

UNIVERSIDAD
CIENTÍFICA
DEL SUR

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**“CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES
DEL DISTRITO DE MAGDALENA DEL MAR, DEPARTAMENTO
DE LIMA, PERÚ”**

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERA AMBIENTAL

Presentado por:

Karen Jazmin Huamán Casachagua (0000-0002-7428-3774)

Asesor:

Jorge Luis Cárdenas Ruiz (0000-0001-9313-905X)

Lima – Perú

2022

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Lima, 25 de agosto del 2022.

Los integrantes del Jurado de tesis:

| |
|---|
| Presidente: Mg. Blgo. Dámaso Wilfredo Ramirez Huaroto |
| Miembro: Mg. Ing. Roxana Yanett Diaz Vega |
| Miembro: Ing. Alexander Emanuel Diaz Sotil |

Se reúnen para evaluar la tesis titulada:

"CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES DEL DISTRITO DE MAGDALENA DEL MAR, DEPARTAMENTO DE LIMA, PERÚ"

Presentada por la/el estudiante/bachiller:

- **Karen Jazmín Huamán Casachagua**

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Asesorado por: Ing. Jorge Luis Cárdenas Ruiz

Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño del estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental en la sustentación, concluyen de manera unánime () por mayoría simple (x) calificar a:

| | | | |
|---------------------------------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| Tesis: Karen Jazmín Huamán Casachagua | | | Nota (en letras): (Catorce) 14 |
| Aprobado (X) | Aprobado - Muy buena () | Aprobado - Sobresaliente () | Desaprobado () |

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.



Mg. Blgo. Dámaso Wilfredo Ramirez Huaroto
Presidente



Mg. Ing. Roxana Yanett Diaz Vega
Miembro 1



Ing. Alexander Emanuel Diaz Sotil
Miembro 2



Ing. Jorge Luis Cárdenas Ruiz
Asesor

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis padres, Carmen y Toño, quienes me impulsaron a realizar el presente proyecto y a ser una mejor persona y profesional cada día.

Resumen

El aumento exponencial de la generación de residuos es un problema mundial. Por ello, la caracterización de Residuos Sólidos Municipales (RSM) permite dimensionar el almacenamiento, valorización, traslado y disposición final con el fin de diseñar y/u optimizar la gestión de residuos. Se caracterizaron los RSM de Magdalena del Mar durante ocho días el 2019, utilizando la metodología de la Guía para la Caracterización de Residuos Sólidos Municipales del Ministerio del Ambiente 2018. Para ello, se escogieron aleatoriamente 115 domicilios para el análisis de RSM domiciliarios; también, 110 comercios, 10 instituciones educativas (IE), 4 mercados y 10 muestras de barrido de calles para el análisis de RSM no domiciliarios; y 19 muestras de residuos especiales. El análisis reveló que Magdalena del Mar tiene una generación total de 69 381,19 kg/día y una generación per cápita total de 1,113 kg/habitante/día. Aproximadamente, el 79,53% de los RSM son aprovechables, según el estudio, siendo los residuos orgánicos (51,31%) el mayor porcentaje. Para el análisis estadístico, se determinó la varianza, la desviación estándar y el coeficiente de variación de generación per cápita, densidad y humedad. Además, se desarrollaron propuestas para el manejo de RSM, obteniendo que, si se implementa la segregación y comercialización, se alcanzaría una ganancia aproximada de S/ 880,05 mensuales y una disminución de 1 946,76 kg/mes de RSM, los cuales ya no serían colocados en camiones y dispuestos en rellenos sanitarios.

Palabras claves

Residuos sólidos municipales; caracterización; gestión ambiental; generación per cápita; densidad; volumen; humedad; composición porcentual.

Abstract

The exponential increase in waste generation is a global problem. For this reason, the characterization of Municipal Solid Waste (MSW) allows the dimensioning of storage, recovery, transport, treatment and final disposal in order to design and/or optimize waste management. The MSW of Magdalena del Mar was characterized for eight days in 2019, using the methodology of the Guide for the Characterization of Municipal Solid Waste of the Ministerio del Ambiente 2018. For this, 115 homes were randomly chosen for the analysis of household MSW; also, 110 businesses, 10 educational institutions (IE), 4 markets and 10 street sweeping samples for the analysis of non-residential MSW; and 19 special waste samples. The analysis revealed that Magdalena del Mar has a total generation of 69,381.19 kg/day and a total per capita generation of 1,113 kg/inhabitant/day. Approximately 79.53% of MSW are usable, according to the study, with organic waste (51.31%) being the highest percentage. For the statistical analysis, the variance, the standard deviation and the coefficient of variation of generation per capita, density and humidity were determined. In addition, proposals for the management of MSW were developed, obtaining that, if segregation and commercialization are implemented, an approximate profit of S/ 880.05 per month and a decrease of 1,946.76 kg/month of MSW would be achieved, which they would no longer be put on trucks and disposed of in landfills.

Keywords

Municipal solid waste; characterization; environmental management; generation percapita; density; volume; humidity; composition.

I. INTRODUCCIÓN

El crecimiento exponencial de la población humana, la industrialización y la urbanización, han provocado una gran producción de RSM (Subhasish et al., 2019). Por ello, para el 2030, se estima que se generen 2,59 billones de toneladas de residuos por año en el mundo y para el 2050, se estima que la generación alcance las 3,40 toneladas (Kaza et al., 2020). En América Latina y el Caribe (ALC), en el 2016, se produjeron 231 millones de toneladas de residuos (Kaza et al., 2020), además, según Ziegler et al. (2019), ALC es una región en la que los vertederos son el sitio de disposición final de más del 30% de los RSM. En países de Sudamérica, los mecanismos de recolección, tratamiento, aprovechamiento y disposición final son ejecutados con técnicas inapropiadas por la participación del sector informal (Quillos et al., 2018). En Perú, en el 2019, se generaron 7 781 904.29 toneladas de RSM y se tuvo una generación per cápita de RSM de 0.81 kg/hab./día (SINIA, 2022). El problema de la gestión de los RSM se está agravando debido al mal uso del suelo y la infraestructura, la falta de capacidad técnica y financiera, el escaso cumplimiento de las regulaciones, la mala coordinación entre las autoridades, la morosidad, el ordenamiento territorial y las políticas deficientes (Ravindra et al., 2015). Sin embargo, uno de los principales problemas de la población es el constante crecimiento, ya que cada año se generan mayores cantidades de residuos debido al aumento de las tasas de consumo (Gilardino et al., 2017). A pesar de que se han realizado mejoras en la gestión de residuos, más del 90% de los mismos continúan inadecuadamente gestionados en países emergentes y en desarrollo (Espinoza et al., 2021).

Por otra parte, el patrón de consumo de los hogares está relacionado con el aumento de los ingresos que se traduce en cambios en la composición y las cantidades de residuos; sin embargo, entre otros factores socioeconómicos que influyen en la tasa de generación de RSM, se encuentran el número de miembros de la familia, la educación, la ocupación, etc. (Khan et al., 2016). Además, la cantidad y composición de residuos difiere según el país, región o comunidad, pues las diferencias podrían ser por el nivel de ingresos, la división socioeconómica, las costumbres de consumo o los hábitos de descarte de las personas (Ugwu et al., 2020).

Como consecuencia de la deficiente gestión de residuos se genera lo siguiente: la difusión de vectores, olor desagradable por la degradación de la fracción orgánica, combustión de biomasa, lixiviación de compuestos tóxicos, degradación de los paisajes existentes, emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI), entre otros, los cuales generan impactos económicos, sociales y ambientales como la contaminación del suelo, de cuerpos de agua superficiales y subterráneas y del aire (Babu et al., 2021).

Por lo tanto, varios gobiernos y municipios del mundo han comenzado a prestar atención a la gestión de residuos y a reformar los sistemas de residuos municipales, convirtiéndolos en prioridad dentro de sus programas de gestión (Richard et al., 2019). La planificación de la gestión de RSM es un desafío que afrontan los gestores públicos municipales, considerando desde la generación hasta la disposición final, en cooperación activa entre el gobierno, la iniciativa privada y la sociedad (Mendonça et al., 2019). En Perú, la gestión de residuos necesita la participación de

las municipalidades, quienes planifican y aprueban la gestión de RSM en su jurisdicción (Decreto Legislativo 1278, 2016, Artículo 23).

Para gestionar los residuos y seleccionar la tecnología adecuada, es necesario encontrar las peculiaridades y composición de los residuos del lugar (Chand et al., 2020). Por lo tanto, la caracterización de residuos debe ser el primer paso para cualquier política de gestión de residuos con el fin de estimar la recuperación potencial de materiales, identificar las fuentes de generación (Adeniran et al., 2017), estimar las características de los desechos, mantener el cumplimiento de las regulaciones a nivel nacional e internacional (Ayeleru et al., 2018), recuperar la materia reutilizable, así como diseñar e implementar rutas y métodos de disposición (Ugwu et al., 2020).

