



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES”

Trabajo de Investigación para optar el grado académico de:

Bachiller en Ingeniería Ambiental

Presentado por:

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

Asesor:

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

Lima – Perú

2020



RESOLUCIÓN DIRECTORAL ACADÉMICA DE CARRERA N° 231-2020-DACIA-DAFCA-CIENTIFICA

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES / CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

Lima 16 de noviembre de 2020

VISTO:

La revisión realizada y la aprobación de Trabajo de Investigación titulado: **CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES**, presentado por:

- **Karen Jazmín Huamán Casachagua**

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo al Reglamento General de la Universidad Científica del Sur y los reglamentos de pregrado para obtener el grado de Bachiller de **Ingeniería Ambiental** en la **Facultad de Ciencias Ambientales**, se debe desarrollar un trabajo de investigación.

Que, de acuerdo a la normativa vigente de la Universidad Científica del Sur, en uso de las atribuciones conferidas al Director Académico de Carrera.

SE RESUELVE:

Aprobar e inscribir el trabajo de investigación titulado: **CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES** con N° de registro de la carrera: **069-FCA-IAM**.

Nombrar al docente/colaborador **Jorge Luis Cárdenas Ruiz** como asesor de dicho trabajo de investigación.

Regístrese, comuníquese y archívese,

Mg. Gonzalo Francisco Flores Roca
Director Académico de Carrera
Ingeniería Ambiental

Caracterización de residuos sólidos municipales

Characterization of solid municipal waste

Karen Jazmin Huamán Casachagua¹ y Jorge Luis Cárdenas Ruiz^{1*}

1 Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad Científica del Sur, Lima, Perú.

*Autor de correspondencia: karenjhuaman@gmail.com

Resumen

En esta revisión teórica, se analizó la situación de los residuos sólidos municipales (RSM), en el mundo y en Perú, influenciada por el aumento de la población, la inadecuada gestión de desechos, cultura de los habitantes y carencia de infraestructuras para la disposición final.

Debido a las cifras de generación de desechos y la inadecuada gestión en limpieza, es importante la caracterización de desechos, pues dimensiona las necesidades de cada lugar, además de determinar parámetros como: la generación per cápita y total, volumen, densidad, composición y humedad, pero para desarrollarla, se debe utilizar una guía, la cual, permite planificar y ejecutar el estudio fácilmente.

Con la información obtenida en la caracterización, se planifica la administración y la subvención por la limpieza, plantear alternativas de gestión como: reciclaje, compostaje, plantas de tratamiento, rellenos sanitarios, entre otros.

Por último, en el Perú se debe realizar la caracterización a partir de la Guía para la Caracterización de Residuos Sólidos Municipales del 2018; sin embargo, presenta deficiencias. En la tabla “Tamaños de muestra para diversas cantidades de viviendas en las ciudades o localidades”, en el rango “más de 1 000 viviendas” menciona una muestra de 95 y la muestra de contingencia, equivalente al 20%, es 23, cuando debería ser 19, entonces la suma sería 114, igualando la muestra del rango “más de 500 y hasta 1 000 viviendas”. También, la tabla de composición menciona en desechos orgánicos estiércol de animales menores y en los tipos de desechos no aprovechables enuncia excretas de mascotas, generando confusión.

Palabras clave: residuos sólidos municipales; caracterización; guía de caracterización; generación per cápita; densidad; volumen; humedad; composición.

Abstract

In this theoretical review, the situation of municipal solid waste (MSW), in the world and in Peru, was analyzed, influenced by the increase in population, inadequate waste management, culture of the inhabitants and lack of infrastructure for disposal final.

Due to the waste generation figures and the inadequate cleaning management, the characterization of waste is important, as it measures the needs of each place, in addition to determining parameters such as: per-capita and total generation, volume, density, composition and humidity, but to develop it, a guide must be used, which allows planning and executing the study easily.

With the information obtained in the characterization, the administration and the subsidy for cleaning are planned, proposing management alternatives such as: recycling, composting, treatment plants, sanitary landfills, among others.

Finally, in Peru the characterization must be carried out based on the Guide for the Characterization of Municipal Solid Waste of 2018; however, it has shortcomings. In the table "Sample sizes for different amounts of dwellings in cities or towns", in the range "more than 1 000 dwellings" it mentions a sample of 95 and the contingency sample, equivalent to 20%, is 23, when it should be 19, then the sum would be 114, matching the sample from the range "more than 500 and up to 1 000 dwellings". Also, the composition table mentions in organic waste manure from small animals and in the types of non-usable waste it lists pet excreta, generating confusion.

Keywords: municipal solid waste; characterization; characterization guide; per-capita generation; density; volume; humidity; composition.

Revisión teórica

1. Residuo sólido.

En primer lugar, es importante definir que un residuo sólido es:

Cualquier objeto, material, sustancia o elemento resultante del consumo o uso de un bien o servicio, del cual su poseedor se desprenda o tenga la intención u obligación de desprenderse, para ser manejados priorizando la valorización de los residuos y en último caso, su disposición final. (Decreto Legislativo N°1278, 2017)

También, se puede definir como:

Cualquier desperdicio, lodo o material descartado, resultado de operaciones industriales, comerciales, mineras, agrícolas y de actividades realizadas por la población, pues las personas siempre generan ciertos tipos de desechos; por otro lado, los desechos pueden ser líquidos, semisólidos o materiales gaseosos contenidos en recipientes. (US EPA, 2017)

2. Problemática mundial.

A través del desarrollo socioeconómico de las urbanizaciones, aparece un nuevo fenómeno global, la contaminación, y con ello, la generación de desechos sólidos (Urbina & Zúñiga, 2016). Estos desechos siempre están presentes; sin embargo, el problema se agrava debido al desmesurado incremento de la generación y uso significativo de bienes y servicios (Bustos, 2009), convirtiéndose, automáticamente, en un tema de angustia a nivel mundial, ocasionado por problemas como el inadecuado manejo y la incorrecta disposición de los desechos (Alvarado *et al*, 2009), la aminoración de áreas desocupadas para el establecimiento de rellenos sanitarios, así como por los controles ambientales rigurosos, que tienen por finalidad, proteger el medio ambiente (López *et al*, 2010).

Por otro lado, los inadecuados sistemas de recolección en contenedores, la planificación deficiente de las rutas, la escasa información acerca del calendario de recojo, infraestructuras insuficientes, las carreteras deficientes y la cantidad de vehículos disponibles destinados para el recojo de desechos, han obstaculizado el progreso de las prácticas de recolección, transferencia y transporte de los RSM, además de los enormes gastos necesarios para proporcionar el servicio, la falta de apoyo económico y la poca disposición de los beneficiados para compensar este servicio han afectado la correcta prestación en muchos países (Zhujié *et al*, 2019).

En diversos países, en vías de desarrollo, se encuentra escasa información en cuanto a las particularidades de los desechos generados, asimismo, el número de proyectos de caracterización de desechos correctamente desarrollados es muy limitado (Marmolejo *et al*, 2010).

Adicionalmente, se ha estimado que la generación mundial de RSM en el 2016 llegó a los 2,01 billones de toneladas y para el 2050 se proyecta que será 3,40 billones de toneladas; por otro lado, las personas generan, en promedio, 0,74 kg de desechos sólidos diariamente, pero este número varía entre 0,11 a 4,54 kg (Kaza *et al*, 2018).

En el 2016, la producción de desechos por regiones fue la siguiente: Este, Centro y Norte de África (129 MMTon/año); África Sub-Sahariana (174 MMTon/año); América Latina y el Caribe (231 MMTon/año); Norte América (289 MMTon/año); Asia Sur (334 MMTon/año); Europa y Asia Central (392 MMTon/año); Asia Este y Pacífico (468 MMTon/año) (Kaza *et al*, 2018), estas cifras se distinguen en la Figura 1.

