

# Caracterización de los residuos sólidos comunes de la ciudad de Quetzaltenango

Octubre 2021



## Contenido

INTRODUCCIÓN .....	4
1. Socialización del proyecto .....	5
2. Caracterización de los desechos .....	7
3. Resultados .....	9
3.1. Resultados de la socialización .....	9
3.2. Resultados de la recolección de los desechos sólidos comunes.....	10
3.3. Resultados de la caracterización de los desechos sólidos comunes.....	11
3.4. Desechos orgánicos.....	15
3.5. Desechos reciclables .....	16
3.6. Desechos coprocesables .....	18
3.7. Otros desechos no aprovechables .....	21
4. Resultados por estrato .....	23
4.1. Resultados del estrato alto: .....	23
4.2. Resultados del estrato medio: .....	25
4.3. Resultados del estrato bajo:.....	27
5. Contexto de la guía.....	29
5.1. Antecedentes .....	29
5.2. Recurso humano .....	29
5.3. Materiales requeridos.....	29
5.4. Selección de la muestra .....	30
5.5. Proceso de socialización.....	31
5.6. Proceso de recolección .....	33
5.7. Proceso de caracterización .....	33
6. Resultados obtenidos durante el ejercicio de caracterización .....	34
7. Hallazgos y oportunidades de mejora identificadas para la “Guía para elaborar Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Comunes” .....	36
7.1. Recurso humano .....	36
7.2. Materiales requeridos.....	37
7.3. Selección de la muestra .....	40
7.4. Proceso de socialización.....	40

7.5. Proceso de recolección .....	42
7.6. Proceso de caracterización .....	43
8. Conclusiones.....	44
9. Referencias bibliográficas .....	45

## Introducción

La caracterización de residuos y desechos sólidos comunes del municipio de Quetzaltenango es una actividad que está dentro del proyecto “Apoyo a la implementación de la estrategia nacional de desarrollo con bajas emisiones de gases de efecto invernadero a través de la integración de economía circular en los planes de desarrollo municipal”. El proceso de caracterización fue financiado por el Centro y Red de Tecnología del Clima (CTCN; Climate Technology Centre and Network), liderado por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala (MARN), administrado por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) y ejecutado por los consultores Samuel Colop, Mynor García y Katherine Lara, en las fechas comprendidas entre el 16 y 27 de agosto de 2021.

El presente documento muestra la memoria de las fases de trabajo (socialización, recolección y caracterización) y los resultados obtenidos en la caracterización de los residuos y desechos sólidos comunes de la ciudad de Quetzaltenango. Es importante mencionar que se usó como referencia de trabajo la “Guía para Elaborar Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Comunes”, que fue elaborada por el MARN en el 2018.

La generación (estimada) de residuos y desechos sólidos comunes del municipio de Quetzaltenango es de 33,475.41 toneladas/año, con base en una población (estimada) de 170,926 personas<sup>1</sup>. En resumen, se presenta la distribución de los tipos de residuos y desechos sólidos comunes:

Tabla 1. Composición de los residuos y desechos sólidos.

Tipo de residuos y desechos	Porcentaje (%)
Orgánicos	59.89%
Reciclables	22.51%
Coprocesables	16.33%
Otros desechos	1.27%
<b>Total</b>	<b>100.00%</b>

Elaborado por el equipo técnico del CGP+L, septiembre 2021.

---

<sup>1</sup> Guatemala: Estimaciones de la población total por municipio. Período 2008-2020 (al 30 de junio) del Instituto Nacional de Estadística (2020).

## 1. Socialización del proyecto

El 1 de julio de 2021 se tuvo la primera reunión con los representantes de la Municipalidad de Quetzaltenango, del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) y del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Esta reunión se realizó para presentar a la Municipalidad de Quetzaltenango el proyecto de “Caracterización de Desechos Sólidos Comunes del Municipio de Quetzaltenango” que está dentro del marco del programa de “Apoyo a la Implementación de la Estrategia Nacional de Desarrollo con Bajas Emisiones de Gases de Efecto Invernadero a través de la integración de Economía Circular en los planes de Desarrollo Municipal”, para buscar el apoyo de las autoridades correspondientes y explicar el método de trabajo.

El 4 de agosto de 2021 se convocó a los representantes del Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE) de las zonas que se delimitaron dentro de los estratos bajo, medio y alto. La delimitación se hizo con base en los tipos de construcción de las casas que están ubicadas en cada zona del municipio de Quetzaltenango y el uso de curvas de isovalor del Impuesto Único Sobre Inmuebles (IUSI), que fueron desarrolladas por la Municipalidad de Quetzaltenango en el 2020. En esta reunión se presentó a la Municipalidad de Quetzaltenango el siguiente cronograma de trabajo:

Tabla 2. Cronograma de actividades.

Fase	Fecha	Actividad
Coordinación	1 de julio	Primera reunión de acercamiento con la Municipalidad de Quetzaltenango.
	4 de agosto	Acercamiento y socialización con los COCODES de las zonas delimitadas por estratos.
Presentación del cronograma de trabajo para la caracterización de residuos y desechos sólidos.		
Socialización	Del 16 al 19 de agosto	Socialización puerta a puerta con los vecinos.
Caracterización	Del 20 al 27 de agosto	Caracterización de residuos y desechos sólidos en la Ciudad de Quetzaltenango.

El proceso de caracterización de los residuos y desechos sólidos de la ciudad de Quetzaltenango se realizó por estratos socioeconómicos y la muestra ideal es de 77 viviendas/estrato, con base en la Tabla 4 y el apoyo del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN).

Tabla 3. Tabla para determinar el tamaño de la muestra (cantidad de viviendas/estrato).

		Desviación estándar de las muestras del estrato en cuestión (gramos/habitantes/día)				
		50	100	150	200	250
<b>No. Total de viviendas del estrato en cuestión</b>	500	3.8	14.9	32.3	54.7	80.6
	1000	3.8	15.1	33.4	57.9	87.6
	5000	3.8	15.3	34.3	60.7	94.2
	10000	3.8	15.3	34.5	61.1	95.1
	>10000	3.8	15.4	34.6	61.4	95.9

Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2018.

La “Guía para elaborar Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Comunes”, se sugiere que, al no contar con algún estudio de caracterización previo, se debe utilizar como referencia una desviación estándar de 200 gramos/habitante/día (generación de desechos). Además, no se tiene la cantidad de viviendas por estrato, así que se asumió una cantidad mayor a 10,000 viviendas, para garantizar que la muestra sea representativa a cada estrato socioeconómico. También se agregó el 25% de viviendas a la muestra, para garantizar que la muestra se cubra, por si acaso, algunos hogares deciden no continuar con la participación.

La socialización debe tener la confianza de los vecinos, por lo que se solicitó el acompañamiento de los COCODES de cada colonia o zona de la ciudad. En algunas colonias la socialización se tuvo buena aceptación y se amplió la cantidad de casas participantes, pero en otras colonias no se pudo ingresar por falta de coordinación o por reglas internas (para reducir el riesgo de contagio del COVID-19).

## 2. Caracterización de los desechos

El viernes 20 de agosto inició la caracterización de residuos y desechos sólidos comunes del Municipio de Quetzaltenango. La caracterización se realizó por medio de la coordinación de los consultores, con apoyo de la Municipalidad de Quetzaltenango (Dirección de Gestión Ambiental), los COCODES y el MARN.

La caracterización contó con 4 rutas de recolección, para trasladar los residuos y desechos sólidos comunes (basura doméstica) desde las casas participantes hacia la bodega, ubicada en el basurero municipal de Quetzaltenango. En estas instalaciones se realizó el proceso de caracterización de residuos y desechos sólidos comunes, luego, estos se descartaron en el basurero de Quetzaltenango (en los sitios indicados por los responsables del basurero).

Las rutas recolectaron bolsas con basura doméstica de los tres estratos socioeconómicos, así que todas las bolsas fueron identificadas, para evitar la confusión entre estratos. En el sitio de caracterización las bolsas se dispusieron en pilas separadas por estrato, para facilitar el proceso de cuarteado. Esto permitió identificar en una sola pila todas las muestras correspondientes a cada estrato sin importar la ruta de recolección utilizada, lo que redujo el tiempo de transporte de la basura doméstica desde las viviendas hacia el basurero municipal de Quetzaltenango.

El proceso de clasificación incluye el pesaje de todas las muestras recolectadas, para determinar la generación de residuos y desechos sólidos comunes *per cápita*/estrato. Una vez clasificadas las bolsas por estrato socioeconómico, se tomaron las muestras del estrato bajo y se procedió a vaciar todas las bolsas, para realizar el proceso de cuarteo de la basura doméstica y obtener las 100 libras de muestra, para caracterizar los residuos y desechos sólidos comunes. Luego se realizó la limpieza del sitio y se repitió el proceso para los estratos medio y alto. Es importante recordar que los residuos y desechos sólidos comunes del primer día se descartaron y que los datos de la caracterización se documentaron desde el segundo día.



Imagen 1. Clasificación de la basura doméstica.



Imagen 2. Proceso de cuarteo, en la bodega proporcionada en el basurero municipal de Quetzaltenango

La caracterización se realizó por 8 días seguidos (20 al 27 de agosto), los trenes de recolección de basura doméstica iniciaban a las 6:00 horas (Planta de Reciclaje de la Municipalidad de Quetzaltenango) y finalizaban a las 16:30 horas, después de desechar los residuos y desechos sólidos comunes en el basurero de Quetzaltenango.



Imagen 3. Proceso de caracterización de residuos.

### 3. Resultados generales

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del ejercicio de la caracterización de residuos y desechos sólidos del municipio de Quetzaltenango:

#### 3.1. Resultados de la socialización

La socialización tuvo lugar del 16 al 19 de agosto, con apoyo de los COCODES de cada zona participante y los resultados son los siguientes:

Tabla 4. Sitios de socialización.