El objetivo del presente estudio es caracterizar los RSM del distrito de Magdalena del Mar, estimar la generación total y per cápita de RSM en el distrito y otras variables como la densidad, la humedad y la composición porcentual. Además de realizar un análisis estadístico para determinar la varianza, desviación estándar y coeficiente de variación de la generación per cápita, densidad y humedad. Finalmente, los resultados generados permiten proponer modalidades tales como minimización, segregación y comercialización, un programa de sensibilización ambiental y participación ciudadana y un presupuesto.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2. Descripción del área de estudio

Magdalena del Mar es uno de los cuarenta y tres distritos de Lima Metropolitana y está ubicado en Lima, Perú. Solo el 15% de los RSM de este distrito son reciclados (INEI, 2014) y posee una población de 60 290 habitantes (INEI, 2018). Se caracterizaron los RSM de Magdalena del Mar durante ocho días en el 2019, utilizando la metodología de la Guía para la Caracterización de Residuos Sólidos Municipales del Ministerio del Ambiente 2018.

2.1. Residuos sólidos domiciliarios

a. Tamaño de muestras para residuos sólidos domiciliarios

Para determinar la cantidad de viviendas se utilizó la Tabla 1 de la actividad 3 del Taller MINAM (2019) y para seleccionar uno de los rangos, se contó con información del INEI (MINAM, 2019).

Considerando INEI (2017), donde el número de viviendas en el 2017 fue de 15 209 viviendas y los criterios contenidos en la Tabla 1 (más de 10 000 viviendas), el tamaño de muestra fue 115 viviendas.

Tabla 1. Tamaño de muestra según la cantidad de viviendas

| Rango de viviendas (N) | Tamaño de muestra (n) | Muestra de contingencia (20% de n) | Muestras totales domiciliarias |
|-------------------------|-----------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| Más de 10 000 viviendas | 96 | 19 | 115 |

Fuente: Adaptado del Taller MINAM (2019)

b. Organización del distrito por zonas

Es adecuado zonificar Magdalena del Mar, debido a que pueden existir condiciones que alteren los datos.

De acuerdo con la publicación “Planos Estratificados por ingreso a nivel de manzanas de las grandes ciudades 2017”, las viviendas en Magdalena del Mar se distribuyen en cuatro estratos: alto, medio alto, medio, medio bajo y bajo (INEI, 2017), no obstante, la Guía MINAM (2018) indica que un distrito con más de 10 000 viviendas (Tabla 2) puede ser zonificado en tres zonas, para esta investigación se unieron los estratos medio bajo (C) y bajo (D) en el nivel socioeconómico C, y se determinaron los porcentajes de representatividad, obteniendo el número de 115 muestras, distribuidas en cada nivel (Tabla 3).

Tabla 2. Zonificaciones según los rangos para cantidad de viviendas

| Rango de viviendas | Zonificación |
|-------------------------|----------------|
| Más de 10 000 viviendas | Hasta 03 zonas |

Fuente: Adaptado de la Guía MINAM (2018)

Tabla 3. Tamaños de muestras por nivel socioeconómico

| Nivel socioeconómico | Cantidad de viviendas | Representatividad | Total de muestras |
|----------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|
| A | 9 263 | 61% | 70 |
| B | 5 527 | 36% | 41 |
| C | 419 | 3% | 4 |
| Total | 15 209 | 100% | 115 |

c. Distribución de la muestra de residuos sólidos domiciliarios

Luego de definir la cantidad de muestras, es necesario contar con información catastral para delimitar los estratos, asignar las viviendas a participar y eliminar las zonas de comercio.

2.2. Residuos no domiciliarios

a. Identificación de generadores no domiciliarios

Para determinar el tamaño de muestra de RSM no domiciliarios, se contó con información sobre los locales comerciales registrados.

b. Tamaño de muestra

Primero, se determinó el número de muestras no domiciliarias de hoteles, establecimientos comerciales, restaurantes e instituciones públicas y privadas (IPP).

En Magdalena del Mar existen 6 657 establecimientos generadores de RSM no domiciliarios, según la Oficina de Comercio del distrito, por lo tanto, el total de muestras fue 110 establecimientos (Tabla 4).

Tabla 4. Tamaños de muestras no domiciliarias

| Rango de fuentes no domiciliarias (N) | Tamaño de muestra (n) | Muestra de contingencia | Muestras totales no domiciliarias |
|---------------------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| Más de 1 000 | 88 | 22 | 110 |

Fuente: Adaptado de la Guía MINAM (2018).

Posteriormente, se separaron los establecimientos según las fuentes de generación para determinar la representatividad, y que la muestra tenga mayor variedad.

c. Distribución de la muestra de comercios

Los establecimientos fueron clasificados, así se obtuvo la cantidad de comercios por fuente de generación y la representatividad, también se determinó el número de muestras en cada fuente de generación, según las 110 muestras (Tabla 5).

Tabla 5. Tamaños de muestras según la fuente de generación

| Fuentes de generación | Subdivisión | N° de comercios | Total de comercios | Representatividad | Total de muestras |
|------------------------------|-------------|-----------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| Establecimientos comerciales | Bodegas | 894 | 4 405 | 66% | 73 |
| | Librerías | 189 | | | |

| | | | | | |
|----------------------------|-------------------------------|--------------|--------------|-------------|------------|
| | Bazares | 2 059 | | | |
| | Cabinas de Internet | 158 | | | |
| | Locutorios | 20 | | | |
| | Panaderías | 263 | | | |
| | Ferreterías | 146 | | | |
| | Farmacias y boticas | 125 | | | |
| | Salones de belleza | 311 | | | |
| | Peluquerías | 168 | | | |
| | Centros de entretenimiento | 72 | | | |
| | Entidades públicas y privadas | 30 | | | |
| IPP | Iglesias | 3 | 1 559 | 23% | 26 |
| | Bancos | 54 | | | |
| | Oficinas Administrativas | 1 472 | | | |
| | Hospedajes | 34 | | | |
| Hoteles | Hoteles | 10 | 71 | 1% | 1 |
| | Hostales | 27 | | | |
| | Restaurantes | 379 | | | |
| Establecimientos de comida | Comida rápida | 238 | 622 | 9% | 10 |
| | Bares | 5 | | | |
| | Total | 6 657 | 6 657 | 100% | 110 |

- Subdivisión de establecimientos comerciales

Para determinar la representatividad de los establecimientos comerciales, se subdividieron y se asignaron clases, de acuerdo con la similitud de RSM (Tabla 6). Esto permitió calcular las muestras por clase, obteniendo 73 muestras.

Tabla 6. Tamaños de muestras por subdivisión de establecimientos comerciales

| Subdivisión | N° de comercios | Clase | N° de comercios totales | Representatividad | Muestras por clase |
|---------------------|-----------------|-------|-------------------------|-------------------|--------------------|
| Bodegas | 894 | 1 | | | |
| Panaderías | 263 | 1 | 1 157 | 26% | 19 |
| Librerías | 189 | 2 | | | |
| Bazares | 2 059 | 2 | | | |
| Cabinas de Internet | 158 | 2 | 2 426 | 55% | 40 |
| Locutorio | 20 | 2 | | | |
| Ferreterías | 146 | 3 | 146 | 3% | 2 |
| Farmacias y boticas | 125 | 4 | | | |
| Salones de belleza | 311 | 4 | 604 | 14% | 10 |
| Peluquerías | 168 | 4 | | | |

| | | | | | |
|----------------------------|-------|---|-------|------|----|
| Centros de entretenimiento | 72 | 5 | 72 | 2% | 2 |
| Total | 4 405 | | 4 405 | 100% | 73 |

- Subdivisión de IPP

Por último, se subdividieron las IPP y se asignaron clases para determinar la representatividad. Como resultado, se obtuvieron 26 muestras (Tabla 7).

Tabla 7. Tamaños de muestras por subdivisión de IPP

| Subdivisión | N° de instituciones | Clase | N° de comercios totales | Representatividad | Muestras totales por clase |
|-------------------------------|---------------------|-------|-------------------------|-------------------|----------------------------|
| Entidades públicas y privadas | 30 | 1 | 30 | 1.9% | 1 |
| Iglesias | 3 | 2 | 3 | 0,2% | 1 |
| Bancos | 54 | 3 | 54 | 3,5% | 1 |
| Oficinas administrativas | 1 472 | 4 | 1 472 | 94,4% | 23 |
| Total | 1 559 | | 1 559 | 100% | 26 |

- Subdivisión de hoteles

Debido a que solo existen 71 hoteles y la representatividad es 1%, solo se tomó una muestra de un hotel.

- Subdivisión de establecimientos de comida

Para determinar la representatividad de los establecimientos de comida, se subdividieron según la Tabla 5, obteniendo diez muestras (Tabla 8). Asimismo, para tener una muestra más variada, la subdivisión restaurantes se dividió en cuatro clases (Tabla 9).

