>
19. CPS. (2014). *Procesos Termoquímicos*. Obtenido de <http://www.cps.unizar.es/~proter/Gasificaci%F3n.htm>
20. Definición.De. (2014). *Definición.De*. Recuperado el 4 de Junio de 2014, de [www.definicion.de](http://www.definicion.de)
21. d'Ensenyament, D. (2014). *Poder calorífico de combustibles*. Obtenido de [http://www.xtec.cat/~aferrer8/Combustibles\\_TFR.pdf](http://www.xtec.cat/~aferrer8/Combustibles_TFR.pdf)
22. Dominique Briane, J. D. (1985). *Guide technique de la carbonisation: la fabrication du charbon de bois*. France: Edisud.
23. Ecoespacios. (2012). *Esquema de una planta de biogas*. Obtenido de <http://mpcambiental.com/wordpress/2012/09/biogas-una-alternativa-al-modelo-productivo-actual/esquema-de-una-planta-de-biogas/>
24. Ekos. (Febrero de 2014). *Aumenta el reciclaje de envases de Tetra Pak*. Obtenido de <http://ekosnegocios.com/negocios/verArticuloContenido.aspx?idArt=2911>
25. Elias, X. (2005). *Tratamiento y Valorización Energética de Residuos. Fundación Universitaria Iberoamericana*.
26. Española, R. A. (2001). *Real Academia Española*. Obtenido de Real Academia Española : <http://lema.rae.es/drae/?val=metales>
27. Euiyoung Yoon, S. J. (2002). *Municipal Solid Waste Management in Tokyo and Seoul. Proceedings of Workshop of IGES/APN Mega-City Project*.
28. F.A.M. Lino, K. (2011). *Energy and environmental potential of solid waste in Brazil. Science Direct*.
29. Facts, G. (2014). *Green Facts ( Facts on Health and the Environment)*. Obtenido de <http://www.greenfacts.org/glossary/mno/natural-organic-matter-NOM.htm>

30. Fernández, J. L. (2010). Los desechos solidos como recurso energético. Situación actual y prospectiva en México . *Ingenieria civil, edicion 496*.
31. Foundation, S. S. (2014). *Guia de Reciclaje de Plasticos*. Obtenido de [http://www.tinflex.com/images/Guia\\_Reciclaje\\_Plasticos.pdf](http://www.tinflex.com/images/Guia_Reciclaje_Plasticos.pdf)
32. Gallardo, A. (2000). *Metodología para el diseño de redes de recogida selectiva de RSU utilizando sistemas de información geográfica. Creación de una base de datos aplicable a España*. Valencia: Tesis doctoral publicada en la Universidad Politécnica de Valencia.
33. Gallardo, A., Bovea, M., Ochera, L., & y Albarrán, F. (2006). *Aprovechamiento de la fracción de mezcla de la planta de reciclaje y compostaje de residuos sólidos urbanos de*.
34. Gosh. (2014). *Organics "By Gosh "*. Obtenido de <http://www.organicsbygosh.com/organics-by-gosh-partners-with-city-of-austin-for-zero-waste>
35. Goswami, D. Y. (2007). *Global Energy System. In Handbook of Energy Efficiency and Energy*. United States of America: CRC Press.
36. GSWA. (2014). *Guam Solid Waste Authority*. Obtenido de [guamsolidwasteauthority: http://www.guamsolidwasteauthority.com/resources.html](http://www.guamsolidwasteauthority.com/resources.html)
37. Guerra, P. (2014). Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos. *"5ta Feria Guayasense de Medio Ambiente"*. Guayaquil.
38. Guido Acurio, A. R. (1997). *Diagnóstico de la Situación del Manejo de Residuos Sólidos Municipales en América Latina y el Caribe*. Washington, D.C.
39. Hoornweg, D. P. (2005). Waste Management in China: Issues and Recommendations. (E. A. Bank., Ed.) *Urban Development Working (Papers No. 9.)*.
40. Hoy, D. (08 de Junio de 2011). En Guayaquil se quedan alrededor de 700 toneladas de basura sin recoger. *Hoy Esfera Pública*.