<b>Estrato alto</b>	<b>Casas por socializar</b>	<b>Casas socializadas</b>
29 avenida zona 1	11	6
El Pilar	11	9
La Cuchilla	11	2
La Floresta	11	6
Los Cerezos	11	39
Primavera II	11	6
Santa María	11	9
<b>Total</b>	<b>77</b>	<b>77</b>
<b>Estrato medio</b>	<b>Casas por socializar</b>	<b>Casas socializadas</b>
Avenida Jesús Castillo	5	3
DELCO I	0	4
El Calvario	14	20
El Pedregal II	10	4
La Independencia	14	15
Los Arcos	10	2
Primavera II	0	7
Trigales	14	19
Valle Verde	10	6
<b>Total</b>	<b>77</b>	<b>80</b>

<b>Estrato bajo:</b>	<b>Casas planificadas a socializar</b>	<b>Casas socializadas</b>
0 calle, zona 9	11	12
Diagonal 14, zona 1	11	13
La Cuchilla	11	10
Colonia Molina	11	10
Primavera II	11	10
Primero de mayo	11	10
Valle Dorado	11	12
<b>Total</b>	<b>77</b>	<b>77</b>

### **3.2. Resultados de la recolección de los residuos y desechos sólidos comunes.**

La recolección de los residuos y desechos sólidos comunes fue realizada por medio de 4 rutas. Estas se encargaron de recolectar la basura doméstica de las casas de los vecinos que participaron en la caracterización y de trasladarla a la bodega ubicada en el Basurero Municipal de Quetzaltenango, para su caracterización. Los resultados de la recolección se presentan a continuación:

Tabla 5. Resultados del proceso de recolección de muestras para la caracterización de desechos sólidos el municipio de Quetzaltenango.

<b>Descripción</b>	<b>Estrato Alto</b>	<b>Estrato Medio</b>	<b>Estrato Bajo</b>
Promedio de viviendas que participaron de forma activa durante la caracterización	63	64	62
Habitantes en la muestra considerada por estrato (77 casas)	351	327	381
Promedio de la generación de desechos sólidos en la muestra considerada por estrato (77 casas)	439.06 lb	401.60 lb	433.34 lb
	199.15 kg	182.16 kg	196.56 kg

### 3.3. Resultados de la caracterización de los residuos y desechos sólidos comunes.

Los resultados de la caracterización de los residuos y desechos sólidos comunes de la ciudad de Quetzaltenango muestran su clasificación y distribución (%):

Tabla 6. Composición de los desechos sólidos.

Tipo de residuo y desecho	Cantidad caracterizada (lb)	Porcentaje (%)
Orgánicos	1,152.90	59.89%
Reciclables	433.36	22.51%
Coprocesables	314.35	16.33%
Otros desechos	24.26	1.27%
<b>Total</b>	<b>1,924.87</b>	<b>100.00%</b>

Gráfica 1. Composición de los desechos sólidos.

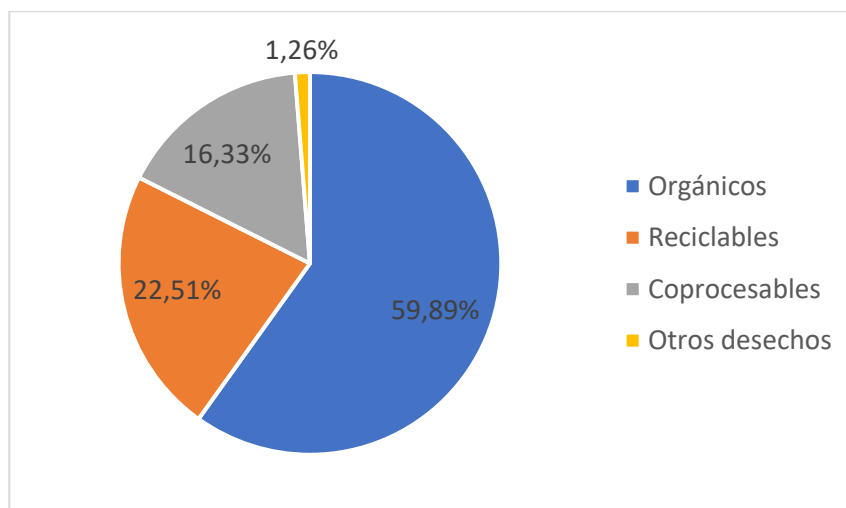


Tabla 7. Población estimada para el municipio de Quetzaltenango.

Estrato Socioeconómico	Porcentaje de la población, según el PNUD <sup>2</sup>	Cantidad de población estimada por el INE <sup>3</sup>
Alto	6%	10,256
Medio	58%	99,137
Bajo	36%	61,533
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>170,926</b>

La generación (estimada) de residuos y desechos sólidos es de 33,475.41 toneladas métricas/año, para el municipio de Quetzaltenango. Esto se calculó con información de la Tabla 5 y 7, que brindan los datos de generación de residuos y desechos sólidos comunes/persona, la población estimada para el 2021 (INE, 2020) y la distribución socioeconómica de las áreas urbanas de Guatemala (PNUD, 2014).

El proceso para calcular la Tasa de generación usa la ecuación 1, el proceso realizado se ejemplifica con el estrato alto:

$$Tasa\ de\ generación = \frac{Promedio\ de\ generación\ diaria}{Personas\ participantes\ en\ la\ caracterización\ del\ estrato\ alto}$$

Ecuación 1. Tasa de generación *per cápita* diaria para el estrato alto.

Al usar los datos presentados en la Tabla 5, se tiene el siguiente resultado:

$$Tasa\ de\ generación = \frac{439.06\ lb/día}{351\ personas} = \frac{1.25\ lb}{persona\ al\ día}$$

Cálculo 1. Tasa de generación *per cápita* diaria para el estrato alto.

<sup>2</sup> Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2014). *Perfil Estratos Sociales 2014*. Consultado en: <https://www.gt.undp.org/content/guatemala/es/home/library/poverty/perfil-estratos-sociales-2014.html>

<sup>3</sup> Instituto Nacional de Estadística (INE, 2020). *Guatemala: Estimaciones de la población total por municipio. Período 2008-2020 (al 30 de junio)*. Guatemala. 6 pp. Consultado en: [http://www.oj.gob.gt/estadistica/j/reportes/poblacion-total-por-municipio\(1\).pdf](http://www.oj.gob.gt/estadistica/j/reportes/poblacion-total-por-municipio(1).pdf)

La tasa de generación y la cantidad de población (estimada) permiten calcular la generación de residuos y desechos sólidos comunes del municipio de Quetzaltenango, de la siguiente forma:

$$Tasa\ de\ generación\ anual = Tasa\ de\ generación\ diaria * \frac{30\ días}{1\ mes} * \frac{12\ meses}{1\ año}$$

Ecuación 2. Tasa de generación *per cápita* anual.

Los elementos de la Ecuación 2 se sustituyen para conocer la Tasa de generación anual del estrato alto:

$$Tasa\ de\ generación\ anual = \frac{1.25\ lb}{persona\ al\ día} * \frac{30\ días}{1\ mes} * \frac{12\ meses}{1\ año} = \frac{450\ lb}{persona\ al\ año}$$

Cálculo 2. Tasa de generación *per cápita* anual para el estrato alto.

La tasa de generación persona/año se multiplica por la población (estimada) y se obtiene la generación anual de los estratos (alto, medio y bajo) del municipio de Quetzaltenango:

$$Generación\ anual\ (en\ lb) = Tasa\ de\ generación\ anual\ (en\ lb) * Población\ proyectada$$

Ecuación 3. Generación anual por estrato (en lb).

Al usar los datos de la tabla 7, se obtiene la tasa de generación/año, se pone como ejemplo el cálculo para el estrato alto:

$$Generación\ anual\ (en\ lb) = \frac{450\ lb}{persona\ al\ año} * 10,256\ personas = 4,615,200\ lb/año$$

Cálculo 3. Generación anual por estrato (en lb) para el estrato alto.

Para convertir esta generación anual en libras a toneladas métricas se usa la ecuación 4 y el cálculo 4:

$$Generación\ anual\ (en\ tonelada\ métrica) = Generación\ anual\ (en\ lb) * \frac{1\ tonelada\ métrica}{2,200\ lb}$$

Ecuación 4. Generación anual por estrato (en tonelada métrica).

$$\text{Generación anual (en tonelada métrica)} = \frac{4,615,200 \text{ lb}}{\text{año}} * \frac{1 \text{ tonelada métrica}}{2,200 \text{ lb}} = \frac{2,099.28 \text{ ton}}{\text{año}}$$

Cálculo 4. Generación anual en tonelada métricas, para el estrato alto.

Al realizar estos cálculos para los tres estratos se obtuvo la Tabla 8:

Tabla 8. Datos de la caracterización realizada para el municipio de Quetzaltenango.

Descripción	Estrato Alto	Estrato Medio	Estrato Bajo
Promedio de generación de desechos sólidos por persona	1.25 ± 0.38 lb/persona/día	1.23 ± 0.16 lb/persona/día	1.14 ± 0.14 lb/persona/día
	567.39 ± 174.55 gramos/persona/día	557.07 ± 76.18 gramos/persona/día	515.91 ± 62.11 gramos/persona/día
Proyección de generación para el municipio de Quetzaltenango	2,099.28 toneladas/año	19,923.60 toneladas/año	11,452.53 toneladas/año

La generación de residuos y desechos sólidos comunes para el municipio de Quetzaltenango es de 33,475.41 toneladas/año, que actualmente llegan al basurero Municipal de Quetzaltenango.

Tabla 9. Generación (estimada) de residuos y desechos sólidos comunes/año.

Tipo de residuo y desecho	Toneladas métricas/año	Porcentaje (%)
Orgánicos	20,048.42	59.89%
Reciclables	7,535.31	22.51%
Coprocesables	5,466.54	16.33%
Otros desechos	425.14	1.27%
<b>Total</b>	<b>33,475.41</b>	<b>100.00%</b>

### 3.4. Desechos orgánicos

Los desechos orgánicos provienen de fuentes naturales y son biodegradables, como los restos de alimentos (de origen animales y vegetales) y la madera. Según el resultado obtenido, este tipo de residuo representa el 59.89% de los residuos y desechos sólidos comunes que son generados en el municipio de Quetzaltenango. Esto significa que cada año se generan 20,050.09 toneladas métricas de residuos orgánicos, que pueden utilizarse para generar abono y reducir la liberación de 84,210.37 toneladas de CO<sub>2eq</sub>, lo que se traduce en una reducción de la huella de carbono del municipio de Quetzaltenango.