Tabla 8. Tamaños de muestras por subdivisión de establecimientos de comida

| Subdivisión | N° de establecimientos de comida | Representatividad | Total de muestras |
|--------------|----------------------------------|-------------------|-------------------|
| Restaurantes | 379 | 61% | 6 |

| | | | |
|-----------------------------------|------------|-------------|-----------|
| Establecimientos de comida rápida | 238 | 38% | 3 |
| Bares | 5 | 1% | 1 |
| Total | 622 | 100% | 10 |

Tabla 9. Tamaños de muestras por subdivisión de establecimientos de comida

| Clase | N° de restaurantes | Representatividad | Muestras totales por clase |
|--------------|--------------------|-------------------|----------------------------|
| Restaurantes | 187 | 49 % | 3 |
| Chifas | 69 | 18 % | 1 |
| Cevicherías | 85 | 22 % | 1 |
| Pollerías | 38 | 10 % | 1 |
| Total | 379 | 100 % | 6 |

- Tamaño y distribución de muestras de IE

Se dividieron en clases como colegios, institutos superiores, entre otros, asimismo, estas clases se subdividieron de acuerdo con la cantidad de alumnos, la información se obtuvo en el portal ESCALE del Ministerio de Educación (MINAM, 2018).

En este distrito, las IE se clasificaron como se aprecia en la Tabla 10 y las muestras representan el 20% de cada subclase (MINAM, 2018). Es preciso mencionar que, debido a la poca participación de las IE, las muestras se redujeron a la mitad.

Tabla 10. Muestras totales de IE

| Subclases de IE | Cantidad | Determinación del N° de muestra | Total de muestra |
|--|------------|---------------------------------|------------------|
| IE superiores con más de 200 alumnos | 11 | 2,2 | 1 |
| IE superiores con menos de 200 alumnos | 4 | 0,8 | 1 |
| Colegios con más de 200 alumnos | 22 | 4,4 | 2 |
| Colegios con menos de 200 alumnos | 71 | 14,2 | 6 |
| Total | 108 | | 10 |

- Tamaño y distribución de muestras de mercados

Estos poseen un muestreo distinto, que consiste en identificar las unidades más grandes y analizarlas independientemente, las demás

categorías se asignaron por rangos de área (MINAM, 2018). En este distrito, el Moderno mercado de Magdalena es el más grande y fue categorizado como “Mercado grande”, adicionalmente, existen ocho mercados, como “Mercados medianos” y también dos mercados, como “Mercados pequeños” (Tabla 11). Las muestras totales representan el 20% de la cantidad de mercados por categoría (MINAM, 2018).

Tabla 11. Categorización de mercados

| Categoría | Cantidad | N° de muestra(s) | Muestras totales (n) |
|-----------------|----------|------------------|----------------------|
| Mercado grande | 1 | - | 1 |
| Mercado mediano | 8 | 2 | 2 |
| Mercado pequeño | 2 | 0,5 | 1 |
| Total | | | 4 |

- Barrido de calles

Según la Guía MINAM (2018), se deben identificar las vías y rutas de servicio; además, establece que, en las ciudades con distancia barrida superior a 5 km, se deberán elegir de tres a cinco rutas por tipo de vías (comercial, residencial, entre otras). Se tendrán en cuenta dos grupos de muestras: barrido de calles y papeleras.

La información sobre el barrido de calles y limpieza de espacios públicos se obtuvo de la Subgerencia de Limpieza Pública y Ornato de la Municipalidad de Magdalena del Mar y se determinó que se recorren 68,43 km lineales por día.

Según la Tablas 12 y 13, se obtuvieron diez muestras de ambas clases.

Tabla 12. Muestras totales de barrido de calles

| Clase | N° de muestra | Nombre | Tipo de vías | Kilómetros lineales de ruta (km) |
|-------------------|---------------|-----------------|--------------|----------------------------------|
| Barrido de calles | 1 | José Gálvez | Comercial | 0,801 |
| | 2 | Leoncio Prado | Comercial | 1,320 |
| | 3 | Jirón Bolognesi | Comercial | 0,882 |

| | | | | |
|--|---|----------------------|-------------|-------|
| | 4 | Javier Prado | Residencial | 0,806 |
| | 5 | Gonzales Prada | Residencial | 1,230 |
| | 6 | Avenida del Ejército | Residencial | 1,560 |

Tabla 13. Muestras totales de papeleras

| Clase | N° de muestra | Nombre | Tipo de vías | Total de papeleras |
|-----------|---------------|----------------|--------------|--------------------|
| Papeleras | 7 | José Gálvez | Comercial | 3 |
| | 8 | Leoncio Prado | Comercial | 17 |
| | 9 | Gonzales Prada | Residencial | 8 |
| | 10 | Javier Prado | Residencial | 6 |

2.3. Residuos especiales

a. Tamaño y distribución de muestras especiales

Según la Guía MINAM (2018), los RSM especiales municipales son generados en lubricentros, laboratorios de ensayos ambientales y parecidos y centros veterinarios.

- Muestras en lubricentros, laboratorios de ensayos ambientales y parecidos

Las muestras representan el 20% de los comercios, según la fuente de generación (MINAM, 2018). Sin embargo, en este distrito, no existen laboratorios de ensayos ambientales, tal como se muestra en la Tabla 14.

Tabla 14. Muestras totales de residuos especiales municipales

| Clases | N° de establecimientos | Determinación del N° de muestra | Total de muestras por clase |
|----------------------|------------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| Lubricentros | 21 | 4,2 | 4 |
| Centros veterinarios | 45 | 9 | 9 |
| Centros comerciales | 24 | 4,8 | 5 |
| Ferias | 1 | 0,2 | 1 |
| Total | 91 | | 19 |

2.4. Técnica de recolección de datos

a. Participación de predios

- Invitación para la participación

Se basó en comunicar a los posibles participantes acerca de la realización del estudio durante ocho días, además se contó con padrones de registro para inscribir a los participantes (Anexo 1. Registro de empadronamiento de las personas que participaron en el estudio).

b. Registro de participantes

Radicó en completar un padrón con los datos de las personas que formaron parte del estudio.

c. Codificación de predios participantes

Después de llenar el padrón, el generador obtuvo un código que a través de una etiqueta autoadhesiva, se colocó en la vivienda o local del generador.

d. Traslado de muestras

- Recolección

El operario encargado de recolectar las muestras entregó a los generadores, diariamente, una bolsa codificada e informó, el último día de recojo, que el estudio había concluido.

Los participantes debían respetar el horario de recojo de los RSM, además de colocarlos en la bolsa entregada, la cual estaba identificada con una etiqueta autoadhesiva codificada.

- Traslado

Las muestras recogidas fueron dispuestas en un vehiculo asignado.

- Descarga

La unidad vehicular descargó las muestras en la Gerencia de Desarrollo Sostenible y Gestión Ambiental de la Municipalidad de Magdalena del Mar.

2.5. Variables

a. Densidad

La densidad se calculó mediante la relación de la masa de RSM de acuerdo con el volumen que ocupaban. Para la medición, se colocaron las muestras en un cilindro de 208 L (55 galones USA), luego, éste se levantó 10 cm sobre el suelo y se golpeó tres veces en el suelo con el objetivo de completar los lugares vacíos del cilindro. Después, se registró la masa y la altura que alcanzaron los RSM, estos datos se remplazaron en la siguiente fórmula:

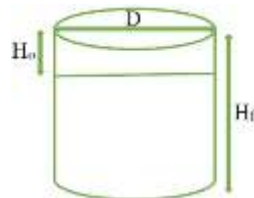


Figura 1. Cilindro

$$\text{Densidad } (S) = \frac{W}{V_r} = \frac{W}{\pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2 \cdot (H_f - H_o)}$$

Donde:

S : Densidad de residuos (kg/m^3)

W : Masa de residuos (kg)

V_r : Volumen de residuos (m^3)

D : Diámetro del cilindro (m)

H_f : Altura total del cilindro (m)

H_o : Altura libre del cilindro (m)

π : Constante (3,1416)

Después de determinar las densidades obtenidas durante los siete días de estudio, se determinó la densidad según la Tabla 15.

Tabla 15. Cálculo de la densidad promedio

| Parámetro | Densidad diaria (kg/m ³) | | | | | | | Densidad promedio (kg/m ³) (promedio día 1; día 7) |
|--------------|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---|
| | Día 1 | Día 2 | Día 3 | Día 4 | Día 5 | Día 6 | Día 7 | |
| Densidad (S) | | | | | | | | |

Fuente: Adaptado de la Guía MINAM (2018)

b. Humedad

La humedad permitió calcular el agua que tienen los RSM, esto establecer la estimación de la generación de lixiviados y la capacidad para degradarlos (Castro, Daza y Torres, 2016). Para ello, se separó la fracción orgánica de las muestras de viviendas, de mercado, de establecimientos comerciales y de los residuos especiales, a través del método del cuarteo hasta tener la muestra de 2 kg., este método se basa en separar la muestra en cuatro partes, se escogen dos grupos no contiguos para formar un grupo, y las partes que quedan se desechan, esto se repite hasta lograr la dimensión de muestra esperada (Elizondo y Jiménez, 2014), tal como se muestra en la Figura 2. Posteriormente, se compactaron los componentes, se almacenaron en una bolsa, se pusieron en una caja térmica y fueron llevados al laboratorio de la Universidad Nacional Agraria La Molina donde se determinó la humedad colocando la muestra en la estufa por 24 horas a 105 °C.