MMTon: millón de toneladas

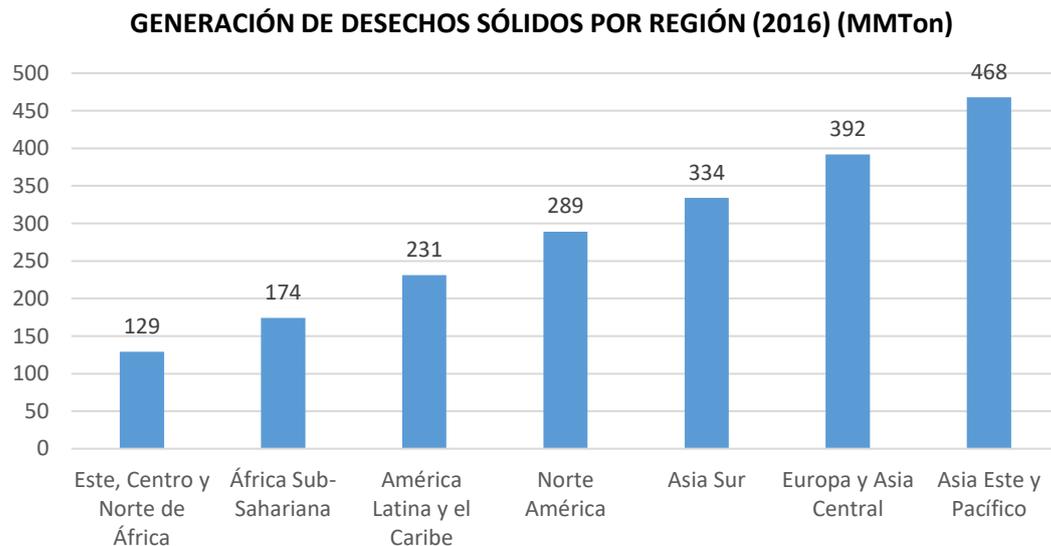


Figura 1. Generación de desechos sólidos por región en el año 2016.

Fuente: adaptado de What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050 (2018).

En la India, la generación de RSM está alcanzando proporciones críticas, especialmente, en los asentamientos urbanos, asimismo, en los países desarrollados, la situación no es necesariamente mejor, pues los altos niveles de vida y el ingreso per cápita se asocian con elevadas tasas de rechazo, lo que da como resultado enormes montones de desechos; mientras que en países pobres como Nigeria, la producción de residuos está estrechamente relacionada a la falta de infraestructuras de eliminación de desechos, lo que extiende el período de estos en contenedores o al lado de las carreteras (Subhasish *et al*, 2019).

Por otro lado, las poblaciones más expuestas a los riesgos de los RSM son: el personal formal e informal que maneja los desechos, las personas no atendidas por los servicios de recojo; la población cercana a lugares de disposición final de los desechos; además de la población en general.

2.1. Impactos ambientales generados por desechos.

2.1.1. Contaminación atmosférica.

La descomposición del material orgánico de los desechos produce: metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2) y sulfuro de hidrógeno (H_2S), estos gases se dispersan a través del aire, generando olores desagradables en los alrededores, malestares y náuseas. Asimismo, los inmuebles pertenecientes al área de influencia pierden su valor; por otro lado, la quema de desechos genera otros gases como monóxido de carbono (CO), cenizas, la volatilización de compuestos químicos como bencina, cloruro de vinilo y dioxinas. Éstas últimas se producen cuando se queman, a bajas temperaturas, diversos elementos químicos, plásticos o papeles. Las dioxinas son persistentes en el ambiente, no se biodegradan fácilmente y son consideradas como una de las sustancias químicas más tóxicas. Finalmente, los desmontes o escombros producen material particulado (MP), el cual puede contener elementos peligrosos y causar problemas en los pulmones, además de contaminar cuerpos de agua y expandirse hacia poblaciones próximas (Defensoría del Pueblo, 2007).

2.1.2. Contaminación del suelo

Entre los desechos se encuentran varios subproductos químicos como pilas, desechos oleosos, restos de productos farmacéuticos, de belleza y de aseo, metales, pesticidas, entre otros, todos estos contaminan gravemente el suelo, pues contienen sustancias como Dicloro Difetil Tricloroetano (DDT), formaldehído (CH_2O), Níquel (Ni), Cadmio (Cd), Flúor (F), Xileno (C_8H_{10}), Bifenilos Policlorados (PCB), Paratión ($\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{NO}_5\text{PS}$), Plomo (Pb).

3. Problemática en el Perú.

Los costos más altos de degradación ambiental en el Perú son, en orden de menor a mayor magnitud, desproporcionado e inapropiado aprovisionamiento de agua; deforestación; contaminación de aire; desastres naturales; degradación de la tierra e inadecuada recolección municipal de desechos sólidos (Banco Mundial, 2007), esta última se debe a la presencia de

desechos peligrosos e industriales, combinados con desechos municipales, ocasionando impactos como contaminación atmosférica, sonora, visual, de agua, de suelo, deterioro del paisaje, olores repugnantes, dispersión de Gases de Efecto Invernadero (GEI), especialmente el metano (CH₄), y depreciación del valor del lugar (MINAM, 2012).

El valor de producción per-cápita de RSM en el 2017 en el Perú fue 0,515 kg/hab./día, además, en la provincia de Lima, la producción per cápita para el 2017 fue 0,6 kg/hab./día y en el ámbito provincial fue 0,512 kg/hab./día (Figura 2) (SINIA, 2018), estos valores elevados, se deben a la ausencia de información y prácticas inadecuadas por parte de las personas, en cuanto a la administración de RSM y sus resultados en el ambiente y la salubridad (Quispe, 2016).

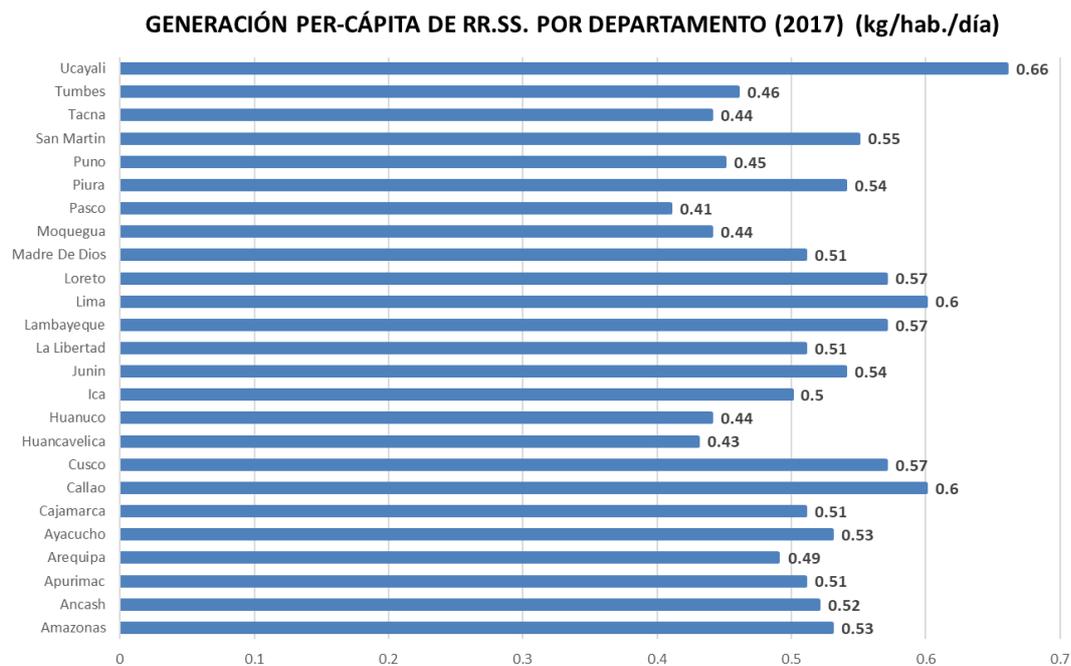


Figura 2. Generación per-cápita de residuos sólidos por departamento en el año 2017
Fuente: adaptado de Generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios por departamento (2018).