Para estimar la huella de carbono que se puede evitar al hacer abono, se multiplicó el volumen de generación por el factor de emisión por tonelada de residuos y desechos sólidos (4.20 toneladas de CO<sub>2eq</sub><sup>4</sup>), con base en la información de IPCC<sup>5</sup>. El cálculo se muestra a continuación:

$$\text{Huella de carbono} = \text{Factor de emisión} * \text{Dato de generación de la fuente}$$

Ecuación 6. Cálculo de huella de carbono.

$$\text{Huella de carbono} = \frac{4.20 \text{ tonCO}_{2eq}}{\text{ton desechos orgánicos}} * 20,050.09 \text{ ton desechos orgánicos} = 84,210.37 \text{ tonCO}_{2eq}$$

Cálculo 6. Cálculo de huella de carbono.

Los desechos orgánicos se componen de la siguiente manera:

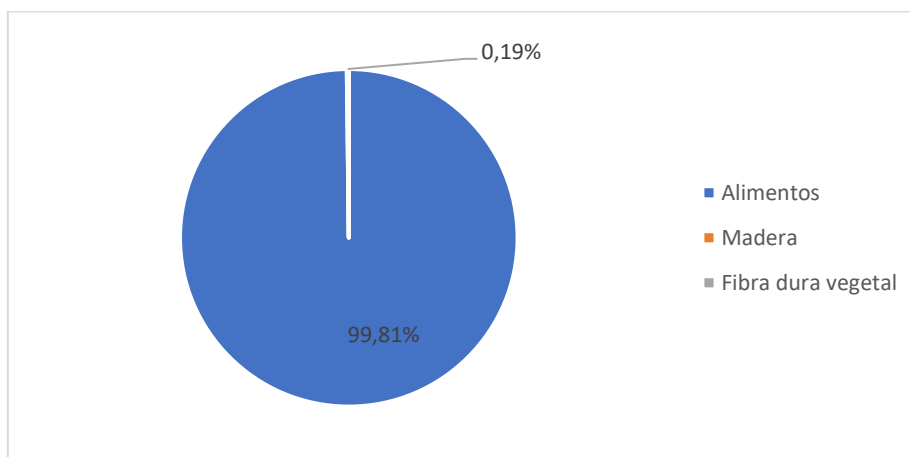
Tabla 10. Composición de los residuos orgánicos en el municipio de Quetzaltenango.

Composición	Cantidad caracterizada (lb)	Porcentaje de este tipo de desecho (%)	Porcentaje del total generado (%)
Alimentos de origen vegetal y animal	1,150.70	99.81%	60.17%
Madera	2.20	0.19%	0.12%
Fibra dura vegetal	0.00	0.00%	0.00%
<b>Total</b>	<b>1,152.90</b>	<b>100.00%</b>	<b>60.29%</b>

<sup>4</sup> CO<sub>2eq</sub> = Unidad de medida estándar para la determinación de huella de carbono. Esta posee un potencial de calentamiento global de 1 unidad.

<sup>5</sup> IPCC. (S.F.) *Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Capítulo 5. Desechos*. Páginas 5.1 a 5.35. Consultado en: [https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/spanish/5\\_Waste\\_ES.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/spanish/5_Waste_ES.pdf)

Gráfica 2. Composición de los residuos orgánicos generados en el municipio de Quetzaltenango.



El 99.81% del total de los residuos orgánicos, corresponden a los restos de alimentos de origen animal y vegetal. El 0.19% de los residuos orgánicos corresponde a la generación de madera (incluye aglomerados), estos se pueden utilizar como biomasa para procesos de combustión o coprocesamiento, esto permite aprovechar todos los residuos orgánicos.

### 3.5. Residuos reciclables

Los residuos reciclables son aquellos que es posible volver a introducirlos a un ciclo productivo, mediante un reproceso industrial, luego de su uso como parte de un producto. Este tipo de residuo está compuesto por plástico, papel, cartón, vidrio, metales, entre otros. El 22.51% de todos los residuos y desechos sólidos comunes pueden ser aprovechados con procesos de reciclaje. Aunque se necesita hacer campañas de educación ambiental, para la implementar un sistema de clasificación de residuos. A continuación, se detalla la composición de los residuos reciclables:

Tabla 11. Descripción de los desechos reciclables en el municipio de Quetzaltenango.

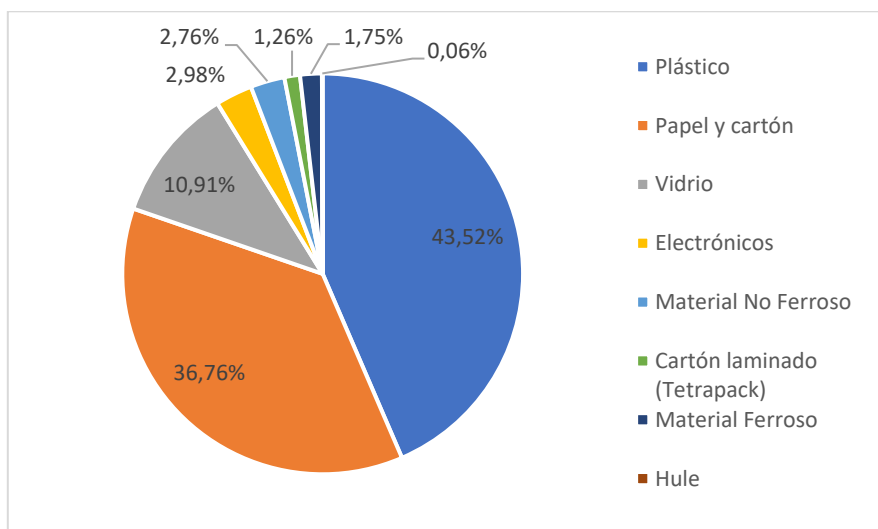
Descripción	Detalle
Plástico	Polietileno, polipropileno y tereftalato de polietileno
Papel y cartón	Papel no sanitario, cartón liso y corrugado
Vidrio	Vidrio transparente y de color
Material Ferroso	Latas de conservas, clavos, alambre y cualquier material ferromagnético
Material No Ferroso	Latas de aluminio y cualquier material no ferromagnético
Envase de cartón laminado (producido por Tetrapack)	Envases de alimentos líquidos, como leche
Electrónicos	Equipos que posean integrados de control (electrónicos)
Hule	Mangueras flexibles, llantas y cualquier material fabricado de hule

Los resultados obtenidos sobre residuos reciclables se presentan a continuación:

Tabla 12. Composición de los desechos reciclables en el municipio de Quetzaltenango.

Composición	Cantidad caracterizada (lb)	Porcentaje de este tipo de desecho (%)	Porcentaje del total generado (%)
Plástico	188.61	43.52%	9.80%
Papel y cartón	159.30	36.76%	8.28%
Vidrio	47.30	10.91%	2.46%
Electrónicos	12.90	2.98%	0.67%
Material No Ferroso	11.95	2.76%	0.62%
Material Ferroso	7.60	1.75%	0.39%
Cartón laminado (Tetrapack)	5.45	1.26%	0.28%
Hule	0.25	0.06%	0.01%
<b>Total</b>	<b>433.36</b>	<b>100.00%</b>	<b>22.51%</b>

Gráfica 3. Composición de los desechos reciclables generados en el municipio de Quetzaltenango.



El 90.93% de los materiales reciclables lo componen el plástico, papel, cartón y vidrio, por tanto, se sugiere que la estrategia priorice el aprovechamiento de estos materiales. En el caso del plástico, el 62.65% es polietileno (plástico de película, como las bolsas plásticas), el 33.22% es polipropileno (plástico duro, como recipientes utilizados para jabones y taparrosas de botellas) y el 4.14% es tereftalato de polietileno (PET, como las botellas de las bebidas).

La baja cantidad de generación que representan otros materiales reciclables, como los materiales ferrosos y no ferrosos, cartón laminado, electrónicos y hule, se sugiere que en una segunda fase se tenga previsto el aprovechamiento de estos. El hule puede ser aprovechable mediante el proceso de pirólisis, obteniéndose combustibles líquidos y gaseosos, que pueden ser utilizados en los sistemas térmicos industriales y contribuir a la reducción de uso de combustibles fósiles.

### 3.6. Desechos coprocesables

Los materiales coprocesables son aquellos que pueden tratarse térmicamente y permiten recuperar energía. Dentro de esta categoría se considera al papel sanitario, pañales, trapos contaminados y el poliestireno expandido (Duroport). Este último, a pesar de ser un polímero (plásticos), no se considera como plástico reciclable porque no tiene un proceso de reciclaje industrializado que sea viable económicamente. Según la estimación realizada, en el municipio de Quetzaltenango se generan aproximadamente 5,466.86 toneladas métricas anuales de residuos coprocesables.