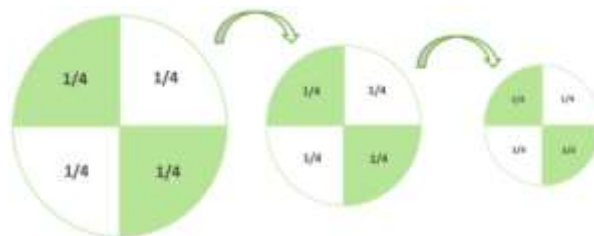


Figura 2. Método del cuarteo sucesivo

Después de obtener los resultados del laboratorio, se completaron los datos en la Tabla 16 y se halló la humedad según los residuos totales.

Tabla 16. Cálculo de humedad

| Masa de residuos orgánicos | Masa de residuos inorgánicos | Fracción de residuos orgánicos | Humedad (residuos orgánicos) | Humedad (masa total) |
|----------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|--------------------------|
| (A) | (B) | $(r) = (A)/(A+B)$ | (H) | $(H_t) = (H) \times (r)$ |
| kg | kg | % | % | % |

Fuente: Adaptado de la Guía MINAM (2018)

Donde:

A: Masa de residuos orgánicos (kg)

B: Masa de residuos inorgánicos (kg)

r: Fracción de residuos orgánicos (%)

H: Humedad determinada en laboratorio (%)

H_t: Humedad en base a la masa de residuos de A+B (%)

c. Composición porcentual

Los RSM se vertieron en la manta de segregación y se homogenizó la muestra con ayuda de palas. A continuación, se utilizó el método del cuarteo sucesivo hasta obtener un tamaño de muestra manipulable. Finalmente, los RSM se segregaron en bolsas, según la clasificación de la Tabla 17, se pesaron las bolsas y se anotaron los resultados.

Tabla 17. Registro de clasificación de residuos

| Tipo de residuo | Día 1 (kg) |
|--|------------|
| 1. Residuos aprovechables | |
| 1.1. Residuos orgánicos | |
| Residuos de alimentos | |
| Residuos de maleza y poda | |
| Otros orgánicos | |
| 1.2 Residuos inorgánicos | |
| 1.2.1. Papel | |
| Blanco | |
| Periódico | |
| Mixto (páginas de cuadernos, revistas, otros similares) | |
| 1.2.2. Cartón | |
| Blanco | |
| Marrón | |
| Mixto | |
| 1.2.3. Vidrio | |
| Transparente | |
| Otros colores (marrón – ámbar, verde, azul, entre otros) | |
| Otros (vidrio de ventana) | |
| 1.2.4. Plástico | |

PET-Tereftalato de polietileno (1) (aceite y botellas de bebidas y agua, entre otros similares)

PEAD-Polietileno de alta densidad (2) (botellas de lácteos, shampoo, detergente líquido, suavizante)

PEBD-Polietileno de baja densidad (4) (empaques de alimentos, empaques de plástico de papel higiénico, empaques de detergente, empaque film)

PP-Polipropileno (5) (baldes, tinas, rafia, estuches negros de CD, tapas de bebidas, tapers)

PS-Poliestireno (6) (tapas cristalinas de CDs, micas, vasos de yogurt, cubetas de helado, envases de lavavajilla)

PVC-Policloruro de vinilo (3) (tuberías de agua, desagüe y eléctricas)

1.2.5. Tetra brik

1.2.6. Metales

 Latas-hojalata (latas de leche, atún, entre otros)

 Acero

 Hierro

 Aluminio

 Otros Metales

1.2.7. Textiles

1.2.8. Caucho, cuero, jebe

2. Residuos no reaprovechables

Bolsas plásticas de un solo uso

Residuos sanitarios

Pilas

Tecnopor

Residuos inertes

Restos de medicamentos

Envolturas de bocadillos (snacks), galletas, caramelos, entre otros

Otros residuos no categorizados

Total

Fuente: Adaptado de la Guía MINAM (2018)

En la Tabla 18, se presentó la tabla para la suma de los RSM clasificados anteriormente según la Tabla 17, de esta manera, se pudo establecer la composición porcentual.

Tabla 18. Composición de RSM

| Tipo de RSM | Composición de RSM | | | | | | | Total kg (suma día 1; día 7) | Composición porcentual |
|-------------|--------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------------------------|------------------------|
| | Día 1 kg | Día 2 Kg | Día 3 kg | Día 4 kg | Día 5 kg | Día 6 kg | Día 7 kg | | |
| Total | | | | | | | | | 100% |

Fuente: Adaptado de la Guía MINAM (2018)

d. Generación per cápita domiciliaria (GPC)

Para determinar la generación per cápita se utilizó un cuadro en Microsoft Excel con los datos de la Tabla 19. A continuación, se promedió la generación de RSM durante los siete días por cada vivienda y se dividió entre los habitantes.

Tabla 19. Cálculo de la generación per cápita domiciliaria

| N° de vivienda | N° de habitantes | Generación de cada día (kg) | | | | | | | Generación per cápita kg/persona/día (Promedio día 1; día 7) / N° de habitantes |
|----------------|------------------|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---|
| | | Día 1 kg | Día 2 kg | Día 3 kg | Día 4 kg | Día 5 kg | Día 6 kg | Día 7 kg | |
| | | Total | | | | | | | |

Fuente: Adaptado de la Guía MINAM (2018)

Adicionalmente, se validaron los datos para identificar valores atípicos y eliminarlos. Para ello, solo se contaron los datos de 7 días de estudio; se eliminaron las viviendas que no entregaron sus bolsas menos de 4 días; y si es que alguna vivienda dejó de entregar las bolsas por 2 días consecutivos, se le preguntó si es que los residuos eran solo de ese día, de no ser así, se descartaba la vivienda.

Para identificar los valores atípicos, se utilizó la siguiente relación y se eliminaron los valores con $Z_c \geq 1,96$.

$$Z_c = \left| \frac{X - x}{s} \right|$$

Donde:

X: GPC promedio

x: GPC de cada vivienda

s: Desviación estándar

Tabla 20. Cálculo de la generación per cápita domiciliaria total

| Nivel socioeconómico | Representatividad poblacional (%) | GPC del estrato validada (kg/habitante/día) (GPCi) | %i x GPCi |
|----------------------|-----------------------------------|--|--------------------------|
| Total | 100% | GPC domiciliaria | $\sum (\%i \times GPCi)$ |

Fuente: Adaptado de la Guía MINAM (2018)

e. Generación per cápita total municipal (GPC total)

$$GPC\ total = \frac{Generación\ total}{PF}$$

GPC total: Generación per cápita total (kg/hab./día)

Generación total: Generación total domiciliaria, no domiciliaria y especial (kg/día)

PF: Población final (hab.)

f. Generación total

- **Domiciliaria**

Primero, se proyectó la población total de Magdalena del Mar para el año 2019, para ello, se tomaron los datos de INEI (2018), tales como población inicial (*PI*) y tasa de crecimiento anual (*r*) y se reemplazó en esta fórmula:

$$PF = PI \times (1 + r)^n$$

Donde:

PF: Población final

PI: Población inicial

r: Tasa anual de crecimiento

n: Rango de años

Según INEI (2018), la tasa de crecimiento promedio en Magdalena del Mar es 1,7%, al año 2017; por lo tanto, al 2019, el rango de años equivale a dos.

$$PF = 60\ 290 \times (1 + 1,7\%)^2$$

$$PF = 62\ 357$$

Luego, se reemplazaron los valores obtenidos anteriormente en la siguiente fórmula:

$$Generación\ total\ domiciliaria = GPC\ domiciliaria \times PF$$

- **No domiciliares y especiales**

| Fuente de generación | Clases | Generación promedio (kg/día) | Generadores totales | Generación total (kg/día) |
|----------------------|--------|------------------------------|---------------------|---------------------------|
|----------------------|--------|------------------------------|---------------------|---------------------------|

| | |
|-------|--|
| | Generación promedio x Generadores totales |
| Total | \sum (Generación promedio x Total de generadores) |

2.6. Propuestas para el apropiado manejo de RSM

A partir de los datos obtenidos en la caracterización, se elaboraron propuestas para el apropiado manejo de RSM, contemplando alternativas de minimización, segregación y comercialización, y sensibilización ambiental y participación ciudadana.

a. Minimización

Luego de identificar los tipos de RSM que se producen en el distrito, se desarrollaron estrategias para la minimización, las cuales permiten reducir la cantidad de RSM colocados en los rellenos sanitarios. Para esto, se utilizó como referencia la Guía Técnica para la Formulación e Implementación de Planes de minimización y Reaprovechamiento de Residuos Sólidos en el nivel municipal (CONAM, 2006).

b. Segregación y comercialización

Los RSM reaprovechables como cartón, metal, papel, plástico, entre otros, pueden ser segregados y comercializados, después de identificar los sectores en los que se generan, en mayor cantidad, este tipo de RSM. Para ello, se planificó la adquisición de contenedores de colores según la NTP.900.058.2019, los cuales se usarán para el almacenamiento central; además, se solicitaron cotizaciones de Empresas Operadoras de Residuos Sólidos (EO-RS) y se escogió una, la cual brindará el recojo y la comercialización de los RSM reaprovechables.

c. Programa de sensibilización ambiental y participación ciudadana

Se planificó el Programa Anual de sensibilización ambiental y participación ciudadana de acuerdo con el Plan Nacional de Educación Ambiental (PLANEA), el cual posee sensibilizaciones y capacitaciones, dirigidas a estudiantes en centros educativos, instituciones y a la comunidad; este programa contó con fechas e indicadores de cumplimiento y se trataron temas como la caracterización de RSM, la minimización y reaprovechamiento, y los programas de segregación y comercialización; esto permitió la participación de la población.

d. Presupuesto

Para ejecutar las propuestas mencionadas, se elaboró un presupuesto en el que se detallaron los gastos para la implementación de los programas; tales como: personal operativo, tachos de segregación, herramientas, materiales, entre otros.

