

## Diagnóstico y caracterización de los residuos sólidos domiciliarios de la ciudad de Trujillo – Perú, 2019-2020

Diagnosis and characterization of solid household waste in the city of Trujillo – Peru, 2019-2020

María Lucía D. Boggiano Burga \*

Universidad Privada Antenor Orrego de Trujillo, Perú. <https://orcid.org/0000-0001-6334-8731>

\* Autor correspondiente: [mlucia.boggianob@gmail.com](mailto:mlucia.boggianob@gmail.com) (M. Boggiano) DOI: [10.17268/rev.cyt.2021.03.05](https://doi.org/10.17268/rev.cyt.2021.03.05)

---

### RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue realizar un estudio de caracterización y diagnóstico situacional de los residuos sólidos de Trujillo con el fin de proponer, a futuro, soluciones de manejo basadas en modernas tecnologías de valorización material y energética. Se utilizaron los métodos deductivo-inductivo y estadístico; la muestra escogida fue de 250 viviendas bajo un muestreo probabilístico sistemático y distribuidas equitativamente entre las 5 zonas territoriales en las que se divide la Ciudad; asimismo, se aplicó un cuestionario y una ficha para la identificación de los puntos críticos de contaminación, respaldado por un registro fotográfico. El resultado mostró que la generación total de residuos sólidos, producción per cápita, densidad y porcentaje de humedad fueron de 185,729 t/día, 0,559 kg/hab/día, 291,10 kg/cm<sup>3</sup> y 26,64%, respectivamente. Los residuos que se generaron en mayor proporción son los orgánicos con 70,65%, cuya fracción biodegradable es 0,82 basado en contenido de lignina de 0,4 de sólido volátil. Además, la población carece de cultura ecológica para una correcta segregación en fuente, por tanto, es necesario contar una gestión integral de desechos que tienda a la minimización, donde la optimización sea la clave para empezar con un hábito sostenible, enmarcada en una estrategia de economía circular.

**Palabras clave:** caracterización; diagnóstico; residuos sólidos domiciliarios; Trujillo.

---

### ABSTRACT

The purpose of this research was to carry out a characterization and situational diagnosis study of Trujillo solid waste in order to propose, in the future, management solutions based on modern technologies of material and energy recovery. Deductive-inductive and statistical methods were used; the sample chosen was 250 dwellings under a systematic probabilistic sampling and distributed equitably among the 5 territorial zones in which the City is divided; a questionnaire and a data sheet for the identification of critical contamination points, supported by a photographic record, was also applied. The result showed that the total solid waste generation, per capita production, density and humidity percentage were 185,729 t/day, 0.559 kg/hab/day, 291.10 kg/cm<sup>3</sup> and 26.64%, respectively. The wastes that are generated in greater proportion are organic with 70.65%, whose biodegradable fraction is 0.82 based on the lignin content of 0.4 volatile solid. In addition, the population lacks ecological culture for proper source segregation, therefore, it is necessary to have an Integrated Solid Waste Management that tends to minimize, where optimization is the key to start with a sustainable habit, framed within a strategy of circular economy.

**Keywords:** characterization, diagnosis, solid household waste; Trujillo.

---

### 1. INTRODUCCIÓN

Durante el 2017, la ONU Medio Ambiente, desarrolló diversos estudios donde confirmó que la generación de residuos en la región aumenta con el nivel de ingresos de la población y el nivel de complejidad de los establecimientos y que, a pesar de algunas mejoras alcanzadas en los últimos años en los sistemas de recolección, la disposición final continúa siendo deficiente ya que solo el 55% de los desechos se manejan adecuadamente en los rellenos sanitarios.

En el 2014, el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC), realizó un reporte en el cual, dedujo que, durante el año 2010, la problemática de los residuos sólidos y aguas residuales aportaron un 3%

de las emisiones globales de gases de efecto invernadero (GEI), siendo la mayor contribución la emisión de metano (CH<sub>4</sub>) de los rellenos sanitarios y botaderos a cielo abierto. Asimismo, se estima que podría lograrse una disminución significativa si se efectúan medidas de mitigación en los rellenos sanitarios o se empieza a implementar nuevas tecnologías de valorización material y energética, como el reciclaje de materiales no biodegradables (PET, llantas usadas, etc.) y biodegradables (papel, cartón, etc.), así como técnicas modernas como “waste to energy” o digestión anaerobia, que van cobrando fuerza a nivel internacional.