La composición de los residuos coprocesables se presenta a continuación:

Tabla 13. Descripción de los residuos coprocesables en el municipio de Quetzaltenango

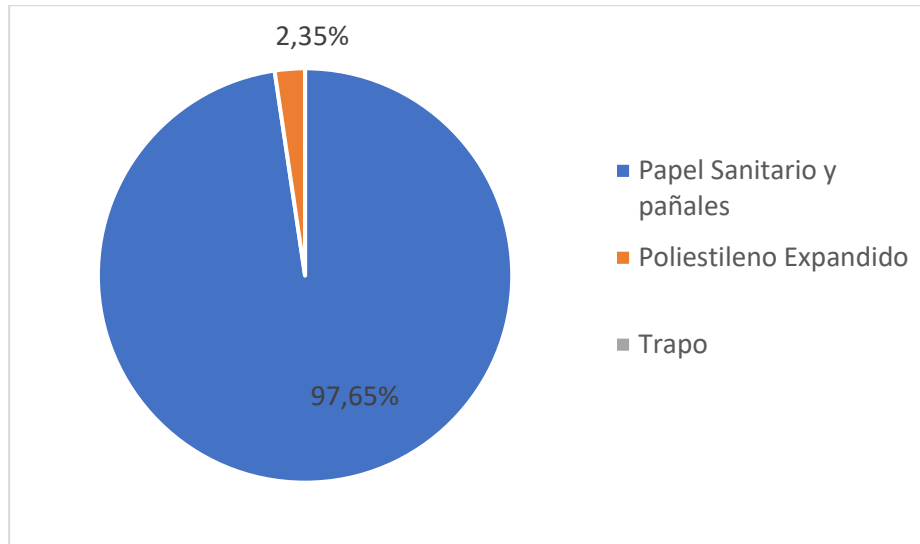
Descripción	Detalle
Papel Sanitario y pañales desechables	Papel higiénico, incluyendo desechos sanitarios, servilletas, toallas de papel, toallas húmedas, productos de higiene femenina y pañales desechables.
Trapo	Tela de algodón y sintética.
Poliestireno Expandido	Termoplástico utilizado para traslado de alimentos que requieran aislamiento térmico, como vasos para café y bandejas de almuerzo.

Los resultados de la caracterización de estos desechos se presentan a continuación:

Tabla 14. Composición de los residuos coprocesables en el municipio de Quetzaltenango.

Composición	Cantidad caracterizada (lb)	Porcentaje de este tipo de desecho (%)	Porcentaje del total generado (%)
Papel Sanitario y pañales	306.95	97.65%	15.42%
Poliestileno Expandido	7.40	2.35%	0.37%
Trapo	0.00	0.00%	0.00%
<b>Total</b>	<b>314.35</b>	<b>100.00%</b>	<b>15.79%</b>

Gráfica 4. Distribución de los residuos coprocesables generados en el municipio de Quetzaltenango.



A continuación, se presentan los cálculos para conocer la cantidad de energía que se puede generar (potencialmente) con los residuos coprocesables:

Para el cálculo de la energía posible de generarse, se utiliza la ecuación 7 y el poder calorífico inferior (PCI) medio de los desechos coprocesables es de 10.466 MJ/kg<sup>6</sup>.

$$\text{Energía (en GWh)} = \text{PCI} * \text{Residuos coprocesables generados} * \frac{2.77 \times 10^{-7} \text{ GWh}}{1 \text{ MJ}}$$

Ecuación 7. Determinación de energía posible de generar proveniente de la cogeneración con residuos sólidos coprocesables.

$$\text{Energía (en GWh)} = \frac{10.466 \text{ MJ}}{\text{kg}} * \frac{5,466,862 \text{ kg}}{\text{año}} * \frac{2.77 \times 10^{-7} \text{ GWh}}{1 \text{ MJ}} = 15.89 \text{ GWh/año}$$

Cálculo 7. Determinación de energía posible de generar proveniente de la cogeneración con residuos sólidos coprocesables.

<sup>6</sup> Gobierno Vasco. (2007). *Guía técnica para la medición, estimación y cálculo de las emisiones al aire. Capítulo 17. Valorización de Residuos Sólidos Urbanos*. Consultado en: [https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/eprtr/es\\_guia/adjuntos/residuos\\_urbanos.pdf](https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/eprtr/es_guia/adjuntos/residuos_urbanos.pdf)

Conociendo este dato es posible calcular la potencia de la planta generadora mediante la Ecuación 8:

$$Energía \left( \frac{MWh}{día} \right) = Energía \left( \frac{GWh}{año} \right) * \frac{1,000 MWh}{1 GWh} * \frac{1 año}{365 días}$$

$$Potencia (MW) = \left( Energía \left( \frac{MWh}{día} \right) \right) * \frac{1 día}{24 horas}$$

Ecuación 8: Cálculo de potencia de generación.

$$Energía \left( \frac{MWh}{día} \right) = 15.89 GWh * \frac{1,000 MWh}{1 GWh} * \frac{1 año}{365 días} = 43.54 MWh/día$$

$$Potencia (MW) = \left( 43.83 \frac{MWh}{día} \right) * \frac{1 día}{24 horas} = 1.81 MW$$

Cálculo 8: Cálculo de potencia de generación.

Al sustituir el PCI y los datos presentados en la Tabla 14, para los desechos coprocesables, daría una capacidad de generación de energía de 1.81 MW, equivalente a una generación total de 15.89 GWh anuales. Además, se estima que la energía proveniente de coprocesamiento puede proveer el equivalente al 0.39% de la energía eléctrica que demanda el departamento de Quetzaltenango.

Para determinar el porcentaje de la generación posible de cubrir con esta fuente de energía se utiliza la Ecuación 9:

$$Porcentaje de generación = \frac{Generación con desechos coprocesables}{Demanda del Departamento de Quetzaltenango} * 100$$

Ecuación 9: Porcentaje de participación en la generación eléctrica del Departamento de Guatemala.

Según el registro del Ministerio de Energía y Minas de Guatemala por medio del Administrador del Mercado Mayorista<sup>7</sup>, en el departamento de Guatemala se tuvo una demanda de 4,416.92 GWh durante el 2020. Sustituyendo este dato en la Ecuación 9 se tiene:

$$\text{Porcentaje de generación} = \frac{1.81 \text{ GWh/año}}{469.45 \text{ GWh/año}} * 100 = 0.39\%$$

Ecuación 9: Porcentaje de participación en la generación eléctrica del Departamento de Quetzaltenango.

### 3.7. Desechos no aprovechables

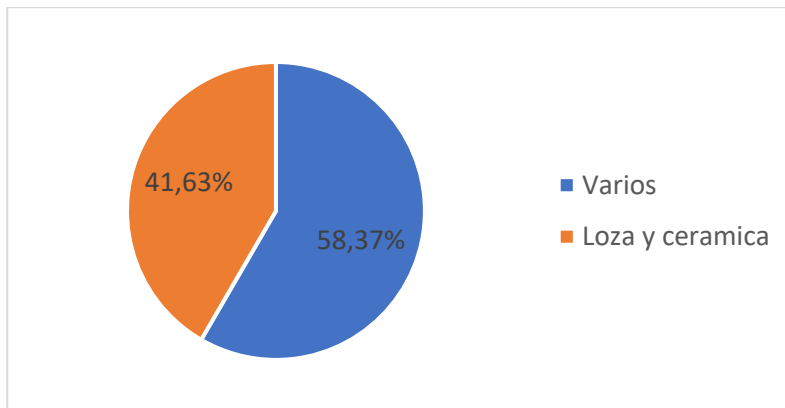
Los resultados obtenidos para los “desechos no aprovechables”, muestran la presencia de loza y cerámica (de momento no aprovechable en ningún proceso de recuperación, debido a su naturaleza) y “varios” (en donde se incluyen desechos de baja generación y no aprovechables, como pilas alcalinas, focos, insecticidas, productos de limpieza y material médico, incluyendo gasas, algodones, medicamentos caducos), estos desechos representan el 1.22% del total de los residuos y desechos sólidos comunes que se generan en Quetzaltenango. Debido a la situación sanitaria provocada por el virus SARS-COV-2, causante del COVID-19 se observó una fuerte generación de guantes y mascarillas desechables, las cuales se están destinando en la basura común por la población, aunque estas son potencialmente bio-infecciosos y deben de destinarse a una incineración controlada, como lo establece el Acuerdo Gubernativo 509-2001, “Reglamento para el manejo de desechos sólidos hospitalarios”, que fue emitido por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.

Tabla 15. Composición de los desechos no aprovechables en el municipio de Quetzaltenango.

Composición	Cantidad caracterizada (lb)	Porcentaje de este tipo de desecho (%)	Porcentaje del total generado (%)
Varios	14.16	58.37%	0.71%
Loza y cerámica	10.10	41.63%	0.51%
<b>Total</b>	<b>24.26</b>	<b>7.72%</b>	<b>1.22%</b>

<sup>7</sup> Administrador del Mercado Mayorista (2021) *Revista Digital*. GUATEMALA 2020: DEMANDA DE ENERGÍA A NIVEL DEPARTAMENTAL. Consultado en: <https://rd.amm.org.gt/2021/02/10/demanda-energia-departamental/>

Gráfica 5. Composición de los desechos coprocesables generados en el municipio de Quetzaltenango.



#### 4. Resultados por estrato

A continuación, se presentan los resultados obtenidos por estrato socioeconómico del municipio de Quetzaltenango.

##### 4.1. Resultados del estrato alto:

En el estrato alto se obtuvo una composición de residuos y desechos en donde predominó la generación de residuos orgánicos (59.22%). Además, el 99.31% de los residuos y desechos sólidos comunes son potencialmente valorizables, mediante las estrategias que se presentan en el inciso 3. Si se tuviera un correcto manejo de los residuos y desechos sólidos comunes en el municipio de Quetzaltenango, únicamente el 0.69% (otros desechos) de los desechos generados irían al vertedero municipal. Así mismo, los datos para el estrato alto se consideran confiables, porque generación diaria/persona es de 567.39 gramos y desviación estándar es de 174.55 gramos, por lo que se considera que la sugerencia de desviación estándar fue la correcta, con base en la “Guía para Elaborar Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Comunes”.

Tabla 16. Composición de los residuos y desechos sólidos comunes del estrato alto.

Composición	Cantidad caracterizada (lb)	Porcentaje (%)
Orgánicos	378.95	59.22%
Reciclables	174.40	27.25%
Coprocesables	82.15	12.84%
Otros desechos	4.41	0.69%
<b>Total</b>	<b>639.91</b>	<b>100.00%</b>

Gráfica 6. Composición de los residuos y desechos sólidos comunes del estrato alto.