2.7. Técnicas estadísticas para el procesamiento de datos

Para el procesamiento de datos estadísticos se utilizó Microsoft Excel, con el cual se determinó la desviación estándar, varianza y coeficiente de variación de tres componentes: generación per cápita de los niveles socioeconómicos A, B y C; densidad de domicilios, de establecimientos comerciales y de RSM especiales; y la humedad de domicilios, mercados y RSM especiales.

III. RESULTADOS

3.1. Densidad

En la Tabla 19 están los datos de densidad promedio según la fuente de generación, siendo los RSM de establecimientos de comida, los de mayor peso volumétrico diario; es decir, pueden caber 226,12 kg de residuos de este tipo en un espacio de 1 m³, esto se debe a que estos RSM son descartados siendo bastante comprimidos y en su mayoría son residuos orgánicos. Por otro lado, solo pueden caber 61,04 kg de residuos de hoteles en un espacio de 1 m³, debido a que se encontró gran cantidad de papel sanitario, el cual ocupa mayor espacio.

Tabla 19. Densidad de los RSM

| Tipos de generadores | Fuentes de generación | Densidad promedio kg/m ³ |
|----------------------|--|-------------------------------------|
| Domiciliario | Viviendas | 170,34 |
| | Establecimientos comerciales | 76,86 |
| | IPP | 85,95 |
| | Hoteles | 61,04 |
| No domiciliario | Establecimientos de comida | 226,12 |
| | IE | 90,20 |
| | Mercados | 203,67 |
| | Barrido de calles | 121,77 |
| Especiales | Lubricentros, centros veterinarios, centros comerciales y ferias | 222,49 |

3.2. Humedad

En la Tabla 20, se obtuvo la humedad por las fuentes de generación mencionadas, a partir de la humedad de la fracción orgánica determinada en el laboratorio. Se puede observar que, tal como se esperaba, los mayores porcentajes de humedad son de los mercados (54.90%) y las viviendas (47%), debido a que, según la composición, predominan los residuos orgánicos, los cuales tienen alto porcentaje de agua y producen lixiviados; mientras que, los establecimientos comerciales tienen el menor porcentaje de humedad (16,51%), ya que el cartón es el RSM predominante y no posee agua.

Tabla 20. Humedad de los RSM

| Tipos de generadores | Fuentes de generación | Masa de residuos orgánicos (kg) | Masa de residuos inorgánicos (kg) | Fracción de residuos orgánicos (%) | Humedad (residuos orgánicos) (%) | Humedad (masa total de residuos sólidos) (%) |
|----------------------|------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|--|
| Domiciliario | Viviendas | 38,45 | 20,80 | 0,65 | 72,42 | 47 |
| No domiciliario | Establecimientos comerciales | 10,60 | 34,60 | 0,23 | 70,39 | 16,51 |
| | Mercados | 42,00 | 6,36 | 0,87 | 63,21 | 54,90 |
| Especiales | Especiales | 11,15 | 24,56 | 0,31 | 79,08 | 24,69 |

3.3. Composición porcentual

En las figuras de composición porcentual se aprecia que en todos los casos, la mayor parte es de residuos orgánicos. Asimismo, se podría decir que en los RSM domiciliarios, de establecimientos comerciales, de IPP y especiales, la segunda fracción predominante son los residuos no aprovechables.



Figura 3. RSM domiciliarios



Figura 4. Establecimientos comerciales

COMPOSICIÓN DE INSTITUCIONES PÚBLICAS Y PRIVADAS

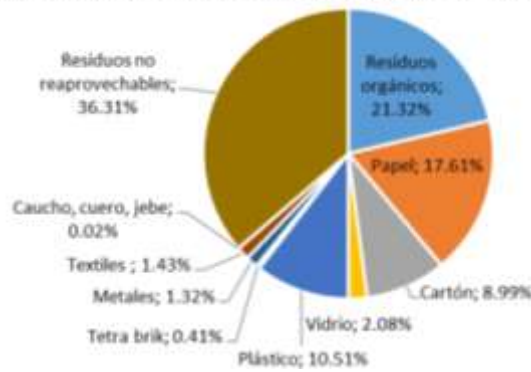


Figura 4. IPP

COMPOSICIÓN DE MERCADOS

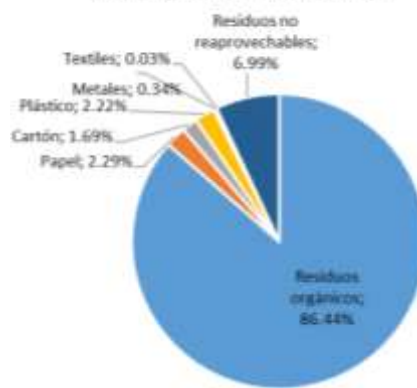


Figura 5. Mercados

COMPOSICIÓN DE RSM ESPECIALES

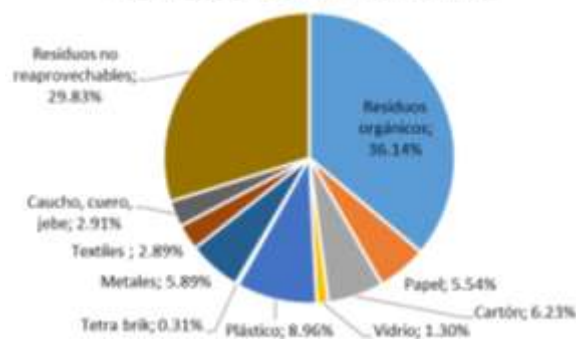


Figura 6. Residuos especiales

3.4. Generación per cápita domiciliaria

Se validó la GPC de las 115 muestras iniciales, reduciendo la muestra a 113, con lo cual, se recalculó la GPC de los niveles socioeconómicos A y B, para determinar la GPC domiciliaria. En la Tabla 21, se aprecia que el nivel

socioeconómico C es el que tiene menor GPC y el valor más alto es del nivel socioeconómico A.

Tabla 21. Generación per cápita domiciliaria

| Nivel socioeconómico | Representatividad poblacional | GPC total validada (kg/hab./día) | %i x GPCi |
|----------------------|-------------------------------|----------------------------------|-----------|
| A | 61% | 0,662 | 0,404 |
| B | 36% | 0,640 | 0,230 |
| C | 3% | 0,691 | 0,021 |
| Total | 100% | GPC domiciliaria | 0,655 |

3.5. Generación total

Se determinó la generación diaria en kilogramos, según la fuente de generación y de acuerdo con ello, determinar el porcentaje de aporte.

Tabla 22. Generación total

| Tipos de generadores | Fuentes de generación | Generación total (kg/día) | Porcentaje de aporte |
|----------------------|------------------------------|---------------------------|----------------------|
| Domiciliarios | Domiciliarios | 40 843,84 | 58,9% |
| | Establecimientos comerciales | 7 785,11 | 11,2% |
| | Hoteles | 531,99 | 0,8% |
| No domiciliarios | Mercados | 5 967,98 | 8,6% |
| | Establecimientos de comida | 6 201,01 | 8,9% |
| | IPP | 3 427,24 | 4,9% |
| | IE | 835 | 1,2% |
| | Barrido de calles | 3 491,36 | 5,0% |
| Especiales | Residuos sólidos especiales | 297,66 | 0,4% |
| | Total | 69 381,19 | 100% |

3.6. Generación per cápita total municipal

Se calculó la GPC total municipal dividiendo la generación total entre la población final determinada anteriormente.

$$GPC\ total = \frac{69\ 381,19}{62\ 357}$$

$$GPC\ total = 1,113\ \text{kg/habitante/día}$$

3.7. Propuestas para el apropiado manejo de RSM

a. Minimización

Debido a que los hoteles poseen un alto porcentaje de residuos no aprovechables (43,36%), estos no serán considerados para las propuestas de minimización, al igual que el barrido de calles (60,05%), ya que estos se encuentran dispersos y combinados con otro tipo de residuos.

La Tabla 23, detalla la composición porcentual de RSM según el tipo de residuo y la fuente de generación. De acuerdo con esto, en la Tabla 24 se mencionan las estrategias para minimizar los residuos inorgánicos con mayor aporte.