41. Hoy, D. (2013). *Tendencias contemporáneas del reciclaje*. Obtenido de <http://www.hoy.com.ec/especiales2013/reciclaje/>
42. Ibarra, Y. (Agosto de 2011). *Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD*. Obtenido de Sistemas de tratamiento y disposición final de residuos sólidos: [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358012/358012\\_Modulo\\_de\\_curso.pdf](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358012/358012_Modulo_de_curso.pdf)
43. ICE, G. d. (2011). Analysis of the biogas obtained in a landfill as primary fuel in an electric power generation system. *Scientia et Technica*.

44. Incremi. (2010). *Estudio de Factibilidad para el Aprovechamiento del Metano en el Relleno Sanitario Municipal de Satillo, Coahuila*. Coahuila.
45. INEC. (Diciembre de 2010). *Más de 8 de cada 10 hogares ecuatorianos no clasifica la basura*. Obtenido de [http://www.inec.gob.ec/inec/index.php?option=com\\_content&view=article&id=4%3Amas-de-8-de-cada-10-hogares-ecuatorianos-no-clasifica-la-basura&catid=68%3Aboletines&Itemid=51&lang=es](http://www.inec.gob.ec/inec/index.php?option=com_content&view=article&id=4%3Amas-de-8-de-cada-10-hogares-ecuatorianos-no-clasifica-la-basura&catid=68%3Aboletines&Itemid=51&lang=es)
46. INEC. (2010). *VII Censo de Población y VI de Vivienda 2010*.
47. INEC. (2012). *Censo de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales*. Obtenido de [http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas\\_Ambientales/Municipios/Presentacion\\_GADMunicipios.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios/Presentacion_GADMunicipios.pdf)
48. INEC. (Diciembre de 2012). *Información Ambiental en Hogares*. Obtenido de [http://www.inec.gob.ec/Ambientales2012dic/Presentacion\\_Comparables\\_Practicas\\_Hogares.pdf?TB\\_iframe=true&height=600&width=1000](http://www.inec.gob.ec/Ambientales2012dic/Presentacion_Comparables_Practicas_Hogares.pdf?TB_iframe=true&height=600&width=1000)
49. INTI. (2010). *Estudio de Prefactibilidad Situación Nacional e Internacional Propuesta para el Desarrollo Local*. Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Buenos Aires.
50. Jarabo, F. (1999). *La energía de la biomasa* (2 ed.). Madrid: S.A.P.T. publicaciones técnicas, S.L.
51. Jiménez, B. E. (2001). *La contaminación ambiental en México: causas, efectos y tecnología apropiada*. Limusa.
52. Limpio, C. P. (2012). *Puerto Limpio*. Recuperado el 26 de Agosto de 2014, de <http://www.puertolimpio.com/>
53. Lorenzo Y., O. M. (2005). La digestión anaerobia. Aspectos teóricos. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 35-48.
54. Luis F. Diaz, G. M. (2013). Recuperación de Materiales y Energía de Los Residuos Sólidos Municipales. *II Cumbre Internacional del Medio*. Guayaquil.
55. Meadows, D. L. (1972). *Los Límites del Crecimiento*. MIT.
56. Metro, D. (Julio de 2012). *Ecuador exportará papel reciclado*. Obtenido de <http://www.metroecuador.com.ec/28519-ecuador-exportara-papel-reciclado.html>
57. Miller Tyler, G. (1994). *Ecología y Medio Ambiente*. México: Grupo Editorial Iberoamérica.
58. Ministerio del Ambiente. (2014). [www.ambiente.gob.ec](http://www.ambiente.gob.ec). Obtenido de Ministerio del Ambiente | Ecuador.

59. Monteverde, C. (2011). *Guayaquil 360*. Recuperado el 26 de Agosto de 2014, de <https://sites.google.com/site/guayaquil360/project-updates/limpiando-el-puerto>
60. Monteverde, C. (2011). *Guayaquil 360*. Recuperado el 26 de Agosto de 2014, de <https://sites.google.com/site/guayaquil360/home>
61. Muñoz, J. (2014). *Estadística descriptiva y exportación de resultados*. Obtenido de Curso de introducción a Stata:  
[http://gent.uab.cat/jmunoz/sites/gent.uab.cat/jmunoz/files/Curso%20de%20introducci%C3%B3n%20a%20STATA\\_S4.pdf](http://gent.uab.cat/jmunoz/sites/gent.uab.cat/jmunoz/files/Curso%20de%20introducci%C3%B3n%20a%20STATA_S4.pdf)
62. Pacheco, H. B. (2009). *Caracterización de Residuos Domiciliarios del Distrito de Matucana*.
63. Peralta Domenech, C. X. (2012). *Proyecto de Creación de una Fundación para el Manejo y Tratamiento de los Residuos Sólidos Reciclables*. Guayaquil: ESPOL.