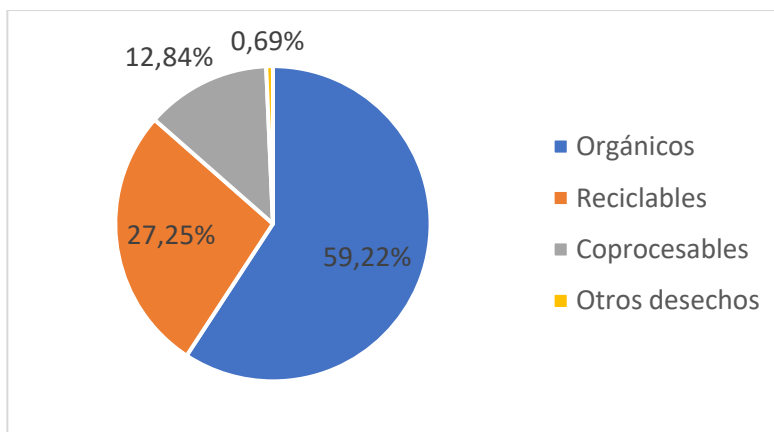


Tabla 17. Detalle de los desechos generados en el estrato alto.

Composición		Cantidad caracterizada (lb)	Porcentaje por tipo de desecho (%)	Porcentaje del total de los desechos del estrato (%)
Orgánicos	Alimentos	377.05	99.50%	59.22%
	Madera	1.90	0.50%	
	Fibra dura vegetal	0.00	0.00%	
	<b>Total, orgánicos</b>	<b>378.95</b>	<b>100.00%</b>	
Reciclables	Papel y cartón	80.90	46.39%	27.25%
	Plástico	64.80	37.16%	
	Vidrio	19.30	11.07%	
	Material No Ferroso	4.45	2.55%	
	Material Ferroso	3.10	1.78%	
	Cartón laminado (Tetrapack)	1.85	1.06%	
	Electrónicos	0.00	0.00%	
	Hule	0.00	0.00%	
	<b>Total, reciclables</b>	<b>174.40</b>	<b>100.00%</b>	
Coprocesables	Papel Sanitario y pañales	81.05	98.66%	12.48%
	Poliestireno Expandido	1.10	1.34%	
	Trapo	0.00	0.00%	
	<b>Total, Coprocesables</b>	<b>82.15</b>	<b>100.00%</b>	
Otros Desechos	Loza y cerámica	1.41	31.97%	0.67%
	Varios	3.00	68.03%	
	<b>Total, Otros Desechos</b>	<b>4.41</b>	<b>100.00%</b>	
<b>Total</b>		<b>639.91</b>	<b>100.00%</b>	<b>100.00%</b>

#### 4.2. Resultados del estrato medio:

En el estrato medio obtuvo una composición de residuos y desechos sólidos comunes en donde predominó la generación de residuos orgánicos (61.38%). Además, el 97.79% de los residuos y desechos son potencialmente valorizables, mediante las estrategias que se presentan en el inciso 3. Si se tuviera un correcto manejo de los residuos y desechos sólidos comunes en el municipio de Quetzaltenango, únicamente el 2.21% (otros desechos) de los desechos generados irían al vertedero municipal.

Los datos para el estrato medio se consideran confiables, porque generación diaria/persona es de 557.07 gramos y la desviación estándar es de 76.18 gramos, por lo que se considera que la sugerencia de desviación estándar fue la correcta. Al considerar la variación obtenida, se sugiere que se utilice para la siguiente caracterización una muestra de 20 viviendas (ya incluye el 25% extra de viviendas, para la muestra), con base en la “Guía para Elaborar Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Comunes”.

Tabla 18. Composición de los residuos y desechos sólidos comunes del estrato medio.

Composición	Cantidad caracterizada (lb)	Porcentaje (%)
Orgánicos	406.95	61.38%
Reciclables	146.76	22.14%
Coprocesables	94.65	14.28%
Otros desechos	14.64	2.21%
<b>Total</b>	<b>663.00</b>	<b>100.00%</b>

Gráfica 7. Composición de los residuos y desechos sólidos comunes del estrato medio.

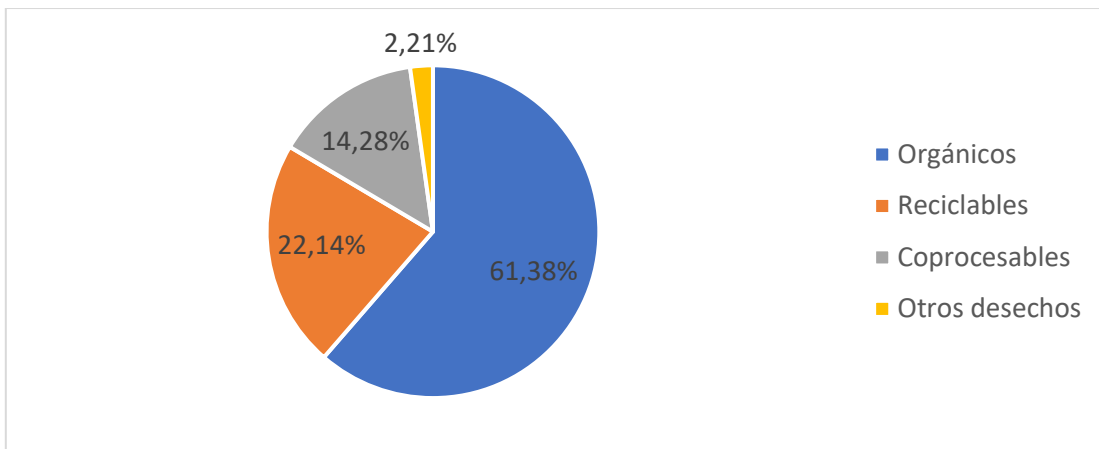


Tabla 19. Detalle de los desechos generados en el estrato medio

Composición		Cantidad caracterizada (lb)	Porcentaje por tipo de desecho (%)	Porcentaje del total de los desechos del estrato (%)
Orgánicos	Alimentos	406.65	99.93%	61.38%
	Madera	0.30	0.07%	
	Fibra dura vegetal	0.00	0.00%	
	<b>Total, orgánicos</b>	<b>378.95</b>	<b>100.00%</b>	
Reciclables	Plástico	64.81	44.16%	22.14%
	Papel y cartón	43.65	29.74%	
	Vidrio	15.40	10.49%	
	Electrónicos	11.70	7.97%	
	Material No Ferroso	6.45	4.39%	
	Cartón laminado (Tetrapack)	1.75	1.19%	
	Material Ferroso	2.90	1.98%	
	Hule	0.10	0.07%	
	<b>Total, reciclables</b>	<b>146.76</b>	<b>100.00%</b>	
Coprocesables	Papel Sanitario y pañales	92.50	97.73%	14.28%
	Poliestileno Expandido	2.15	2.27%	
	Trapo	0.00	0.00%	
	<b>Total, Coprocesables</b>	<b>94.65</b>	<b>100.00%</b>	
Otros Desechos	Loza y cerámica	12.69	86.68%	2.21%
	Varios	1.95	13.32%	
	<b>Total, Otros Desechos</b>	<b>14.64</b>	<b>100.00%</b>	
<b>Total</b>		<b>663.00</b>	<b>100.00%</b>	<b>100.00%</b>

### 4.3. Resultados del estrato bajo:

En el estrato bajo obtuvo una composición de residuos y desechos sólidos comunes en donde predominó la generación de residuos orgánicos (59.01%). Además, el 99.16% de los residuos y desechos son potencialmente valorizables, mediante las estrategias que se presentan en el inciso 3. Si se tuviera un correcto manejo de los residuos y desechos sólidos comunes en el municipio de Quetzaltenango, únicamente el 0.84% (otros desechos) de los desechos generados irían al vertedero municipal.

Los datos para el estrato bajo se consideran confiables, porque generación diaria/persona es de 515.91 gramos y la desviación estándar es de 62.11 gramos, por lo que se considera que la sugerencia de desviación estándar fue la correcta. Al considerar la variación obtenida, se sugiere que se utilice para la siguiente caracterización una muestra de 20 viviendas (ya incluye el 25% extra de viviendas, para la muestra), con base en la "Guía para Elaborar Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Comunes".

Tabla 20. Composición de los residuos y desechos sólidos comunes del estrato bajo.

Composición	Cantidad caracterizada (lb)	Porcentaje (%)
Orgánicos	367.00	59.01%
Reciclables	112.20	18.04%
Coprocesables	137.55	22.12%
Otros desechos	5.21	0.84%
<b>Total</b>	<b>621.96</b>	<b>100.00%</b>

Gráfica 8. Composición de los residuos y desechos sólidos comunes del estrato bajo.

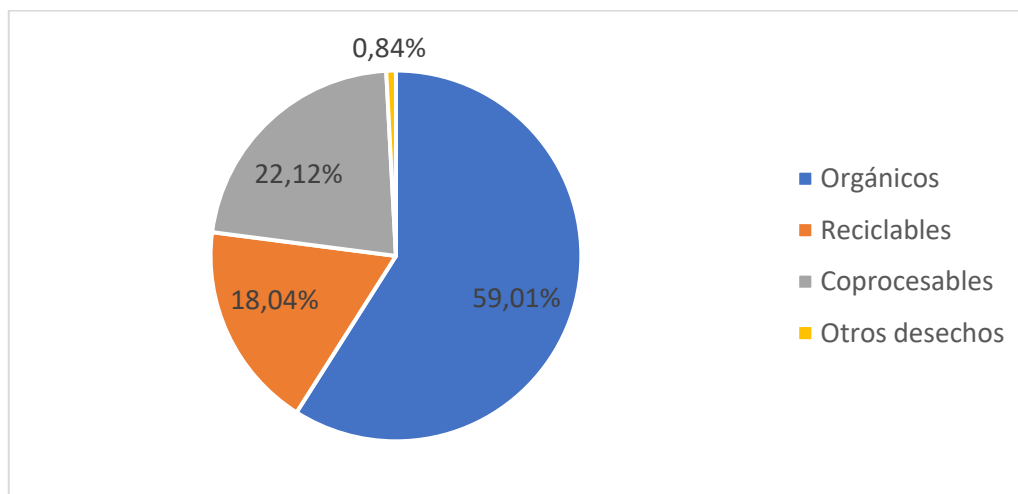


Tabla 21. Detalle de los desechos generados en el estrato bajo.