En el año 2015, la disposición final de los RSM, en los veinticuatro departamentos del Perú, se distribuyó en botaderos (68,9%), rellenos sanitarios (20,4%), reciclados (5,5%), quemados (4,8%) y en compostaje (0,4%) (Figura 3) (INEI, 2018).

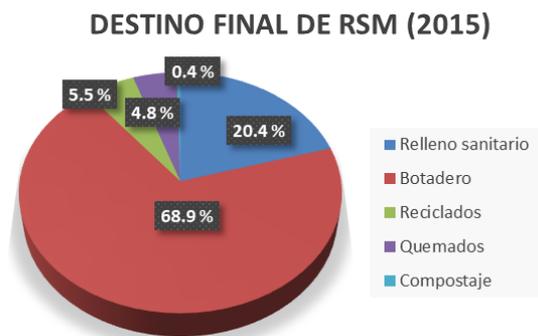


Figura 3. Destino final de los RSM en el año 2015.

Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, una de las mayores dificultades relacionadas al ambiente en el Perú es la escasez de infraestructuras destinadas a la disposición final de desechos, ya que este país cuenta con tan solo 32 rellenos sanitarios (SINIA, 2018), distribuidos en los departamentos de Amazonas, Ica, Lima, Ayacucho, Cajamarca, Huancavelica, Cusco, La Libertad, Huánuco, Áncash, Pasco, Callao, Apurímac, Loreto y Junín (OEFA, 2014). De acuerdo con estos rellenos sanitarios, Lima, fue el departamento en el que se dispuso la mayor cantidad de desechos sólidos (3 125 605,51 TM/año); mientras que Huancavelica fue el departamento con menor cantidad dispuesta (584,9 TM/año) (Figura 4) (SINIA, 2018).

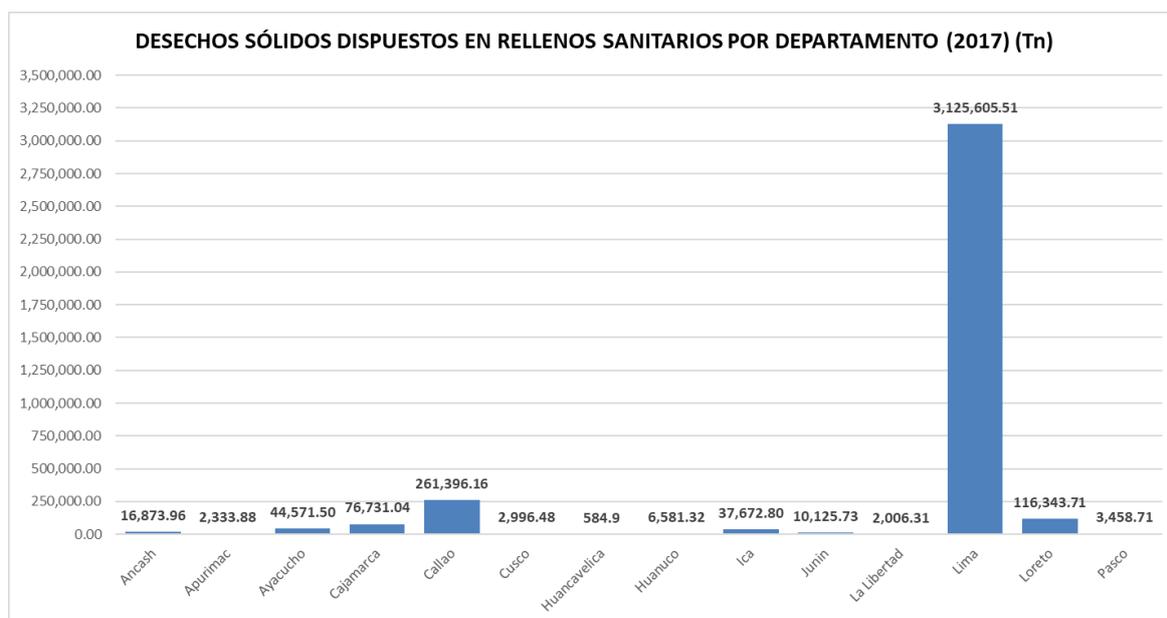


Figura 4. Desechos sólidos dispuestos en rellenos sanitarios por departamento en el año 2017.

Fuente: elaboración propia.

En el 2013, el OEFA inspeccionó 189 de las 195 municipalidades provinciales que existen en el Perú, con el propósito de constatar de que estas ejecuten adecuadamente la administración y la gestión de los RSM, a través de la ejecución de once componentes ambientales (OEFA, 2014), entre estos componentes se encuentra el estudio de caracterización de desechos sólidos y otros como:

- Sistema de Información para la Gestión de los Residuos Sólidos (SIGERSOL)

Éste se encarga de recolectar datos sobre la administración y manejo de desechos en las municipalidades de distritos y provincias con la finalidad de incorporar información rápida y eficazmente para que la población o los interesados puedan informarse en relación con temas de desechos sólidos, a partir de esta información se puede realizar estudios estadísticos e incorporar estrategias para la mejora continua (MINAM, 2018).

- Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos (PIGARS)

Es un instrumento que se deriva de un proceso participativo de planificación, por esta razón, la formulación de este instrumento no solo tiene que plasmarse en un escrito o en un proyecto explicando las ventajas y desventajas del sistema de administración de los desechos y las deseables opciones para solucionar posibles adversidades, sino que este debe plantear propuestas sociales y económicas que generen un procedimiento uniforme y objetivo con el propósito de mejorar la calidad de la administración de los desechos (Municipalidad de Ate, 2015).

Después de realizar la inspección, se obtuvieron como resultados que 57% de las municipalidades provinciales fiscalizadas poseen el estudio de caracterización de desechos, 62% ha elaborado PIGARS, 42% tiene programas de segregación, 17% fomenta la

oficialización de los recicladores, 44% declara la administración y el manejo de desechos en el SIGERSOL y 5% ha elaborado un plan de cierre y restauración de botaderos (OEFA, 2014).

RESULTADOS DE LA INSPECCIÓN - OEFA

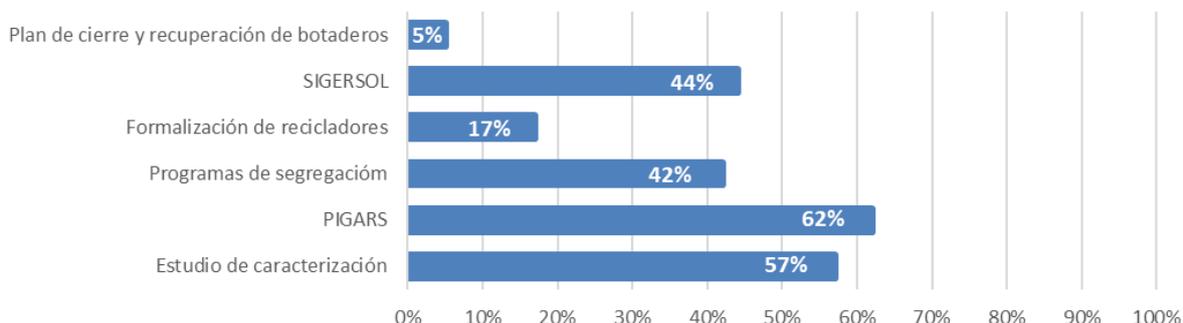


Figura 5. Resultados de la inspección realizada por el OEFA en el año 2014.
Fuente: elaboración propia.