64. Pereiro, J. R. (2014). *Res solar (Revista científica de las energías renovables)*. Obtenido de Biomasa y gasificación:  
<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia21/HTML/articulo04.htm>
65. Piedra, I. J. (21 de Junio de 2012). Gestión de residuos, una asignatura pendiente. *Diario Centinela*.
66. Plural, A. (2011). Retos urgentes para un mundo sin basura . *Alerta Naranja* , 12.
67. PP, D. (Enero de 2012). *Ecuador lidera reciclaje de botellas*. Obtenido de <http://www.ppelverdadero.com.ec/pp-comerciante/item/ecuador-lidera-reciclaje-de-botellas.html>
68. Read, A. D. (1999). A Weekly Doorstep Recycling Collection; "I Had no Idea we Could!". En A. D. Read, *Resources, Conservation and Recycling* (Vol. 26, págs. 217-249). Kingston University.
69. Röben, E. (2003). *Oportunidades Para Reducir la Generación de los Desechos Sólidos y Reintegrar Materiales Recuperables en el Círculo Económico*. Loja: Municipio de Loja/ DED (Servicio Alemán de Cooperación Social-Técnica) . Obtenido de [http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacg/guialcalde/3residuos/d3/062\\_Reciclaje/Reciclaje.pdf](http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacg/guialcalde/3residuos/d3/062_Reciclaje/Reciclaje.pdf)
70. Rolando Chamy, E. V. (2007). *Identificación y Clasificación de los Distintos Tipos de Biomasa para la Generación de Biogás*. Santiago de Chile.
71. Runfola, J., & Gallardo, A. (2009). Análisis comparativo de los diferentes métodos de caracterización. *II Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos*. Barranquilla.
72. Saidur, R. a. (2011). A review on biomass as a fuel for boilers. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.

73. T.H. Christensen, T. F. (2010). Recycling of plastic. En T. F. T.H. Christensen, *Solid waste technology and management* (págs. 220-233). Chichester, United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd.
74. Taylor, L. (11 de mayo de 2012). *Recycleopedia*. Obtenido de <http://www.recycleopedia.com/news/news-archive/news-archive-2012/news-archive-may-2012>
75. Tchobanoglous, G., Theisen, H., & y Vigil, S. (1994). *Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Madrid: McGraw-Hill.
76. Telegrafo, D. E. (Agosto de 2013). *El reciclaje reactiva la industria de plásticos*. Obtenido de <http://www.telegrafo.com.ec/economia/item/el-reciclaje-reactiva-la-industria-de-plasticos.html>
77. Themelis, N. (Agosto de 2011). Recovering energy from Waste. *MSW Management in the City of Buenos Aires, Argentina and Potential for a Waste-To-Energy Plant*.
78. Tronix, A. W. (2014). *Avery Weigh Tronix*. Obtenido de [http://www.averyweigh-tronix.com/Industries-Workplaces/waste\\_recycling/Waste-disposal1/Energy-from-waste2/](http://www.averyweigh-tronix.com/Industries-Workplaces/waste_recycling/Waste-disposal1/Energy-from-waste2/)
79. Universo, E. (2005). La basura rendirá más dinero. *El Gran Guayaquil*.
80. USEPA. (2006). *Methane*. Obtenido de <http://www.epa.gov/>
81. USEPA. (2011). *About Methane*. Obtenido de <http://www.globalmethane.org/about/methane.aspx>
82. USEPA. (2014). *Project Development Handbook*. Obtenido de [http://www.epa.gov/lmop/documents/pdfs/pdh\\_chapter1.pdf](http://www.epa.gov/lmop/documents/pdfs/pdh_chapter1.pdf)
83. Villa G., V. R. (2013). Estimating the Relationship Between Socioeconomic Determinants and Solid Waste Production for the Simulation of Waste Production Patterns: The Guayaquil, Ecuador Case Study. *Sardinia*.
84. Yagual, N. O. (1991). La Crisis de la basura en Guayaquil . *Guayaquil Futuro*.