Composición		Cantidad caracterizada (lb)	Porcentaje por tipo de desecho (%)	Porcentaje del total de los desechos del estrato (%)
Orgánicos	Alimentos	367.00	100.00%	59.01%
	Madera	0.00	0.00%	
	Fibra dura vegetal	0.00	0.00%	
	<b>Total, orgánicos</b>	<b>367.00</b>	<b>100.00%</b>	
Reciclables	Plástico	59.00	52.58%	18.04%
	Papel y cartón	34.75	30.97%	
	Vidrio	12.60	11.23%	
	Cartón laminado (Tetrapack)	1.85	1.65%	
	Material Ferroso	1.60	1.43%	
	Electrónicos	1.20	1.07%	
	Material No Ferroso	1.05	0.94%	
	Hule	0.15	0.13%	
	<b>Total, reciclables</b>	<b>112.20</b>	<b>100.00%</b>	
Coprocesables	Papel Sanitario y pañales	133.40	96.98%	20.72%
	Poliestireno Expandido	4.15	3.02%	
	Trapo	0.00	0.00%	
	<b>Total, Coprocesables</b>	<b>137.55</b>	<b>100.00%</b>	
Otros Desechos	Loza y cerámica	5.15	98.85%	0.78%
	Varios	0.06	1.15%	
	<b>Total, Otros Desechos</b>	<b>5.21</b>	<b>100.00%</b>	
<b>Total</b>		<b>621.96</b>	<b>100.00%</b>	<b>100.00%</b>

## **5. Contexto de la Guía para Elaborar Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Comunes**

### **5.1. Antecedentes**

La “Guía para Elaborar Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Comunes” fue elaborada por el MARN en el 2018, con el apoyo de PNUD, en el marco del proyecto “Paisajes Productivos Resilientes al Cambio Climático y Redes Socioeconómicas Fortalecidas en Guatemala”. El equipo de trabajo fue liderado por el Ingeniero Agrónomo Jorge Oswaldo Grande Carballo, jefe del Departamento para el Manejo de Residuos y Desechos Sólidos (DEMARDS). Contó con el apoyo de la Arquitecta Melissa Álvarez, la Licenciada Sandra López y el Licenciado Otto Sandoval, todos asesores del DEMARDS.

La guía fue elaborada con el propósito de generar una metodología aprobada y validada en campo, que considere los factores socioculturales existentes en el país. Además, se busca cumplir la “Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos”, Acuerdo Gubernativo 281-2015.

### **5.2. Recurso humano**

En la guía se especifican los siguientes actores que estarán involucrados en las caracterizaciones:

- Tabuladores: son los encargados de realizar la encuesta inicial (durante la socialización) y la manipulación de residuos en el proceso de caracterización.
- Técnicos: es el personal que apoya al coordinador y se encarga de supervisar las actividades de los tabuladores, para garantizar los datos de las mediciones.
- Coordinador: es el encargado de supervisar todas las actividades del estudio.

### **5.3. Materiales requeridos**

Como parte del equipo se tiene contemplados los siguientes insumos:

- 1 o 2 vehículo (pickups) para la recolección de la basura doméstica.
- Toneles de 200 litros.
- Palanganas de plástico de 10 litros.
- Palas curvas.
- Overoles.
- Guantes.
- Escobas.
- Recogedores de basura.
- Botas de hule.
- Mascarillas.
- Cernidor de madera (1m x 1.5 m con malla de ½”).
- Balanzas de piso.
- Balanzas sensibles.

- Tableros tamaño carta u oficio.
- Marcadores permanentes.
- Pintura en aerosol.
- Estampas (calcomanías o stickers).
- Bolsas de polietileno (0.70 m x 0.50m, calibre mínimo no. 200).
- Ligas de hule gruesas (para cerrar bolsas).
- Papelería y varios.

#### 5.4. Selección de la muestra

Para la selección de la muestra la guía establece que se tiene que diferenciar a la población según el estrato socioeconómico (alto, medio y bajo). Para la selección de la muestra se sugiere el uso de la siguiente tabla:

Tabla 22. Número de muestras (viviendas) para la determinación de la producción per cápita – PPC – de cada estrato socioeconómico.

Cantidad de casas en el estrato	Desviación estándar de las muestras del estrato en cuestión (gramos/habitantes/día)				
	50	100	150	200	250
500	3.8 casas/estrato	14.9 casas/estrato	32.5 casas/estrato	54.7 casas/estrato	80.6 casas/estrato
1000	3.8 casas/estrato	15.1 casas/estrato	33.4 casas/estrato	57.9 casas/estrato	87.6 casas/estrato
5000	3.8 casas/estrato	15.3 casas/estrato	34.3 casas/estrato	60.7 casas/estrato	94.2 casas/estrato
10000	3.8 casas/estrato	15.3 casas/estrato	34.5 casas/estrato	61.1 casas/estrato	95.1 casas/estrato
>10000	3.8 casas/estrato	15.4 casas/estrato	34.6 casas/estrato	<b>61.4 casas/estrato</b>	95.9 casas/estrato

Fuente: Guía para elaborar Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Comunes, 2018

La guía establece que se tome una desviación estándar de 200 gramos/habitante/día, como referencia, cuando no existen estudios previos y también se recomienda aumentar un 25% el tamaño de la muestra, para cubrir la muestra mínima en caso de que algunos vecinos no deseen continuar su participación en el proyecto. Para la obtención de los datos sobre la población (cantidad de casas en el poblado) se sugiere utilizar la información del Instituto Nacional de Estadística (INE, 2020).

## 5.5. Proceso de socialización

El proceso de socialización se hace casa a casa, por lo que la guía sugiere tener un plano del área, con la cantidad de viviendas en cada sitio y elegir las de manera completamente aleatoria y con números al azar. En cada vivienda seleccionada, la persona que hace la socialización se debe de identificar y mencionar el objetivo de la actividad. Si no se cuenta con el apoyo de la familia, se selecciona otra vivienda, que esté inmediata a ésta. Pero si la respuesta es positiva, se usa la siguiente encuesta:

Imagen 4. Formato de la encuesta utilizado en la socialización.

															
<b>Apoyo a la Implementación de la Estrategia Nacional de Desarrollo con Bajas Emisiones de Gases de Efecto Invernadero a través de la integración de Economía Circular en los Planes De Desarrollo Municipal</b>															
<b>Datos generales</b>															
Código del encuestador:				Localidad											
Código de vivienda:				Estrato:											
<b>Datos de la vivienda</b>															
Calle o avenida:				Número de casa:											
Número de apto.:				Colonia / Barrio:											
Municipio:				No. Habitantes:											
<b>Manejo de desechos:</b>															
Tipo de recipiente utilizado para almacenar sus residuos y desechos (basura)															
Bolsa plástica				Costal				Caja de cartón				Otro:			
Frecuencia de recolección de residuos y desechos (veces por semana)															
Alternativa en caso de que no exista recolección de desechos															
Quemar				Enterrar				Tirar				Otro:			
Opinión del servicio de recolección								B		R		M			
Observaciones:															

Fuente: Guía para elaborar Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Comunes, 2018

Durante la socialización, la “Guía para elaborar Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Comunes” especifica que las casas participantes se deben señalar con la siguiente nomenclatura:

Imagen 5. Formato de identificación.



Fuente: Guía para elaborar Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Comunes, 2018.

La “Guía para elaborar Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Comunes” sugiere que la identificación sea hecha con pintura en aerosol o con calcomanías (en lugares visibles), para facilitar la identificación de las casas (muestra) que brindarán los residuos y desechos sólidos comunes (Imagen 3). Además, se aconseja que solo se recolecte la basura de un estrato, para que no se complique la separación de las muestras.

Imagen 6. Proceso de identificación de viviendas



Fuente: Guía para elaborar Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Comunes, 2018

Adicionalmente, la “Guía para Elaborar Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Comunes” especifica que a cada vivienda se le deben de entregar las bolsas plásticas del día (para disponer los desechos sólidos), para evitar que sean destinadas a otro uso. Además, se sugiere que sólo se coloquen los desechos del día y que las bolsas no se saquen a la calle, para que los animales (gatos perros callejeros) no rompan las bolsas.

#### **5.6. Proceso de recolección**

La recolección de los residuos y desechos sólidos comunes (basura doméstica) se debe realizar durante 8 días consecutivos y se hace en las casas que recibieron la socialización. La guía sugiere que la recolección de la basura doméstica se realice por estrato y que se use un megáfono, para anunciar cuando se van a recolectar los desechos, para que las personas saquen las bolsas plásticas (basura doméstica) a la calle.

La bolsa plástica debe de ser identificada inmediatamente después de ser recolectada, se puede usar pintura en aerosol o marcador permanente, para dar trazabilidad a la bolsa. Los pesos de las bolsas (con residuos y desechos sólidos comunes) se deben de anotar en una hoja de control, para registrar el peso total de la muestra de desechos sólidos del día, que se usará para obtener el dato de generación per cápita.

#### **5.7. Proceso de caracterización**

La guía sugiere que, para determinar la composición física de la muestra de residuos y desechos sólidos comunes, estos se saquen de las bolsas plásticas (estrato a analizar) y se viertan en un área que permita mezclarlos con palas. Luego se procede a realizar un cuarteo del material (residuos y desechos sólidos comunes), retirando 2/4 partes (opuestas entre sí). Si la muestra restante es muy grande, se procede a juntar los dos cuartos restantes y se vuelve a cuartear. El proceso se repite hasta que se tengan 100 libras de la muestra de residuos y desechos sólidos.

La clasificación establecida para los desechos sólidos es la siguiente:

- Orgánico.
- Papel y cartón.
- Plástico.
- Vidrio.
- Material ferroso.
- Material no ferroso.
- Varios (caucho, cuero, tierra, etc.).
- Desechos sanitarios.
- Peligrosos.
- Especiales.