No obstante, dicho panorama se ha visto agravado por otros aspectos como la pobreza, el cual se ha convertido en un reto adicional en la gestión de residuos en la mayoría de países latinoamericanos. Paulatinamente se han incorporados diferentes entes para cooperar y brindar solución a esta problemática, uno de ellos, la Comisión Económica para América y el Caribe (CEPAL) que incluye diversas investigaciones referentes a desechos en sus áreas de Desarrollo Sostenible y Asentamientos urbanos (Hernández y Corredor, 2016).

En el Perú, desde la entrada en vigencia de la Ley General de Residuos Sólidos 27314, derogada por el Decreto Legislativo 1278, Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, modificado mediante el Decreto Supremo 1501, los avances para una buena gestión de residuos no han logrado sucesos significativos ya que aún sufrimos de problemas críticos de contaminación ambiental, acentuado por el creciente número de habitantes urbanos que, cada vez, producen mayor cantidad de desechos. Según Ministerio del Ambiente (MINAM), el actual volumen de basura producido supera los 23 mil t/día y el país tan solo cuenta con 52 rellenos sanitarios, existiendo una brecha del 85%, es decir, se necesita más de 344. Los residuos que no logran disponerse adecuadamente, se tiran en los botaderos ilegales, cuyo número asciende a 1585. Lo más grave es que 1345 de ellos cuenta con área menor a 1 hectárea, siendo lo crítico su infraestructura que ya colapsó y no se da abasto; por ello, encontramos desechos en calles, parques, ríos y en las zonas de amortiguamiento de los monumentos arqueológicos (OEFA, 2018).

La generación per cápita de residuos sólidos en Lima alcanza el 1 kg/día. Para el Banco Mundial (2018), esta cifra se incrementaría hasta 1,42 kg en el año 2025, y si no se adoptan medidas urgentes, crecerá un 70% más en el 2050. Vale mencionar que el reciclado en el país es mínimo, tan solo un 1,9 %, del total de residuos sólidos re-aprovechables, dado mayormente por la informalidad. Respecto a parámetros ecológicamente permisibles, la huella ecológica que presenta nuestra capital es altísima y, en consecuencia, se está provocando daños al medio ambiente y salud de las personas (Palacios, 2018).

En el departamento de La Libertad, de 81 municipalidades, 11 corresponden a las distritales que conforman la provincia de Trujillo donde se concentra el 54,55 % de la población del departamento y a la vez, la mayor concentración de basura generada (RSU). Según el MINAM (2019), de la cantidad total, 60 mil toneladas fueron enviadas al Botadero “El Milagro” un vertedero a cielo abierto que funciona desde hace más de 30 años y que, se ha convertido en foco contaminante y amenazante de la calidad ambiental. Los desechos ahí vertidos corresponden a 64% de materia orgánica, 22% de inorgánica y 14% de otros compuestos, como residuos peligrosos (hospitalarios e industriales) y de construcción y demolición que afectan no solo al medio ambiente, sino que atentan contra la vida de los más de 1500 recicladores informales que trabajan allí sin las óptimas condiciones adecuadas de salud y seguridad (Agencia Andina, 2020).

Por ello, y bajo criterio de especialistas internacionales, el Proyecto Especial Chavimochic ha otorgado al municipio local un terreno de 67,66 hectáreas, el cual se encuentra ubicado en el centro poblado “El Milagro”, cerca al botadero, con el fin de implementar una celda transitoria previa a la construcción de un relleno sanitario (GRLL, 2017). A la fecha, se ha realizado el sellado de las plataformas para la recepción de basura y se han despejado 15 hectáreas, equivalente a 375 mil toneladas de basura (SEGAT, 2020). No obstante, la Fundación CEDDET (2018) sugiere abandonar la construcción de rellenos sanitarios por no considera ningún aporte al medio ambiente y la sociedad, es más, se necesita apostar por nuevas tendencias tecnológicas que permitan valorizar adecuadamente los residuos con el fin de re-ingresarlos nuevamente al sistema como materia prima, ahorrando transporte, dinero y emisión de gases del GEI; en otros casos, permitiendo la recuperación de energía o biogás (Chávez y Rodríguez, 2016).

Es válido mencionar al relleno sanitario con celda de seguridad que opera de manera privada en el distrito de Chicama, perteneciente a la empresa Innova Ambiental S.A. y que tiene un costo aproximado de 180 dólares por tonelada de residuo de disposición final; monto que ha provocado el desinterés de la municipalidad. Dicho problema podría deberse a diversos factores, Abarca-Guerrero et al. (2015) sugiere que la falta de involucramiento de las autoridades públicas radica en la incapacidad organizacional y de liderazgo, así como desconocimiento técnico de los profesionales; sumado a las ineficientes políticas de control. Por ejemplo, solo el 45% de municipalidades reportó información referente al manejo de residuos, mientras que 79% no coordinó con su municipalidad provincial la elaboración de su Plan de Manejo de Residuos (PMR); y tan solo el 2% ejecutó en totalidad su Plan de gestión integral de residuos (PIGARS).