En el Perú, las municipalidades se encargan de la administración de desechos sólidos de origen domiciliario, no domiciliario y de las acciones que producen desechos semejantes en su jurisdicción, asimismo, en combinación con el sector salud, deben distinguir lugares apropiados para localizar rellenos sanitarios (OEFA, 2014); por ello, el manejo de los desechos es un desafío para los municipios, pues el volumen generado a diario, sobrepasa la capacidad de las infraestructuras existentes (Garduño *et al*, 2016).

La composición de los desechos municipales varía según los elementos culturales relacionados con niveles socioeconómicos, desenvolvimiento de tecnologías, patrones de estilo de vida, país de residencia, entornos urbanos o campestres, estaciones y condiciones ambientales (Defensoría del Pueblo, 2007), densidad demográfica, rutina de la población, periodo del año y cantidad de turismo (Sarmiento, 2015). Por lo tanto, la generación de los desechos sólidos en Perú posee una ceñida relación con el aumento de la población, consumismo, migración desordenada y flujos comerciales insostenibles, disminuyendo las oportunidades de desarrollo y situando a la población en riesgo para la salud (MINAM, 2012), debido a la posible manifestación y reproducción de ratas, moscas y demás vectores que transportan enfermedades

(Bustos, 2009), además, se ha registrado un aumento de algunas enfermedades como la dermatitis, malaria, bronquitis, asma y enfermedades gastrointestinales para personas que habitan cerca de botaderos de desechos (US EPA, 2017).

4. Caracterización de desechos sólidos.

Para determinar la cantidad y la constitución de los desechos producidos por un sector es fundamental efectuar un estudio de caracterización, pues este aporta componentes para entender las magnitudes de la producción, el manejo y la disposición final (Cruz & Ojeda, 2013), a partir de este estudio, se determinará el porcentaje de fracción orgánica, plástico, cartón, vidrio, entre otros, que se produce en un lugar y se conseguirán datos para trazar el aumento de los desechos en base al tiempo, también se alcanzará evaluar la composición física de los desechos (Montoya, 2012). Asimismo, este estudio contiene el análisis, la descripción y el tratamiento de datos obtenidos en el trabajo de campo (Fazenda & Tavares 2016), todo esto, posibilita tomar decisiones para alcanzar el manejo integral de los desechos (Francisco & Rodríguez, 2011), comprender las magnitudes de generación, manejo y disposición final, para ello, se deben tener esclarecidos los volúmenes de desechos en una zona, los materiales que los constituyen, los puntos de producción y su versatilidad (Bustíos *et al*, 2013).

4.1. Parámetros de caracterización de desechos sólidos.

A continuación, se definen los parámetros, comúnmente, determinados en los estudios de caracterización de desechos.

4.1.1. Generación per cápita (GPC)

Es la producción de desechos producida por cada persona durante un día, adicionalmente, si la GPC se multiplica por la cantidad de habitantes, según el sector socioeconómico, se puede hallar la generación total en el distrito o provincia (Defensoría del Pueblo, 2007).

4.1.2. Composición de los desechos sólidos

Es la clasificación de los desechos según: categorías, subproductos, tipo de desechos o según se establezca en la metodología que se va a utilizar.

4.1.3. Volumen

Es el espacio que ocupa el desecho sólido y se mide en metros cúbicos (m^3) con la ayuda de un cilindro, cuando se realiza un estudio de caracterización, posteriormente, los datos de volumen obtenidos se utilizan para hallar la densidad.

4.1.4. Densidad

Este parámetro se calcula con la relación de la masa de los desechos respecto al volumen que estos ocupan, dicha relación se modifica de acuerdo con la composición, la humedad y la compactación, este parámetro se mide en kilogramos por metro cúbico (kg/m^3) y para fines de este estudio, el cálculo se realiza con la ayuda de un cilindro.

4.1.5. Humedad

La humedad permite medir el agua que contienen los desechos orgánicos, este parámetro determina la producción potencial de lixiviados y la capacidad de degradación a través de microorganismos (Castro *et al*, 2016), el análisis de este parámetro se realiza en un laboratorio especializado y se debe tener en cuenta el correcto manejo de la muestra (MINAM, 2018). Por otro lado, el mayor aporte de humedad es proporcionado por los desechos orgánicos, los cuales ceden humedad a los demás desechos (Defensoría del Pueblo, 2007).

5. Guías de caracterización a nivel mundial.

5.1. Guatemala.

La “Guía para elaborar Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Comunes” de Guatemala, presenta la metodología propuesta por Sakurai (1983) en cuanto a la determinación

del tamaño de muestra; sin embargo, el desarrollo de esta guía presenta las mismas características que la guía peruana como: el análisis de muestras, el pesaje, la producción per cápita, la prueba de composición y la densidad de los desechos (MARN, 2018), pero la guía peruana se diferencia en que esta última mide la humedad de la fracción orgánica en las muestras de predios y mercados, además, la clasificación por tipo de residuo se clasifica en subproductos (Tabla 1).

Tabla 1. Clasificación de residuos y desechos por categorías

Clasificación de residuos y desechos por categorías				
No.	Subproductos	Peso (kg)	% En Peso	Observación
A. Orgánicos				
	Residuos de alimentos			
	Residuos de jardinería			
	Hueso			
B. Papel y cartón				
	Papel			
	Cartón			
	Envase de cartón encerado			
C. Plástico				
	Plástico película			
	Plástico rígido			
	PET			
	Poliuretano			
	Poliestireno expandido			
D. Vidrio				
	Vidrio de color			
	Vidrio transparente			
E. Material ferroso				
	Material ferroso			
	Lata			
F. Material no ferroso				
	Material no ferroso			
	Lata de aluminio			
G. Varios				
	Loza y cerámica			
	Madera			
	Hule			
	Tetrapack			
	Cuero			
	Algodón			
	Trapo			
	Fibra dura vegetal (esclerenquima)			
	Fibra sintética			
	Residuo fino (que pase la criba M 2.00)			
H. Desechos sanitarios				
	Papel sanitario			
	Pañal desechable			
I. Peligrosos				
	Pilas alcalinas			
	Pilas de litio			
	Pilas de mercurio			
	Pilas recargables			
	Baterías y acumuladores			
	Aceites y lubricantes			
	Focos incandescentes			
	Focos ahorradores			
	Lámparas fluorescentes			

Pinturas y solventes
Insecticidas y productos de limpieza
Medicamentos caducos
Jeringas, lancetas, rastrillos
Gasas y algodones con restos de sangre
Material de diálisis
Termómetros

TOTAL

Fuente: Adaptado de la Guía para elaborar Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Comunes (2018).

5.2. Chile.

Por otro lado, el “Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos domiciliarios en la región metropolitana” realizado en Chile, no presenta una metodología obtenida a partir de una guía, sino que este estudio propone su propia metodología, elaborada a partir de tesis de caracterización de desechos realizados en este país. Además, este estudio realiza, analiza y evalúa las caracterizaciones de varias municipalidades como: Santiago, Ñuñoa, La Reina, Padahuel y Providencia; por otro lado, en cuanto a la toma de muestras, tanto en residencias, como en comercios, se realizan dos tipos de muestreos: en campaña de invierno y de primavera. Asimismo, implementa campañas de reciclaje, incluso algunas son realizadas a beneficencia (Comisión Nacional del Medio Ambiente Región Metropolitana, 2006).

Por otro parte, este estudio solo se encarga de determinar el tamaño de muestra, considerando factores sociales, económicos y estacionales, aparte de determinar la selección, cuantificación y composición porcentual de los desechos sólidos, tal como se muestra en la Tabla 2 (Comisión Nacional del Medio Ambiente Región Metropolitana, 2006).