Al clasificar los desechos se pesa cada uno por separado, considerando los volúmenes pequeños a pesarse en una balanza sensible. Luego se obtiene el porcentaje de cada residuo y se determina la densidad de cada material. Al finalizar el ejercicio, se limpia el área de trabajo y se repite el procedimiento.

## 6. Resultados obtenidos durante el ejercicio de caracterización

Con base en la experiencia que se tuvo durante el ejercicio técnico se identificaron los siguientes datos:

Tabla 23. Resultados de la caracterización.

Descripción	Estrato Alto	Estrato Medio	Estrato Bajo
Viviendas socializadas	77	80	77
Promedio de viviendas que participaron de forma activa	63	64	62
Habitantes en la muestra total considerada por estrato (77 viviendas)	351	327	381
Promedio de la generación total de desechos sólidos de la muestra considerada por estrato (77 viviendas)	439.06 lb	401.60 lb	433.34 lb
	199.15 kg	182.16 kg	196.56 kg
Promedio de generación de desechos sólidos por persona	1.25 ± 0.38 lb/persona/día	1.23 ± 0.16 lb/persona/día	1.14 ± 0.14 lb/persona/día
	567.39 ± 174.55 g/persona-día	557.07 ± 76.18 g/persona-día	515.91 ± 62.11 g/persona-día
Proyección de generación para todo el municipio de Quetzaltenango para el año 2021	2,099.28 toneladas/año	19,923.60 toneladas/año	11,452.53 toneladas/año

Estos resultados muestran que la generación *per cápita* del municipio de Quetzaltenango es variable, según el estrato socioeconómico y que el mayor generador de desechos es el estrato

medio. Los resultados también muestran que la desviación de la generación por persona es baja, en especial en el estrato bajo, en donde se tuvo una variación de apenas 0.062 kg/persona/día, lo que supone una estabilidad de los datos obtenidos.

## **7. Hallazgos y oportunidades de mejora identificadas para la “Guía para elaborar Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Comunes”**

La experiencia obtenida en la caracterización de residuos y desechos sólidos comunes se usa como base para sugerir oportunidades de mejora aplicables a la metodología de la “Guía para elaborar Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Comunes”, las cuales se presentan a continuación:

### **7.1. Recurso humano**

- La guía especifica los cargos de las personas que deben participar en la caracterización (tabuladores, técnicos y coordinador), pero no se especifica la cantidad de personas para cada uno de los puestos, por lo que se recomienda identificar la proporción entre la cantidad de personas y la cantidad de casas (1 tabulador o técnico por cada 10 casas).
- Se recomienda que por cada 3 trenes de recolección se tenga un coordinador. El coordinador también se sugiere que funja como un supervisor durante el proceso de recolección de muestras, para utilizar de la mejor manera posible los fondos destinados a la actividad.
- Para cada piloto se sugiere que se asignen dos técnicos y que las tres personas conformen una ruta de recolección de basura doméstica. Los técnicos deben encargarse de recolectar la basura doméstica y apoyar en los procesos de cuarteo y caracterización de residuos y desechos sólidos comunes.
- Se sugiere que se tenga contemplado el puesto de “piloto”. Además, la recolección se debe hacer en pickups de doble cabina, ya que cada unidad debe transportar hasta tres personas. Según la experiencia que se tuvo, cada unidad se encuentra capacitada para trasladar entre 30 y 40 bolsas plásticas con basura doméstica.
- Los tabuladores y técnicos deben ser puestos equivalentes, porque en la socialización la persona puede ser “tabulador” y durante la caracterización la misma persona puede ser el “técnico”. Esto facilitará el proceso de recolección, porque los tabuladores conocen las casas y a las personas que participan en la caracterización.
- La persona que funja como piloto puede fungir como tabulador y piloto, durante la socialización. Aunque, la persona sólo puede ser piloto durante el proceso de recolección de desechos sólidos comunes.
- Se recomienda que las personas que hagan la socialización cuenten con el apoyo de los COCODES, para aumentar la participación de los vecinos. Además, las personas que forman los

COCODES conoce la localidad, lo que reducirá el tiempo para efectuar el proceso de socialización y recolección de la basura doméstica.

## 7.2. Materiales requeridos

En la “Guía para elaborar Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Comunes” no se tiene contemplados algunos materiales que son necesarios para el ejercicio técnico. Asimismo, la cantidad de pickups recomendada es insuficiente para realizar la actividad de caracterización de residuos y desechos sólidos comunes. Por lo que se sugiere utilizar los siguientes materiales:

Tabla 24. Cantidad de materiales sugeridos y sugerencias.

Material	Cantidad sugerida	Sugerencias
Pickups, para la recolección de muestras	1 por cada 30 viviendas a caracterizar.	Se sugiere utilizar vehículos doble cabina, para que puedan estar en cada tren de recolección hasta 3 personas.
Toneles de 200 litros	1 por cada 60 viviendas a caracterizar.	Se sugieren toneles de 110 litros por los volúmenes de generación.
Palanganas de plástico de 10 litros	1 para cada estrato a caracterizar.	
Palas curvas	1 por cada 30 viviendas a caracterizar.	Se sugiere el uso de palas cuadradas, para facilitar la recolección de los desechos.  Adicionalmente, para el proceso de mezcla se sugiere el uso de 1 azadón o rastrillo por cada 60 viviendas.
Overoles	1 por persona.	Se sugiere utilizar gabachas de soldador por la rigidez y protección que ofrecen.
Guantes	1 par por persona/día.	Se recomienda considerar al menos un 25% más de guantes ya que estos sufren desgaste durante el ejercicio técnico y es necesario reemplazarlos.
Escobas	1 por cada 30 viviendas.	Se recomienda la compra de una unidad (escoba/recogedor de basura) por cada 60 viviendas.
Recogedores de basura	1 por cada 30 viviendas.	También se sugiere comprar un palo adicional (repuesto para la escoba/recogedor) por cada 120 viviendas, porque se quiebran durante la caracterización.

Material	Cantidad sugerida	Sugerencias
Botas de hule	1 par por persona.	
Mascarillas	1 persona/día, como mínimo	Se sugiere que se brinden mascarillas quirúrgicas o KN-95.
Cernidor de madera de 1m x 1.5 m con malla de ½"	1 para el ejercicio técnico.	Durante la caracterización no fue necesario usar el cernidor, porque los lixiviados generados por los desechos orgánicos se mezclaron con los residuos y desechos finos, así que no se pudieron separar.
Balanza de piso	1 balanza.	
Balanza sensible	1 balanza.	
Tableros tamaño carta u oficio	1 tablero por cada tren de recolección o por cada tabulador.	Se sugiere que se utilicen tamaño carta y <i>que (adicionalmente) se brinden estampas de identificación, con los códigos de las rutas establecidas.</i>
Marcadores permanentes	2 por cada tren de recolección.	Para identificar las bolsas plásticas, se escribirá sobre las calcomanías.
Botes de pintura en aerosol	1 por cada tren de recolección.	Se sugiere que estos sean utilizados para marcar muestras especiales. Por ejemplo: Las bolsas plásticas con desechos sólidos comunes que pertenecen a casas con pacientes positivos a COVID-19.
Estampas (Stickers)	2 por vivienda a caracterizar (se ponen durante la socialización). Una con el logo del MARN y otra con el código de la vivienda.	Se sugiere agregar 8 por vivienda, con el código que le corresponda, para ponerlas en las bolsas plásticas, para identificarlas.
Bolsas de polietileno (0.70 m x 0.50m), el calibre mínimo debe de ser no. 200.	2 vivienda/día.	Las bolsas para el día 1 de caracterización se entregan durante la socialización. Las bolsas plásticas para los siguientes días se entregan el día que se recogen las bolsas plásticas con basura.

Material	Cantidad sugerida	Sugerencias
Ligas de hule gruesas, para cerrar bolsas	0 (cero).	El uso de ligas de hule es impráctico para cerrar bolsas. Es preferible realizar nudos con lazo delgado (pita delgada) o con tiras de plástico que se pueden hacer con bolsas plásticas.
Papelería y varios	<p><i>Para colaboradores:</i></p> <p>1 carné de identificación.</p> <p>3 lapiceros por persona (mínimo).</p> <p><i>Por vivienda:</i></p> <p>1 hoja de papel para dos encuestas.</p> <p>1 hoja de papel, para brindar información durante la socialización.</p> <p>1 hoja de papel, para brindar una nota de agradecimiento.</p> <p><i>Para la ruta de recolección:</i></p> <p>Detalles de la ruta de recolección, que muestre los códigos, números de casa, el orden de recolección de bolsas plásticas y los datos de la familia participante (nombre y forma de contacto).</p> <p>Listado de viviendas, para anotar los pesos de las bolsas plásticas y para llevar el control de participación de las viviendas.</p>	

### **7.3. Selección de la muestra**

La guía establece que se tome una desviación estándar de 200 gramos/habitante/día, como referencia, cuando no existen estudios previos y que se aumente el 25% de la muestra estimada, para cubrir la muestra mínima, en caso de que algunos vecinos no deseen continuar su participación. Este dato se considera adecuado para garantizar la fiabilidad de la muestra inicial, sin embargo, para futuros estudios se sugiere que se utilice la caracterización de desechos sólidos de este proyecto, como antecedente para definir la muestra.