Tabla 23. Composición de los residuos sólidos según la fuente de generación

| Tipo de residuo | Domiciliarios | Establecimientos comerciales | IPP | IE | Establecimientos de comida | Mercado |
|---------------------------|---------------|------------------------------|---------|---------|----------------------------|---------|
| Residuos aprovechables | 86,13% | 77,45% | 63,69% | 62,56% | 95,13% | 93,01% |
| Orgánicos | 57,67% | 23,75% | 21,32% | 26,04% | 79,12% | 86,44% |
| Papel | 6,88% | 7,24% | 17,61% | 11,13% | 0,07% | 2,29% |
| Cartón | 3,89% | 32,05% | 8,99% | 8,21% | 13,47% | 1,69% |
| Vidrio | 3,59% | 1,63% | 2,08% | 0,71% | 0,29% | 0,00% |
| Plástico | 6,34% | 11,13% | 10,51% | 9,37% | 1,92% | 2,22% |
| Tetra brik | 0,62% | 0,21% | 0,41% | 4,55% | 0,00% | 0,00% |
| Metales | 3,16% | 1,16% | 1,32% | 1,33% | 0,27% | 0,34% |
| Textiles | 2,71% | 0,26% | 1,43% | 1,21% | 0,00% | 0,03% |
| Caucho, cuero, jebe | 1,26% | 0,03% | 0,02% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| Residuos no aprovechables | 13,87% | 13,87% | 36,31% | 37,44% | 4,87% | 6,99% |
| Total | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% |

Tabla 24. Estrategias de minimización

| Tipo de residuo | Estrategias de minimización |
|-----------------|--|
| Papel | Disminución en la fuente en IPP e IE a través del uso de papel de poco gramaje, por ambas caras y utilizar, preferentemente, papel bulky (Olivera, 2017). Se utilizarán hojas membretadas solo para versiones finales de los documentos. Utilizar medios electrónicos para la escritura o toma de notas. Promover el escaneado de documentos para que sean compartidos por medio digital (Decreto Supremo N° 009-2009-MINAM, 2009, Artículo 4). |
| Cartón | Segregar y separar, en la fuente, el cartón. Utilizar las cajas para enviar o almacenar objetos. |

| | |
|-----------------------|--|
| Vidrio | Evitar que los objetos se rompan. En los domicilios, se pueden reutilizar los envases y en las IPP e IE, se puede utilizar para manualidades. |
| Plástico | Utilizar utensilios de acero en las IPP y establecimientos de comida (Mendoza, 2019). Evitar la adquisición de agua embotellada, reemplazar por recipientes personales, al igual que los vasos y platos. Los establecimientos de comida deben entregar envases biodegradables o equivalentes. Evitar el uso excesivo de film de plástico. |
| Metales | En las IPP, domicilios, IE, etc., reciclar los útiles de escritorio que tengan metal. |
| Pilas | Utilizar las pilas durante toda su vida útil. |
| Bolsas de un solo uso | Las personas que acudan a mercados, supermercados, etc., deben llevar bolsas reutilizables. |
| Fluorescentes | En todas las fuentes de generación, se deben adquirir luminarias con focos LED, los cuales tienen un mayor tiempo de duración. |
| Orgánicos | Comprar lo necesario para evitar descartar productos. |

b. Segregación y comercialización

Al igual que en las estrategias de minimización, para la propuesta de segregación y comercialización no se considerarán los residuos de los hoteles y del barrido de calles. Se debe tener en cuenta que la generación de plástico varía, ya que aumenta en los meses de verano y la generación de vidrio es muy poca y variable, esto modifica la generación y ganancia.

Se solicitaron propuestas económicas de comercialización a diferentes EO-RS, siendo la EO-RS ECOIL S.A.C. quien ofreció la mejor propuesta con frecuencia de recojo mensual (Tabla 25). Se puede observar que los mayores valores por kilogramo son del acero y del aluminio; sin embargo; no se generan en gran cantidad en el distrito, así como el caso del cartón marrón, el cual es más descartado y genera el mayor ingreso económico. Además, según el estudio, se estima que, por la comercialización de residuos inorgánicos, se genere S/ 880,05 soles mensuales.

Tabla 25. Ganancia total al mes por comercialización de residuos

| Tipo de residuo | Generación total (kg/semana) | Generación total (kg/mes) | Precio por kilogramo | Ganancia total mensual |
|---------------------|------------------------------|---------------------------|----------------------|------------------------|
| Papel blanco | 56,50 | 226,00 | S/ 0,50 | S/ 113,00 |
| Papel periódico | 32,30 | 129,20 | S/ 0,20 | S/ 25,84 |
| Papel mixto | 44,20 | 176,80 | S/ 0,30 | S/ 53,04 |
| Cartón blanco | 29,10 | 116,40 | S/ 0,30 | S/ 34,92 |
| Cartón marrón | 155,50 | 622,00 | S/ 0,30 | S/ 186,60 |
| Cartón mixto | 26,45 | 105,80 | S/ 0,10 | S/ 10,58 |
| Vidrio transparente | 19,95 | 79,80 | S/ 0,10 | S/ 7,98 |
| Plástico PET | 28,10 | 112,40 | S/ 0,70 | S/ 78,68 |
| Plástico PEAD | 22,60 | 90,40 | S/ 0,70 | S/ 63,28 |
| Plástico PP | 17,01 | 68,04 | S/ 0,20 | S/ 13,61 |
| Plástico PS | 28,43 | 113,72 | S/ 1,50 | S/ 170,58 |
| Plástico PVC | 3,85 | 15,40 | S/ 1,50 | S/ 23,10 |
| Lata | 12,75 | 51,00 | S/ 0,30 | S/ 15,30 |
| Acero | 1,75 | 7,00 | S/ 2,50 | S/ 17,50 |
| Hierro | 1,90 | 7,60 | S/ 0,40 | S/ 3,04 |
| Aluminio | 6,30 | 25,20 | S/ 2,50 | S/ 63,00 |
| Total | | | | S/ 880,05 |

Fuente: EO-RS ECOIL S.A.C.

c. Programa de sensibilización ambiental y participación ciudadana

En la Figura 7 se describen las actividades del programa, la frecuencia y los meses en las que se realizarán. Asimismo, se cuenta con un indicador, el cual será medido mensual y anualmente. Este programa está dirigido a toda la población del distrito y consiste en identificar a los grupos participantes, realizar una línea base, elaborar el material informativo según el grupo a capacitar, ejecutar las actividades y darle seguimiento a las mismas, estas actividades se realizarán en diferentes formatos y canales para que puedan tener mayor alcance y fácil accesibilidad. Posterior a la sensibilización, se podrán ejecutar las demás estrategias.

| PROGRAMA ANUAL DE SENSIBILIZACIÓN AMBIENTAL Y PARTICIPACIÓN CIUDADANA | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Objetivo general | Programar las actividades de sensibilización ambiental y participación ciudadana durante el año | | | | | | | | | | | | | | |
| Objetivos específicos | Garantizar la sensibilización ambiental y participación ciudadana | | | | | | | | | | | | | | |
| | Promover la sensibilización ambiental y participación ciudadana | | | | | | | | | | | | | | |
| Meta | 100% del cumplimiento de las actividades programadas | | | | | | | | | | | | | | |
| Presupuesto | S/ 28,095.80 | | | | | | | | | | | | | | |
| Indicador | $\frac{N^{\circ} \text{ de actividades de sensibilización ambiental y participación ciudadana ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ de actividades de sensibilización ambiental y participación ciudadana programadas}} \times 100\%$ | | | | | | | | | | | | | | |
| N° | Descripción de la actividad | Responsable de la ejecución | Frecuencia | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
| 1 | Identificar a los grupos interesados, horarios, temáticas y flujo de participación. | Promotores ambientales de la Subgerencia de Limpieza Pública y Ornato | Diaria | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Realización de la medición de conocimientos de los grupos interesados mediante encuestas y reuniones. | Promotores ambientales de la Subgerencia de Limpieza Pública y Ornato | Quincenal | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Elaboración y selección del material educativo según los grupos interesados, tales como: talleres, presentaciones, videos, infografías, panfletos, etc. | Promotores ambientales de la Subgerencia de Limpieza Pública y Ornato | Mensual | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Ejecución de las actividades. | Promotores ambientales de la Subgerencia de Limpieza Pública y Ornato | Quincenal | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Difusión constante de las actividades planificadas a los grupos interesados. | Promotores ambientales de la Subgerencia de Limpieza Pública y Ornato | Semanal | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Seguimiento de la participación de las actividades y realización de encuestas de satisfacción. | Promotores ambientales de la Subgerencia de Limpieza Pública y Ornato | Mensual | | | | | | | | | | | | |

Figura 7. Programa anual

d. Presupuesto

La Tabla 26 muestra la inversión que se realizaría para ejecutar las propuestas antes mencionadas, siendo los promotores ambientales quienes recibirían una parte del dinero del presupuesto, ya que ellos se encargarían de la sensibilización y supervisión, lo cual ayudará con el cumplimiento de las estrategias. Además, los contenedores centrales son una gran inversión en el presupuesto, pero pueden tener una larga duración si es que tienen un uso adecuado y buen mantenimiento.