Tabla 2. Selección y cuantificación de subproductos

Componente	Sub-Categoría
Residuos de alimentos	
Residuos de jardín y poda	
Madera	
Textiles	
Suciedad y cenizas	
	Papel de rechazo
	Diarios
Papel	Revistas
	Papel blanco
	Papel Kraft
	Cartón sucio
Cartón	Cartón corrugado

	Pulpa moldeada Cartón liso y cartulina Dúplex (envases de remedios/ detergente/ cereales/ te/ de alimentos etc.)
Plástico	1 PET 2 PEAD HDPE 3 PVC 4 PEBD LDPE 5 PP 6 PS 7 Otros
Envases	Tetrapack
Pañales y celulosas sanitarias	Pañales pequeños Pañales grandes Higiene femenina
Gomas y cueros	Gomas Cueros
Vidrios	Transparente o blanco Café Verde Otros vidrios
Metales	Hojalata Aluminio Latas de aluminio Otros metales (ej. Fierros)
Otros	Pilas Huesos Cuescos Cerámicas Otros RSE (insecticidas/ aerosoles/ Tinturas de pelo/ cosméticos/ medicamentos/ pintura/ barnices/ disolventes pinturas/ pinturas/ baterías de autos/ aceite de motor/ raticidas etc.)

Fuente: Adaptado de la Guía para elaborar Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Comunes (2012).

5.3. México.

Por otra parte, en México se utiliza la Norma Mexicana NMX-AA-022-1985 titulada “Protección al Ambiente, Contaminación del Suelo, Residuos Sólidos Municipales, Selección y Cuantificación de Subproductos”, la cual establece la selección y la metodología para cuantificar los desechos sólidos municipales (SECOFI, 1985), esta utiliza el método el cuarteo sucesivo, el cual consiste en dividir la muestra en cuatro partes, se eligen dos secciones no contiguas para conformar un nuevo montículo de menor tamaño y las partes restantes se descartan, se debe repetir este procedimiento hasta alcanzar el tamaño de muestra deseado (Figura 6) (Elizondo & Jiménez, 2014), además, en esta norma solo se mide la clasificación de subproductos de los desechos sólidos según la Tabla 3 (SECOFI, 1985).

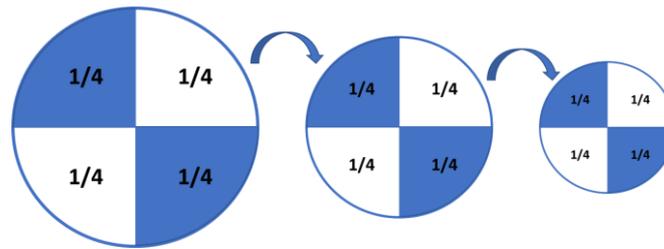


Figura 6. Método del cuarteo.
Fuente: elaboración propia.

Tabla 3. Clasificación de subproductos en México

N° Subproducto	Peso en kg.	% en peso
1	Cartón	
2	Algodón	
3	Cuero	
4	Residuo fino que pase la criba ($\mu=2$)	
5	Envase de cartón encerado	
6	Fibra dura vegetal	
7	Fibras sintéticas	
8	Hueso	
9	Hule	
10	Lata	
11	Loza y cerámica	
12	Madera	
13	Material de construcción	
14	Material ferroso	
15	Material no-ferroso	
16	Papel	
17	Pañal desechable	
18	Plástico de película	
19	Plástico rígido	
20	Poliuretano	
21	Poliestireno expandido	
22	Residuos alimenticios	
23	Residuos de jardinería	
24	Trapo	
25	Vidrio de color	
26	Vidrio transparente	
27	Otros	

Fuente: Adaptado de la Norma Mexicana NMX-AA-022-1985 (1985).

5.4. España.

En España, se realizó el “Plan piloto de caracterización de residuos urbanos de origen domiciliario”, elaborado para la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural (DGCEA), con el fin de facilitar el estudio, se realizaron siete zonificaciones, las cuales contienen a todas las comunidades autónomas de este país (MAGRAMA, 2012).

Respecto a los parámetros, primero, se realiza la caracterización macroscópica o clasificación de los materiales, de acuerdo con la Tabla 4.

Tabla 4. Clasificación de materiales

Envases y embalajes			
Componente	Peso kg.	Componente	Peso kg.
Papel-cartón		PET	
Brik		PEAD Natural	
Acero (envases férricos)		PEAD Color	
Aluminio		FILM (excepto bolsas camiseta)	
Vidrio blanco		FILM (bolsas camiseta)	
Vidrio color		PVC	
Madera		PP	
Cerámicos		PS (excepto EPS)	
Otros		Otros plásticos	
Materia orgánica biodegradable			
Componente	Peso kg.	Componente	Peso kg.
Restos de alimentos		Celulósicos	
Restos de jardinería		Otros (materia orgánica)	
Otros residuos			
Componente	Peso kg.	Componente	Peso kg.
Plásticos no envase (excepto film bolsa de basura)		RAEE	
Film bolsa de basura		Pilas y acumuladores	
Papel/ cartón no envase		Baterías de vehículos	
Vidrio no envase		Fluorescentes y lámparas de mercurio	
Madera no envase		Textiles	
Metales férricos no envase		Textiles sanitarios	
Metales no férricos no envase		Cantidad de producto en envases (sólido)	
Tierras y escombros		Cantidad de producto en envases (líquido)	

Fuente: Adaptado del Plan piloto de caracterización de residuos urbanos de origen domiciliario (2012).

Por otro lado, en este estudio, se mide la humedad en todas las clasificaciones de desechos, especificados en la Tabla 4, exceptuando al vidrio blanco y de color (MAGRAMA, 2012).

6. Guías de caracterización de desechos sólidos en Perú

En el Perú se utiliza la “Guía para la Caracterización de Residuos Sólidos Municipales” publicada en el 2018 y utilizada actualmente (MINAM, 2018), esta guía puede ser utilizada para distritos o provincias y analiza parámetros como producción total y per-cápita, densidad, composición, volumen y humedad.

Hasta el año 2017, en el Perú se utilizaba la “Guía metodológica para el desarrollo del Estudio de Caracterización para Residuos Sólidos Municipales” del año 2015, esta guía indicaba pautas para realizar el estudio e indicaciones de cómo determinar las particularidades y parámetros de los desechos sólidos, para establecer la tasa de cobro de arbitrios e instaurar planes,

instrumentos, proyectos y/o programas de reaprovechamiento (MINAM, 2015); sin embargo, el objetivo de la guía del 2015 es el mismo que el de la guía del 2018; no obstante, el contenido difiere en la forma en cómo se obtiene el tamaño de las muestras, ya que, anteriormente, se utilizaba la metodología justificada en el diseño de caracterización de la Organización Panamericana de la Salud (OPS), dicha metodología utiliza fórmulas estadísticas complejas para determinar el tamaño de las muestras (Sakurai, 1983), ante esto, el MINAM determinó que ocurrían muchas confusiones debido a la complejidad de las fórmulas utilizadas en la etapa de muestreo, por este motivo, se elaboró una nueva guía en la que se plantean parámetros o rangos, en los que se utilizan los datos del INEI y de la Oficina de Comercio del distrito (MINAM, 2018).

Por otro lado, la Guía del 2018 posee un error en la tabla: “Tabla 6: Tamaños de muestra para diversas cantidades de viviendas en las ciudades o localidades”, por esta razón, en el 2019 se realizó el taller: “Implementación de un Sistema Integrado de Manejo de Residuos Sólidos Municipales” en donde se expuso la nueva tabla, además, esta tabla se puede descargar a través del Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) (MINAM, 2019).

Por último, en la guía del 2018, la tabla utilizada para la clasificación de los desechos sólidos (Tabla 5), menciona en los tipos de desechos orgánicos al estiércol de animales menores y en los tipos de desechos no aprovechables enuncia a las excretas de mascotas. Esta repetición, genera confusión, pues durante la determinación de la composición, no se puede saber con exactitud en donde clasificar las excretas de animales menores o domésticos; además, en la guía del 2018 se indica que la caracterización se debe efectuar cada cinco años, mientras que en la del 2015 establece que se debe realizar cada dos años.