### **7.4. Proceso de socialización**

- Se sugiere que lo realice el mismo personal que realizará la caracterización, para facilitar la identificación de las casas que participan en el estudio. Aunque se sugiere el uso de planos municipales para ubicar las casas participantes, se evidenció que en algunas ocasiones no se cuenta con esta información.
- La información del registro para el Impuesto Único Sobre Inmuebles (IUSI) puede servir de guía para la estratificación de la muestra (estratos socioeconómicos).
- Se sugiere que, para el proceso de socialización, las Municipalidades Auxiliares sean las que se encarguen de la coordinación con las diferentes colonias y grupos organizados de vecinos.
- La socialización debe de ser puerta a puerta, así que se sugiere que se realice en horarios extendidos, hasta las 19:00 o 20:00 horas, dependiendo de las condiciones de seguridad de las colonias, para que más viviendas tengan la oportunidad de participar.
- La “Guía para elaborar Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Comunes” especifica que se deben de señalar las viviendas participantes, con el número de la vivienda. Sin embargo, hay sitios en donde no es funcional debido a la nomenclatura que manejan (Callejón del Judío, Manzana B, Lote 33, por ejemplo). Por ello, se sugiere que se tengan códigos correlativos, partiendo del 001 hasta el número que sea requerido, conservándose la letra de identificación del estrato que corresponda y una letra que identifique la localidad en la que se realiza el estudio. De esta manera será más fácil ubicar las viviendas al momento de la recolección (ver Imagen 7).

Imagen 7. Sugerencia de formato de identificación.



Fuente: Equipo técnico del CGP+L (2021).

Durante este proceso se señalaron las casas participantes con dos etiquetas, una con el logo del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) y otra con un código de identificación único. Para este ejercicio se utilizaron los siguientes códigos de identificación:

Tabla 25. Códigos utilizados para la identificación de las viviendas participantes.

Estrato	Letra de identificación	Rango de códigos utilizados
Bajo, Quetzaltenango	BX	BX – 001 al BX-077
Medio, Quetzaltenango	MX	MX – 001 al MX-077
Alto, Quetzaltenango	AX	AX – 001 al AX-077

- Adicionalmente, se debe de generar una hoja de control, que permita identificar las viviendas con el código asignado y ubicarlas de forma fácil. Esa hoja debe de tener el nombre del contacto, para comunicarse con la persona de la vivienda, en caso de que no se encuentre la basura fuera de la vivienda y que nadie responda la llamada a la puerta. Es importante que antes de la socialización se conozca el horario de las rutas de recolección, para comunicarlo a los vecinos.

- La identificación de las viviendas no debe de realizarse con espray en ningún caso, ya que los vecinos tienden a lavar la identificación y se pierde la señalización. De igual manera, las etiquetas deben ser blancas y con recuadro negro, para que sea más fácil identificarlas en de colores oscuros y claros.
- La “Guía para elaborar Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Comunes” especifica que las bolsas plásticas se entreguen cada día a las viviendas, para evitar que sean usadas para algo diferente. Aun así, se notó que algunas personas entregaron los desechos sólidos en bolsas diferentes, aunque estas se encuentren identificadas. Sin embargo, la mayoría de los vecinos brindaron los desechos sólidos en las bolsas que se les brindaron. Por lo que se sugiere que se brinden 8 bolsas desde el primer día, para ahorrar tiempo en la recolección y si fuera necesario se pueden dar más bolsas plásticas.

### **7.5. Proceso de recolección**

- Se sugiere que se usen con calcomanías (stickers) con los códigos de las viviendas y que las bolsas plásticas se identifiquen con las calcomanías (llenarlas a mano, con marcador).
- Cada ruta de recolección debe de tener calcomanías y marcadores permanentes, para que puedan identificar bolsas plásticas. El uso de las calcomanías facilita el proceso de recoger los desechos sólidos de dos o más estratos, aunque se sugiere que las bolsas plásticas se separen al momento de la descarga, momento en el cual se sugiere que se realice el pesaje de las muestras, para su registro y cálculo de la generación diaria de desechos.
- Se recomienda el uso de pickups de doble cabina, ya que cada tren de recolección debe de estar compuesto de al menos 2 personas y debe de existir sitio adicional para una tercera persona (un supervisor o una persona del MARN, que supervisa la actividad). Los pickups pueden mover los residuos y desechos sólidos comunes de 30-40 viviendas (por el volumen), aunque tienen una capacidad de 3.3 toneladas, lo que equivale aproximadamente a los residuos y desechos sólidos comunes de 60-80 viviendas.

## 7.6. Proceso de caracterización

- Los residuos y desechos sólidos del día 1 de recolección se deben de descartar. Por lo que se sugiere que se realice un taller con todo el personal que participa en la caracterización, para practicar el proceso de pesaje, cuarteo y caracterización de residuos y desechos sólidos. Es importante recordar que estos datos no deben de reportar, únicamente servirán como ejercicio didáctico.
- La guía (Guía para Elaborar Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Comunes) expone que, para determinar la composición física de la muestra de residuos y desechos sólidos, estos se saquen de las bolsas plásticas (del estrato a analizar) y se viertan en el suelo, para poder mezclarlos con palas. Adicionalmente, se sugiere usar azadones o con rastrillos para el proceso de mezclado.
- Es recomendable que el personal se divida en dos grupos, uno para realizar el proceso de cuarteo y otro para realizar la clasificación de desechos, de esta forma se puede reducir el tiempo de la actividad significativamente.
- Los polvos finos no se deben de considerar durante la caracterización, ya que, al realizar el proceso de mezcla, los lixiviados de los desechos orgánicos tienden a formar un lodo con el material particulado, lo que hace imposible su separación. *Los polvos finos podrán considerarse si los vecinos realizan una clasificación de los desechos sólidos (orgánicos e inorgánicos).*
- Para futuros ejercicios se sugiere que los residuos y desechos sólidos comunes se separen (los orgánicos aparte, porque liberan agua). Porque al momento de realizar la mezcla para obtener la muestra, algunos desechos ganan peso (el papel, cartón y papel higiénico) y otros pierden peso.
- La caracterización se puede realizar en la época seca del año, porque la lluvia es un factor que altera el peso de la muestra, en especial si las familias participantes tienen los botes de basura a la intemperie.
- Es importante que se pregunte si en las casas hay algún caso positivo de Covid-19, para que se tomen las medidas de seguridad adicionales, para evitar que se contagien las personas que están haciendo el proceso de caracterización.
- Todos los residuos y desechos sólidos se deben de desinfectar antes de iniciar el proceso de caracterización. Por ello es importante que se considere el uso de alcohol (70%) en el sitio de clasificación y que se brinde suficiente alcohol a cada tren de recolección, para que se tenga una desinfección continua de los colaboradores durante la ruta. No se aconseja el uso de amonio cuaternario, porque este afectará el resultado, ya que este no se volatiliza, como el alcohol (70%).

## 8. Conclusiones

- El municipio de Quetzaltenango, en el 2021, va a generar 33,475.41 toneladas métricas de residuos y desechos sólidos comunes.
- Los residuos orgánicos son el principal desecho sólido común que se genera en el municipio de Quetzaltenango, corresponde al 59.89% de la generación total. Esto representa la posibilidad de convertir en abono las 20,050.09 toneladas de residuos orgánicos que se generan al año.
- La huella de carbono se puede reducir en 84,210.37 toneladas de CO<sub>2eq</sub>, si se convierte el 100% de los residuos orgánicos en abono.
- Los materiales reciclables corresponden al 22.51% de los residuos y desechos sólidos comunes que se caracterizaron. El 80.28% de estos se compone de plástico, papel y cartón, por lo que se sugiere que se inicie con una campaña para fomentar el reciclaje de estos materiales. Para mejorar el resultado de la campaña de reciclaje, se deben crear planes de educación ambiental, que sean impulsados por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y por la Municipalidad de Quetzaltenango.
- El 16.33% de los residuos y desechos sólidos comunes son potencialmente coprocesables, por lo que se estima que con las 5,466.86 toneladas/ anuales de este tipo de desecho, se tiene el potencial de generar 15.89 GWh de energía eléctrica, que es equivalente a una planta de 1.81 MW, lo que representa la cobertura del 0.39% de la necesidad energética del Departamento de Quetzaltenango, con base en los datos del Ministerio de Energía y Minas<sup>8</sup>.
- El 1.26% de los residuos y desechos sólidos comunes se clasificaron como “Otros desechos”, los cuales no tienen un potencial de aprovechamiento en una economía circular. En este rubro podemos encontrar vajillas de cerámica, mascarillas, medicamentos caducos y baterías. Estos desechos deben de tener una gestión especial en el vertedero municipal, para evitar que sean fuentes de contaminación.

---

<sup>8</sup> Administrador del Mercado Mayorista (2021) *Revista Digital*. GUATEMALA 2020: DEMANDA DE ENERGÍA A NIVEL DEPARTAMENTAL. Consultado en: <https://rd.amm.org.gt/2021/02/10/demanda-energia-departamental/>

## 9. Referencias bibliográficas

Administrador del Mercado Mayorista (2021) *Revista Digital*. GUATEMALA 2020: DEMANDA DE ENERGÍA A NIVEL DEPARTAMENTAL. Consultado en: <https://rd.amm.org.gt/2021/02/10/demanda-energia-departamental/>

Gobierno Vasco. (2007). Guía técnica para la medición, estimación y cálculo de las emisiones al aire. Capítulo 17. Valorización de Residuos Sólidos Urbanos. Consultado en: [https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/eprtr/es\\_guia/adjuntos/residuos\\_urbanos.pdf](https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/eprtr/es_guia/adjuntos/residuos_urbanos.pdf)

Instituto Nacional de Estadística – INE. (2020). *Guatemala: Estimaciones de la población total por municipio. Período 2008-2020 (al 30 de junio)*.

Méndez, C. (2016) *La capital registra 297 asentamientos precarios*. El Periódico. Guatemala. Publicado el 10/01/2016. Consultado en: <https://elperiodico.com.gt/nacionales/2016/01/10/la-capital-registra-297-asentamientos-precarios/>

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales - MARN. (2018). *Guía para elaborar Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Comunes*. Guatemala. 28 pp. Consultado en: <https://www.marn.gob.gt/Multimedios/13193.pdf>

Panel Intergubernamental del Cambio Climático – IPCC (S.F.) Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Capítulo 5. Desechos. Páginas 5.1 a 5.35. Consultado en: [https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/spanish/5\\_Waste\\_ES.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/spanish/5_Waste_ES.pdf)

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - PNUD (2014). *Perfil Estratos Sociales 2014*. Consultado en: <https://www.gt.undp.org/content/guatemala/es/home/library/poverty/perfil-estratos-sociales-2014.html>