Tabla 26. Presupuesto

| Ítem | Cantidad | Descripción | Costo unitario | Costo total |
|-------|----------|---|----------------|-------------|
| 01 | 20 | Diseño de material educativo (videos, infografías, panfletos) | S/ 10,00 | S/ 200,00 |
| 02 | 1000 | Impresiones de material educativo tamaño A4 a color | S/ 0,18 | S/ 180,00 |
| 03 | 36 | Movilidad | S/ 6,00 | S/ 216,00 |
| 04 | 3 | Contenedor de basura de 660 L QRubber azul | S/ 1 250,00 | S/ 2 500,00 |
| 05 | 2 | Contenedor de basura de 660 L QRubber blanco | S/ 1 250,00 | S/ 3 750,00 |
| 06 | 1 | Tacho Smartplast de 360 L amarillo | S/ 499,90 | S/ 499,90 |
| 07 | 1 | Tacho Smartplast de 360 L plomo | S/ 499,90 | S/ 499,90 |
| 08 | 2 | Promotores ambientales (capacitadores) al mes | S/ 1 000,00 | S/ 2 000,00 |
| Total | | | | S/ 7 345,80 |

3.8. Técnicas estadísticas para el procesamiento de datos

Tabla 27. Varianza, desviación estándar y coeficiente de variación

| | GPC | Densidad | Humedad |
|--------------------------|-------|----------|---------|
| Varianza | 0,538 | 4747,411 | 329,262 |
| Desviación estándar | 0,340 | 68,901 | 18,146 |
| Coeficiente de variación | 0,691 | 0,432 | 0,507 |

De acuerdo con la Tabla 27, se puede decir, con respecto a los residuos que la desviación de la generación per cápita por nivel socioeconómico con respecto a su promedio es de 0,340 kg/habitante/día en promedio; de la densidad de domicilios, establecimientos comerciales y especiales con respecto a su promedio es de 68,901 kg/m³ en promedio; y de la humedad de domicilios, mercados y especiales con respecto a su promedio es de 18,146%.

Además, la generación per cápita de los niveles socioeconómicos A, B y C presentan variabilidad muy baja; mientras que la densidad de domicilios, establecimientos comerciales y especiales presentan baja variabilidad; y la humedad de domicilios, mercados y especiales presentan una variabilidad muy alta.

IV. DISCUSIÓN

Según SINIA (2022), la generación total de RSM en el Perú, en el 2019, fue de 7 359 240 TM, según la proyección de este estudio, Magdalena del Mar tendría una generación total de 25 325,10 TM/año, representando, aproximadamente, el 0,34%.

Este distrito tiene una generación per cápita total de 1,113 kg/habitantes/día, este valor es muy parecido a San Juan de Miraflores y Villa María del Triunfo (1,1 kg/habitante/día ambos) (INEI, 2022), a pesar de tener tamaños de población y clasificación por nivel socioeconómico muy diferentes.

Respecto a la generación per cápita por nivel socioeconómico, el nivel socioeconómico C (0,691 kg/habitante/día) fue el que tuvo mayor generación per cápita, esto difiere con la mayoría de los estudios como el de Ciudad Nueva en Tacna (Albarracin y Uska, 2021) y el de Chacaconiza en Puno (Santiago, 2020), los cuales determinaron que el nivel socioeconómico A es el que posee mayor generación per cápita y a su vez, afirman que esto se debe a factores sociales. Por otro lado, Guerra et al. (2019) indica que los residuos sólidos que mayormente generan el estrato bajo o C son los residuos alimenticios u orgánicos, los que se caracterizan por ser copiosos, esta podría ser la razón por la que la GPC sea más alta.

Asimismo, el porcentaje de residuos orgánicos generados por los domicilios de Magdalena del Mar es de 57,67%, al igual que en los domicilios del distrito de Cercado de Lima, los residuos orgánicos tuvieron el mayor porcentaje en la composición (59,96%) (Huamani et al., 2019), este tipo de residuos, representan el mayor porcentaje de composición en los domicilios (Defensoría del Pueblo, 2019).

La humedad de residuos orgánicos en las viviendas de Magdalena del Mar fue de 47%, mientras que en el distrito de Jacobo Hunter en Arequipa obtuvo el valor de humedad (72,42%) (Cruz, 2016), este valor alto de humedad se obtiene

debido a que la fracción orgánica es la que predomina en los residuos de las viviendas.

Se ha demostrado que la minimización enriquece la calidad del medio ambiente, ayuda a la preservación de recursos y es beneficioso económicamente (Cardona, 2007). Además, Leiva (2020) en su programa de educación ambiental de Casa Grande en La Libertad concluyó que las capacitaciones contribuyeron de manera positiva en el manejo de residuos, pues disminuyó la producción de residuos durante el estudio, la sensibilización ayuda a informar cómo se deben clasificar los residuos, cuál es el proceso que siguen a partir del reciclaje y el impacto que tienen en el ambiente.

V. CONCLUSIONES

A partir de la caracterización de RSM del distrito de Magdalena del Mar, se determinó una generación promedio de 69 381,19 kg/día de RSM, representando el mayor porcentaje de aporte total los residuos orgánicos. La generación per cápita total fue 1,113 kg/habitante/día, mientras que la generación per cápita domiciliaria fue 0,655 kg/habitante/día.

Los generadores con mayor densidad son los establecimientos de comida, mientras que los hoteles obtuvieron la menor densidad.

Respecto a la humedad, solo se analizó en viviendas, establecimientos comerciales, mercados y residuos especiales, siendo la muestra de mercado la que obtuvo mayor porcentaje.

Aproximadamente, el 79,53% de los RSM son residuos aprovechables, siendo los residuos orgánicos los de mayor porcentaje aprovechable. Los establecimientos comerciales e IPP presentan mayores porcentajes de residuos inorgánicos aprovechables equivalentes a 53,71% y 42,37%, respectivamente; mientras que las viviendas tienen un 28,46%. Además, según los residuos inorgánicos reaprovechables, el papel y el cartón obtuvieron mayor porcentaje de generación.

Este estudio abordó propuestas para el apropiado manejo de residuos, de segregación y comercialización, Magdalena del Mar obtendría una ganancia aproximada de S/ 880,05 mensuales y una disminución de 1 946,76 kg de RSM al mes, aproximadamente, los cuales ya no serían colocados en camiones de basura y dispuestos en rellenos sanitarios.

VI. AGRADECIMIENTOS

El presente artículo ha podido ser realizado gracias a los recursos materiales y humanos y datos obtenidos por la Gerencia de Desarrollo Sostenible y Gestión Ambiental de la Municipalidad de Magdalena del Mar.

VII. LITERATURA CITADA

- Adeniran, A., Nubi, E. y Adelopo, A. (2017). Solid waste generation and characterization in the University of Lagos for a sustainable waste management. *Waste Management*, 67, 3-10.
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.05.002>
- Albarracin, F. y Uska, M. (2021). *Estudio de caracterización de residuos sólidos domiciliarios, según estratos socioeconómicos en el distrito de Ciudad Nueva, 2019* [Tesis de pregrado, Universidad Privada de Tacna].
<https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/1935>

- Ayeleru, O., Okonta, F. y Ntuli, F. (2018). Municipal solid waste generation and characterization in the City of Johannesburg: A pathway for the implementation of zero waste. *Waste Management*, 79, 87-97.
- Babu, R., Prieto, P. y Rene, E. (2021). Strategies for resource recovery from the organic fraction of municipal solid waste. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 3, 1-8.
<https://doi.org/10.1016/j.cscee.2021.100098>
- Cardona, M. (2007) Minimización de Residuos: una política de gestión ambiental empresarial. *Producción + Limpia*, 1(2), 46-57.
- Castro, G., Daza, M. y Torres, L. (2016). Evaluación de la adecuación de humedad en el compostaje de biorresiduos de origen municipal en la Planta de Manejo de Residuos Sólidos (PMRS) del Municipio de Versalles, Valle del Cauca. *Gestión y Ambiente*, 19(1), 179–191.
- Chand, L., Kumar, K., Gupta, N., Kumar, S., Kumar, G., Krishnan, S., Rezanía, S., Kamyab, H., Bao, Q., Yadav, S., Bhattacharyya, S., Kumar, V. y Bach, Q. (2020). A review on municipal solid waste as a renewable source for waste-to-energy project in India: Current practices, challenges, and future opportunities. *Journal of Cleaner Production*, 277.
- Consejo Nacional del Ambiente (CONAM). (2006). *Guía Técnica para la Formulación e Implementación de Planes de minimización y Reaprovechamiento de Residuos Sólidos en el nivel municipal*. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/guia-tecnica-formulacion-implementacion-planes-minimizacion>
- Cruz, L. (2016). *Análisis del manejo de residuos sólidos en el distrito de Jacobo Hunter, Arequipa 2015* [Tesis de pregrado, Universidad nacional de San Agustín de Arequipa].
<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/2377/BIcrallf.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Decreto Legislativo 1278 [con fuerza de ley]. Por medio del cual se expide el Decreto Legislativo que aprueba la Ley de gestión integral de residuos sólidos. 23 de diciembre de 2016.
- Decreto Supremo N° 009-2009-MINAM [con fuerza de ley]. Por medio del cual se expide el Decreto Supremo Medidas de Ecoeficiencia para el Sector Público. 15 de mayo del 2009.
- Defensoría del Pueblo. (2019). *¿Dónde va nuestra basura? Recomendaciones para mejorar la gestión de los residuos sólidos municipales*.
<https://www.defensoria.gob.pe/informes/informe-defensorial-no-181-donde-va-nuestra-basura/>