6.1. Clasificación de desechos sólidos en Perú.

La principal diferencia, entre las guías de caracterización de desechos sólidos elaboradas en diferentes países, es la clasificación o composición de desechos, por ello, en la Tabla 5, se menciona la clasificación de desechos en Perú.

Tabla 5. Clasificación de desechos sólidos

Tipo de residuo	Día 1 (kg)
1. Residuos aprovechables	
1.1. Residuos Orgánicos	
Residuos de alimentos (restos de comida, cáscaras, restos de frutas, verduras, hortalizas y otros similares)	
Residuos de maleza y poda (restos de flores, hojas, tallos, grass, otros similares)	
Otros orgánicos (estiércol de animales menores, huesos y similares)	
1.2 Residuos inorgánicos	
1.2.1. Papel	
Blanco	
Periódico	
Mixto (páginas de cuadernos, revistas, otros similares)	
1.2.2. Cartón	
Blanco (liso y cartulina)	
Marrón (corrugado)	
Mixto (tapas de cuaderno, revistas, otros similares)	
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 (envases multicapa)	
1.2.6. Metales	
Latas-hojalata (latas de leche, atún, entre otros)	
Acero	
Fierro	
Aluminio	
Otros Metales	
1.2.7. Textiles (telas)	
1.2.8. Caucho, cuero, jebe	
2. Residuos no reaprovechables	
Bolsas plásticas de un solo uso	
Residuos sanitarios (papel higiénico, pañales, toallas sanitarias, excretas de mascotas)	
Pilas	
Tecnopor (poliestireno expandido)	
Residuos inertes (tierra, piedras, cerámicos, ladrillos, entre otros)	
Restos de medicamentos	
Envolturas de snacks, galletas, caramelos, entre otros	
Otros residuos no categorizados	
TOTAL	

Fuente: Adaptado de la Guía para la Caracterización de Residuos Sólidos Municipales (2018).

6.1.1. Caracterizaciones de desechos sólidos realizadas en Perú

Las caracterizaciones de desechos se realizan, generalmente, a nivel provincial o distrital; sin embargo, la metodología se puede aplicar en cualquier lugar, con la finalidad de instaurar planes, instrumentos, valorizaciones, proyectos y/o programas de reaprovechamiento, además de poder conocer las cifras aproximadas sobre los desechos que se generan en el área de estudio (MINAM, 2018).

- *Caracterizaciones provinciales*

En el “Estudio de caracterización física de Residuos Sólidos Municipales en la ciudad de Piura”, el 66% de los entrevistados estuvo dispuesto a pagar, valores mayores a los establecidos, entre S/. 3,60 a S/. 8,30 soles por vivienda al mes, por un mejor sistema de recojo y disposición de desechos. También, se determinó que la composición de desechos sólidos en establecimientos comerciales es, principalmente, reciclable (74,03%), es decir, estos pueden ser reaprovechados con programas de segregación (ECO Consultorías e Ingeniería, 2013).

COMPOSICIÓN DE RSM DOMICILIARIOS (2013) - PIURA

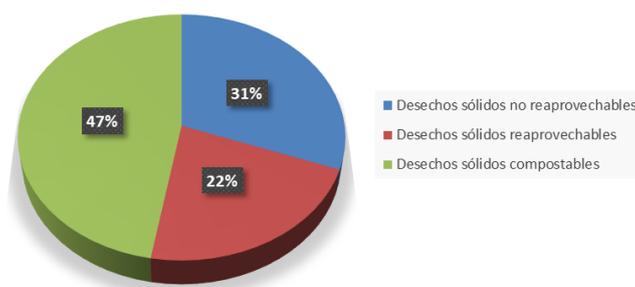


Figura 7. Composición de RSM domiciliarios en Piura (2013).
Fuente: elaboración propia.

COMPOSICIÓN DE RSM COMERCIALES (2013) - PIURA

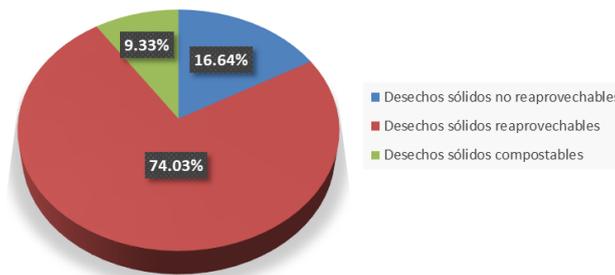


Figura 8. Composición de RSM comerciales en Piura (2013).

Fuente: elaboración propia.

- *Caracterizaciones distritales*

En la “Caracterización física de los Residuos Sólidos del 2016, en el distrito de Constitución, en Pasco”, se determinó que la producción per cápita de desechos sólidos fue 0,605 kg/hab./día, la generación total de un día fue 4,03 TM y el componente más abundante de los desechos producidos con un 62,30 % es el material orgánico, asimismo, este estudio sugiere la implementación de un Plan de Manejo de Desechos (PMD) en el distrito y fomentar actividades de educación ambiental (Saavedra, 2018).

COMPOSICIÓN DE RSM DOMICILIARIOS (2016) - CONSTITUCIÓN

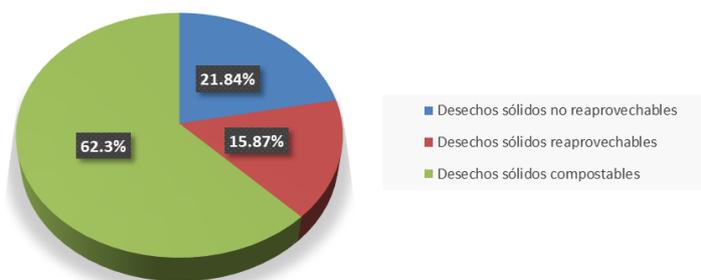


Figura 10. Composición de los RSM domiciliarios en Constitución (2016).

Fuente: elaboración propia.

En el “Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales” de la Municipalidad Distrital de Ate Vitarte, se diagnosticó que la producción per cápita de desechos domiciliarios en el 2016 fue 0,622 kg/hab./día, comparado con el 2014 (0,662 kg/hab./día), la producción disminuyó en 40 g., debido a que ciertos desechos sólidos inorgánicos son livianos, pues las

empresas aplican el eco diseño en sus recipientes; por otro lado, la generación total de desechos domiciliarios fue 433,40 TM/día en el año 2016 y para el año 2018 se estimó que serían 480,68 TM/día; además, según la constitución física de los desechos domiciliarios, la parte orgánica es de aproximadamente 60%; por ello, debido al alto porcentaje de fracción compostificable, se plantea realizar una serie de programas para minimizar la disposición de material orgánico en rellenos sanitarios, con la finalidad de aminorar costos y obtener abonos orgánicos para el cuidado de las áreas verdes (Municipalidad Distrital de Ate, 2016).

COMPOSICIÓN DE RSM DOMICILIARIOS (2016) - ATE

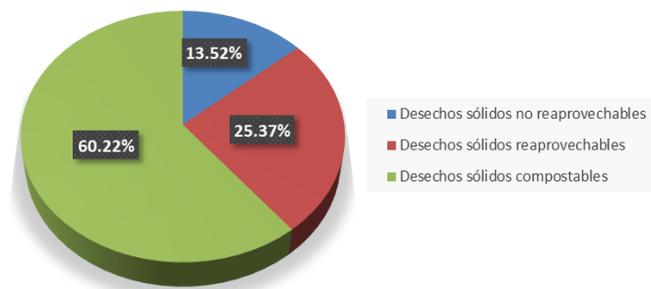


Figura 11. Composición de RSM domiciliarios en Ate Vitarte (2016).
Fuente: elaboración propia.

COMPOSICIÓN DE RSM COMERCIALES (2016) - ATE

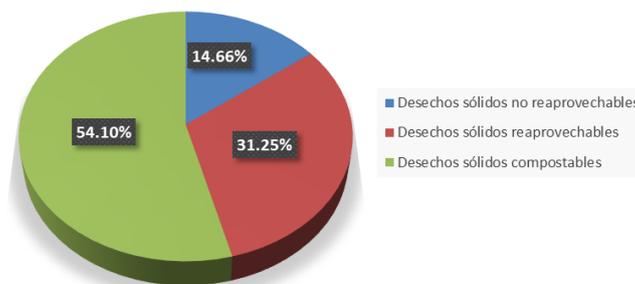


Figura 12. Composición de RSM comerciales en Ate Vitarte (2016).
Fuente: elaboración propia.

7. Comparación entre guías o estudios de caracterización.

Finalmente, realizando un cuadro resumen entre las guías y las caracterizaciones de desechos sólidos de los países analizados, se puede observar que la Guía para la Caracterización de Residuos Sólidos Municipales, elaborada en Perú, es la única que determina todos los parámetros necesarios para elaborar un adecuado estudio (Tabla 6).

Tabla 6. Comparación entre países

País	Parámetros				
	GPC	Composición	Densidad	Volumen	Humedad
Guatemala	X	X			
Chile		X			
México		X			
España		X			
Perú	X	X	X	X	X

Fuente: elaboración propia.

8. Alternativas de gestión de desechos sólidos.

Para enfrentar la producción desmedida de desechos, se deben gestar cambios e implementar medidas bajo el enfoque de eludir el despilfarro de materia prima y energía; cambiar el sistema lineal de fabricación, adquisición y descarte por el sistema circular, reincorporando elementos en los ciclos de fabricación y evitar prácticas que simbolizen inseguridad para el medio ambiente y la salubridad pública (Fernández, 2005).

Según Stoeva & Alriksson (2017) se podrían aplicar cuatro tipos de medidas para motivar a los ciudadanos a realizar comportamientos ambientales activos: medidas administrativas: obligaciones legales; medidas económicas: tasas e impuestos; medidas físicas: implementación de contenedores de reciclaje y frecuencia en la recolección de desechos e información como campañas y avisos; estas herramientas deben unirse para hacer que la segregación de desechos en el hogar sea más conveniente, lo que aumentaría las tasas de participación ciudadana.

8.1. Reciclaje.

Una alternativa es el reciclaje, considerada como una forma en la que se pueden aprovechar objetos que por alguna circunstancia han sido descartados y que a través de transformación artesanal o industrial pueden ser revalorizados (Reyes *et al*, 2015).

8.2. Compostaje.

En una técnica biológica en la que se implementa la inspección en los procedimientos de biodegradación de la materia orgánica, esta biodegradación se produce según las actividades que los microorganismos desarrollan y cómo se reproducen a través de fracciones orgánicas en descomposición, asimismo, el resultado de estas acciones es la modificación del material orgánico en diversas estructuras químicas; por otro lado, la producción final del compostaje está condicionada por las formas de metabolismo y los conjuntos fisiológicos que se han involucrado (Ricaurte, 2005).

La manera en la que se efectúa el compostaje obedece a distintas variables, tanto físicas: la dimensión de la partícula, el espacio poroso, el sistema de compostaje, el aireado, la temperatura y la humedad; como químicas: la relación de carbono-nitrógeno, el contenido de oxígeno, la acidez o alcalinidad del medio y el pH (Longoria *et al*, 2014).

8.3. Segregación en la fuente.

Es un método establecido con la finalidad de reaprovechar los desechos en la fuente de origen, donde la población participa, a partir de la disgregación, acopio y transferencia de sus desechos al trabajador comisionado para ejecutar el recojo, asimismo, el manejo de estos desechos considera las actividades de disminución y selección en la fuente de los desechos sólidos; finalmente, las municipalidades y/o algunas empresas se encargan de la comercialización o tratamientos de los desechos que han sido segregados (MINAM, 2016).

En este sistema de separación de desechos, la colaboración de las personas es crucial para lograr una mayor separación, pues se realiza directamente la separación primaria y, por lo tanto,

se disminuyen los costos crecientes de la separación durante el proceso de recolección (Struk, 2017).

8.4. Planta de tratamiento de desechos inorgánicos.

Es una infraestructura que permite reutilizar y posibilitar la disposición final de los desechos inorgánicos sin perjudicar al ambiente y la salubridad pública, asimismo, el tratamiento de desechos se define como aquel procedimiento que modifica las particularidades de un desecho, con el objetivo de minimizar o descartar el riesgo de generar agravios, y aprovecharlo nuevamente a través de reciclaje, restauración o reutilización (OEFA, 2014).

8.5. Rellenos sanitarios.

La última opción destinada para la disposición de los desechos son los rellenos sanitarios. Éstos se definen como infraestructuras realizadas con métodos de ingeniería, destinadas para la colocación de desechos sólidos municipales, a través de tratamiento, compactación y cobertura (Caballero *et al*, 2011), en los rellenos sanitarios se almacenan desechos domésticos y comerciales, lodos no peligrosos, desechos generadores en eventos y desechos industriales no peligrosos (US EPA, 2017).

Las principales ventajas de estas infraestructuras son: la restauración de áreas degradadas, bajos costos de inversión, aprovechamiento del espacio, posible obtención de energía a través de gas metano (Ullca, 2006). Además, las variables que influyen en los costos y la construcción de un relleno sanitario son: las particularidades del suelo, la planimetría, el nivel de tierras, el vertido, la compactación y la cobertura; por otro lado, también se necesitan estudios, maquinarias y personal capacitado (Aguirre *et al*, 2006).

Conclusiones

La caracterización de residuos sólidos posibilita dimensionar las necesidades de cada distrito, además de determinar parámetros como: la producción per cápita y total; la densidad, la cual permite establecer el acopio, el traslado y la disposición final; la composición; el volumen; y la humedad, la cual determina la generación de lixiviados; considerando lo mencionado anteriormente, es importante que en el Perú se desarrolle la caracterización a partir de la Guía para la Caracterización de Residuos Sólidos Municipales, promulgada en el 2018, la cual determina todos los parámetros mencionados; sin embargo, presenta deficiencias, pues la tabla: “Tamaños de muestra para diversas cantidades de viviendas en las ciudades o localidades” posee un error de cálculo; por otro lado, la tabla utilizada para la composición menciona en los desechos orgánicos al estiércol de animales menores y en los tipos de desechos no aprovechables enuncia a las excretas de mascotas, ambas tablas generan dificultades durante la ejecución de la caracterización.