- Espinoza, L., Ziegler, K., Espinoza, A., Vásquez, C. y Vázquez, I. (2021). Closing the gap in the municipal solid waste management between metropolitan and regional cities from developing countries: A life cycle assessment approach. *Waste Management*, 124, 314-324.
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.02.020>
- Gilardino, A., Rojas, J, Mattos, H., Larrea, G. y Vázquez, I. (2017). Combining operational research and Life Cycle Assessment to optimize municipal solid waste collection in a district in Lima (Peru). *Journal of Cleaner Production*, 156, 589-603.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.04.005>
- Guera, G., Poma, M., Suarez, S. y Perez, J. (2019). Incidencia del nivel socioeconómico en la generación y composición de residuos sólidos, caso de estudio: cantón Santiago de Píllaro. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria KOINONIA*, 4(8), 468-488.
<http://dx.doi.org/10.35381/r.k.v4i8.295>
- Huamani, V., Villafana, J., Casanova, J., Lira, J. y Asencio, J. (2019). *Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales en el Cercado de Lima*.
<http://smia.munlima.gob.pe/uploads/documento/70ac2582a8218dd9.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2014). *Una mirada a Lima Metropolitana*.
https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1168/libro.pdf
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2017). *Planos Estratificados por ingreso a nivel de Manzanas de las Grandes Ciudades 2017*.
https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1513/libro.pdf
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2018). *Resultados definitivos de los censos nacionales 2017*.
https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1583/
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (s.f.). *Estadística. Residuos*.
<https://www1.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/c-residuos-10291/>
- Kaza, S., Yao, L., Bhada, P. y Van Woerden, F. (2018). *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*.
<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>
- Khan, D., Kumar, A. y Samadder, S. (2016). Impact of socioeconomic status on municipal solid waste generation rate. *Waste Management*, 49, 15-25.
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.01.019>

- Leiva, F. (2019). Educación Ambiental para el poblador del distrito de Casa Grande en el manejo de residuos sólidos urbanos entre julio a diciembre del año 2019. *Arnaldoa*, 27(1), 323-334.
<http://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.271.27120>
- Mendonça, M., Casteli, A., De Oliveira, A., Leite, G. (2019). Plano de gestão integrada de resíduos sólidos de São Paulo na perspectiva da avaliação ambiental estratégica. *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 11.
<https://doi.org/10.1590/2175-3369.011.e20180155>
- Mendoza, C. (2019). Plan de minimización y manejo de residuos sólidos para una planta cementera en Piura [Tesis de pregrado, Universidad de Piura].
https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4051/ING_625.pdf
- Miezah, K., Obiri, K., Kádar, Z. y Fei, B. (2015). Municipal solid waste characterization and quantification as a measure towards effective waste management in Ghana. *Waste management*, 46, 15-27.
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.09.009>
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2018). *Guía para la Caracterización de Residuos Sólidos Municipales*. <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2018/11/Guia-para-la-caracterización-de-residuos-solidos-municipales.pdf>
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2019). *Actividad 3: Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales (ECRS)*.
https://www.minam.gob.pe/gestion-de-residuos-solidos/wp-content/uploads/sites/136/2019/03/Actividad-3_Estudio-de-Caracterizaci%C3%B3n.pdf
- Olivera, M. (2017). *Diagnóstico, caracterización y propuesta del Plan de manejo de residuos sólidos del campus universitario de la UNALM*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina].
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3104>
- Quillos, S., Escalante, N., Sánchez, D., Quevedo, L. y De La Cruz, R. (2018). Residuos sólidos domiciliarios: caracterización y estimación energética para la ciudad de Chimbote. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 84(3) 322-335.
- Ravindra, K., Kaur, K. y Mor, S. (2015). System analysis of municipal solid waste management in Chandigarh and minimization practices for cleaner emissions. *Journal of Cleaner Production*, 89, 251-256.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.10.036>
- Richard, E., Hilonga A., Machunda, R. y Njau, K. (2019). A review on strategies to optimize metabolic stages of anaerobic digestion of municipal solid wastes towards enhanced resources recovery. *Sustainable Environment Research*, 1, 1-13

<https://doi.org/10.1186/s42834-019-0037-0>

Santiago, J. (2020). *Caracterización de los residuos sólidos y propuesta de un plan de gestión ambiental en la comunidad de Chacaconiza-Puno, 2018* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión]. <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/UNJFSC/4744>

Sistema Nacional de Información Ambiental. (SINIA). (2022). *Residuos. Estadística ambiental*. <https://sinia.minam.gob.pe/informacion/tematicas?tematica=08>

Subhasish, D., S.-H., L., Pawa, K., Ki-Hyun, K., Sang Soo, L. y Satya Sundar, B. (2019). Solid waste management: Scope and the challenge of sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 228, 658-678. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.323>

Ugwu, C., Ozoegwu, C. y Ozor, P. (2020). Solid waste quantification and characterization in university of Nigeria, Nsukka campus, and recommendations for sustainable management. *Heliyon*, 6. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04255>

Ziegler, K., Margallo, M., Aldaco, R., Vázquez, I. y Kahhat, R. (2019). Transitioning from open dumpsters to landfilling in Peru: Environmental benefits and challenges from a life-cycle perspective. *Journal of Cleaner Production*, 229, 989-1003. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.015>

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Registro de empadronamiento de los participantes

MUNICIPALIDAD DE MAGDALENA DEL MAR
GERENCIA DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y GESTIÓN AMBIENTAL
SUBGERENCIA DE LIMPIEZA PÚBLICA

RELACION DE VIVIENDAS EMPADRONADAS QUE PARTICIPARON EN EL ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES – 2019

| DOMICILIARIO | | | | | | Preguntas | | | | | |
|--------------|--------|-----------|-------------|-------------------|-----|----------------------------|--|--|--|---|-------|
| N° | Código | Dirección | Ub. /C/A/NH | Nombre y apellido | CRI | N° habitantes por vivienda | ¿En qué horario se puede recoger las bolsas de muestras? | En el horario antes señalado, ¿hay siempre una persona para entregar las bolsas de muestras? | ¿Entrega sus residuos orgánicos a un reciclador? | ¿Los residuos orgánicos son usados como abono en parcelas o otros usos? | Firma |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

Anexo 2. Gráficos de composición porcentual



Figura 1. Hoteles

COMPOSICIÓN DE ESTABLECIMIENTOS DE COMIDA

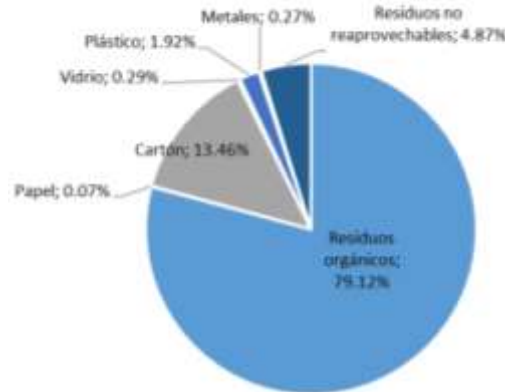


Figura 2. Establecimientos de comida

COMPOSICIÓN DE INSTITUCIONES EDUCATIVAS

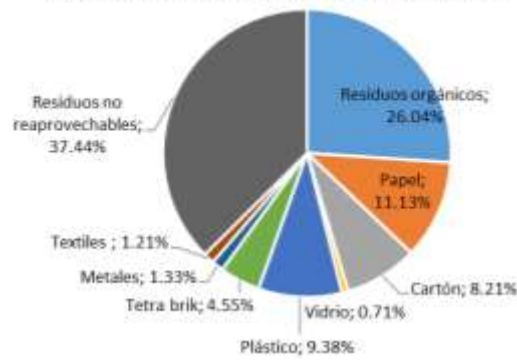


Figura 3. IE

COMPOSICIÓN DE BARRIDO

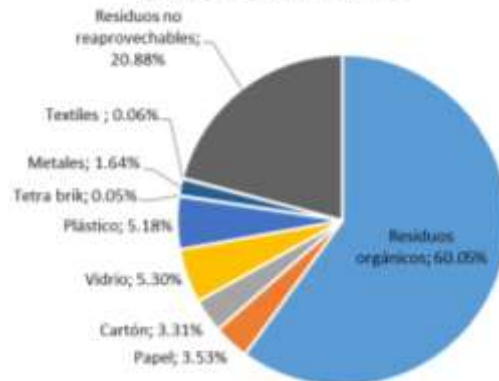


Figura 4. Barrido de calles y papeleras