Referencias bibliográficas

- Aguirre, C.; Arancibia, H.; Grandón, C.; Marchant, M. & Andrade, M. (2006). Propuesta de optimización técnica de rellenos sanitarios, un acercamiento metodológico. *Revista de la Construcción*, 5(1), 62-70.
- Alvarado, H.; Nájera, H.; González, F. & Palacios, R. (2009). Estudio de generación y caracterización de los residuos sólidos domiciliarios en la cabecera municipal de Chiapa de Corzo, Chiapas, México. *Ciencias UNICACH*, 3(1), 85–92.
- Banco Mundial. (2007). *Análisis Ambiental del Perú: Retos para un desarrollo sostenible*.
- Bustíos, C.; Martina, M. & Arroyo, R. (2013). Deterioro de la calidad ambiental y la salud en el Perú actual. *Revista Peruana De Epidemiología*, 17(1), 1–9.
- Bustos, C. (2009). La problemática de los desechos sólidos. *Economía*, 27, 121–144.
- Caballero, D.; De la Garza, F.; Andrade, E. & Briones, F. (2011). Los rellenos sanitarios: una alternativa para la disposición final de los residuos sólidos urbanos. *Ciencia UAT*, 6(2), 14–17.
- Castro, G.; Daza, M. & 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.
- Comisión Nacional del Medio Ambiente Región Metropolitana. (2006). *Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Domiciliarios en la Regio Metropolitana*.
- Cruz, S. & Ojeda, S. (2013). Gestión sostenible de los residuos sólidos urbanos. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 29 (3), 7–8.
- Decreto Legislativo N°1278. (2017). Ley de gestión Integral de residuos Sólidos. *El Peruano*, 607472–607488. Retrieved from <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Decreto-Legislativo-N°-1278.pdf>
- Defensoría del Pueblo. (2007). *Pongamos la basura en su lugar: Propuestas para la gestión de los residuos sólidos municipales*.
- ECO Consultorías e Ingeniería. (2013). *Estudio de Caracterización Física de Residuos Sólidos Municipales en la Ciudad de Piura*.
- Fazenda, A. & Tavares, M. (2016). Caracterización de residuos sólidos urbanos en Sumbe: herramienta para gestión de residuos. *Ciencias Holguín*, 22(4), 1–15.
- Fernández, A. (2005). La gestión integral de los Residuos Sólidos Urbanos en el desarrollo sostenible local. *Revista Cubana de Química*, 17(3), 35–39.
- Francisco, A. & Rodríguez, Y. (2011). Caracterización de Residuos Sólidos de Mercados en Santo Domingo Oeste, provincia de Santo Domingo. *Ciencia y Sociedad*, XXXVI, 133–142.
- Garduño, K.; Ojeda, S. & Armijo, C. (2012). Caracterización de Residuos Sólidos generados por el sector comercial de Mexicali, B.C. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 28(1), 19–25.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2018). *Un análisis de la eficiencia de la gestión municipal de residuos sólidos en el Perú y sus determinantes*.
- Kaza, S; Yao, L.; Bhada, P. & Van Woerden, F. (2018). *adap a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. Retrieved from <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>
- Longoria, R.; Oliver, M.; Torres, J.; González, J. & Méndez, G. (2014). Diseño, construcción y prueba de un prototipo automático para compostaje. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquía*, (70), 185–196.
- López, M.; Espinosa, M. & Salazar, Y. (2010). Pre y post tratamiento de residuos sólidos. *Revista Cubana de Química*, XXII, 89–95.
- Marmolejo, L.; Klinger, R.; Madera, C.; Olaya, J.; Marcos, C. & Ordóñez, J. (2010). Cuantificación y caracterización local: Una herramienta básica para la gestión integral de los residuos sólidos residenciales. *Ingeniería e Investigación*, 30(2), 96–104.

- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA). (2012). *Plan piloto de caracterización de residuos urbanos de origen domiciliario*.
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN). (2018). *Guía para elaborar Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Comunes*.
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2012). *Programa de Segregación en la Fuente y Recolección Selectiva de Residuos Sólidos Domiciliarios Año 2012*. Retrieved from https://www.mef.gob.pe/contenidos/presu_publ/capacita/MINAM_segregacion_2012.pdf
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2015). *Guía metodológica para el desarrollo del Estudio de Caracterización para Residuos Sólidos Municipales*. Retrieved from <http://redrssi.minam.gob.pe/material/20150302182233.pdf>
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2018). *Guía para la Caracterización de Residuos Sólidos Municipales*.
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2019). *Taller: “Implementación de un Sistema Integrado de Manejo de Residuos Sólidos Municipales”*.
- Ministerio del Ambiente (MINAM). 2016. *Guía Metodológica para elaborar e implementar un Programa de Segregación en la Fuente y Recolección Selectiva de Residuos Sólidos Municipales*.
- Ministerio del Ambiente MINAM. (2018). *¿Qué es el SIGERSOL?*
- Montoya, A. (2012). Caracterización de Residuos. *Cuaderno ACTIVA*, (4), 2027–8101.
- Municipalidad Distrital de Ate. (2016). *Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales*.
- Municipalidad Distrital de Catacaos. (2017). *Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales del Distrito de Catacaos*.
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA). (2014). *Informe 2013-2014*.
- Quispe, J. (2016). Actitudes y prácticas ambientales de la población de la ciudad de Puno, Perú sobre gestión de residuos sólidos. *Espacio Abierto Cuaderno Venezolano de Sociología*, 25(4), 3–5.
- Reyes, A.; Pellegrini, N. & Reyes, R. (2015). El reciclaje como alternativa de manejo de los residuos sólidos en el sector minas de Baruta, Estado Miranda, Venezuela. *Revista de Investigación*, 39(86), 157–170.
- Ricaurte, S. (2005). Compostaje en las granjas avícolas. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, VI (8), 1–9. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63612822002>

- Saavedra, L. (2018). *Caracterización física de los Residuos Sólidos del año 2016, para la ciudad de Constitución, distrito de Constitución, provincia de Oxapampa, región Pasco*. Universidad de Huánuco.
- Sakurai, K. (1983). *Manual de instrucción de análisis de residuos sólidos municipales*. CEPIS, Lima. Segunda Versión.
- Saldaña, C.; Hernández, I.; Messina, S. & Pérez, J. (2013). Caracterización física de los residuos sólidos urbanos y el valor agregado de los materiales recuperables en el vertedero El Iztete, de Tepic-Nayarit, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 29(3), 25–32.
- Sarmiento, A. (2015). Caracterización Del Manejo De Residuos Sólidos en el distrito de Desaguadero-Puno-Perú. *Revista Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Investigation*, 17(1), 2–9.
- Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI). (1985). Norma Mexicana NMX-AA-022-1985. Protección al Ambiente - Contaminación del Suelo - Residuos Sólidos Municipales - Selección y Cuantificación de Subproductos. *Diario Oficial de La Federación*. Retrieved from <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFsr/NMX-AA-022-1985.pdf>
- Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA). (2018). *Distribución Nacional de los Rellenos Sanitarios Municipales, 2018*. Retrieved May 17, 2019, from <https://sinia.minam.gob.pe/mapas/distribucion-nacional-rellenos-sanitarios-municipales-2018>
- Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA). (2018). *Indicador: Generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios por departamento*. Retrieved May 17, 2019, from <https://sinia.minam.gob.pe/indicador/1601>
- Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA). (2018). *Indicador: Residuos sólidos dispuestos en rellenos sanitarios por departamento*. Retrieved May 28, 2019, from <https://sinia.minam.gob.pe/indicador/1619>
- Stoeva, K. & Alriksson, S. (2017). Influence of recycling programmes on waste separation behaviour. *Waste Management*, 68(1) 732-741.
- Struk, M. (2017). Distance and incentives matter: The separation of recyclable municipal waste. *Resources, Conservation and Recycling*, 122(1), 155-162.
- Subhasish, D.; S-H, L.; Pawan, K.; Ki-Hyun, K.; Sang Soo, L.; Satya Sundar, B. (2019). Solid waste management: Scope and the challenge of sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 228(1), 658-678.
- Ulla, J. (2006). Los rellenos sanitarios. *La granja. Revista de Ciencias de la Vida*, 4, 2-17.
- Urbina, M. & Zúñiga, L. (2016). Metodología Para El Ordenamiento De Los Residuos Sólidos Domiciliarios. *Ciencia En Su PC*, (1), 15–29.

- US EPA. (2017). *Criteria for the Definition of Solid Waste and Solid and Hazardous Waste Exclusions*. Retrieved from <https://www.epa.gov/hw/criteria-definition-solid-waste-and-solid-and-hazardous-waste-exclusions>
- US EPA. (2017). *Municipal Solid Waste Landfills*. Retrieved from <https://www.epa.gov/landfills/municipal-solid-waste-landfills>
- Zhujie, C.; Wenna, W.; An, Z.; Wei-Chiao H. (2019). Charging for municipal solid waste disposal in Beijing. *Waste Management*, 94(1), 85-94.