La Libertad se encuentra dentro del 59% de municipalidades que no implementó programas de segregación en fuente ni recolección selectiva de residuos sólidos (MINAM, 2019). Esto se ve reflejado en el desconocimiento de la población sobre políticas de reducción y selección en origen o patrones de consumo.

En consecuencia, se debe tener en cuenta la minimización y optimización de los residuos mediante una gestión estratégica enmarcada en políticas de economía circular, promoviendo a su vez hábitos ecológicos (Quillos et al, 2018). Parte de este programa, como menciona García et al. (2019) en su investigación, es la implementación de un plan adecuado de educación ambiental que incluya todos los niveles escolares y universitarios, así como a la comunidad.

Por ello, como abordaje previo a una propuesta integral, esta investigación planteó un estudio de caracterización y diagnóstico de los residuos sólidos domiciliarios de la ciudad de Trujillo con el fin de conocer la cantidad generada y sus características para proponer, a futuro, soluciones de manejo basadas en modernas tecnologías de valorización material y energética que se ajusten a nuestra realidad.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Población y muestra

La población estuvo conformada por las 87 701 viviendas de ocupación permanente que conforman el perímetro del distrito. La muestra escogida fue de 250 viviendas bajo un muestreo probabilístico sistemático y distribuidas equitativamente entre las 5 zonas en las que se divide la ciudad basada en la información brindada por el Plan de Desarrollo Urbano (Anexo 1).

### 2.2 Instrumentos y técnicas de recolección de datos

Para la caracterización física de los residuos sólidos, se tuvo como guía el estudio realizado por la Municipalidad Provincial de Trujillo mediante el Servicio de Gestión Ambiental (SEGAT) del mes de julio del 2019.

Con relación al diagnóstico, se emplearon diferentes técnicas e instrumentos para la recolección de datos, tales como entrevistas, encuestas y fichas de observación. Los dos primeros dirigidos a los vecinos para indagar sobre sus hábitos de segregación y eliminación de residuos; mientras que la ficha, nos permitió recolectar información de las 5 zonas para la identificación de los principales puntos críticos de contaminación ambiental a causa de los desechos, su grado de afectación y deterioro sanitario, respaldado por un registro fotográfico.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 Generación per cápita

En el último censo del Instituto Nacional de Estadística e informática (INEI, 2017), el distrito de Trujillo contaba con 314 939 habitantes, mientras que, en la provincia, la suma ascendía a 970 016 hab. Con el fin de brindar una relación más exacta entre la cantidad de habitantes y la generación de residuos sólidos per cápita (GPC) se aplicó la fórmula de población proyectada, obteniendo un total de 332 253 habitantes para el año en curso y 363 252 habitantes para el año 2025.

Para tal efecto, se consideró los datos brindados por el estudio de caracterización realizado por el SEGAT en julio del año pasado, dónde la muestra considerada fue de 115 viviendas distribuidas según rango de representatividad, en los estratos socioeconómicos A, B y C (alto, medio y bajo respectivamente) de Trujillo. Como puede observarse en la Tabla 1, el grueso de la población se encuentra en el nivel socio-económico B, que constituye el 72,28% del total, con una GPC domiciliaria de 0,581 kg/hab/día. A mayor cantidad de viviendas, mayor la generación de residuos.

**Tabla 1.** Determinación de la Generación de residuos domiciliarios per cápita

Nivel Económico	Muestra segregada	Representatividad (%)	Generación per cápita	
			validada Kg/persona/día	GPC domiciliaria
A	17	14,45	0,472	0,06826
B	83	72,28	0,581	0,42013
C	15	13,27	0,533	0,07073

Nivel Económico	Muestra segregada	Representatividad (%)	Generación per cápita	
			validada Kg/persona/día	GPC domiciliaria
<b>Total</b>	<b>115</b>	<b>100</b>		<b>0,559</b>

Fuente: SEGAT (2019)

Con los datos obtenidos, se procedió a calcular la generación total de residuos domiciliarios de la ciudad de Trujillo al año 2020, dando un total de 185,729 t/día. Teniendo en cuenta la población proyectada al 2025, esta suma ascendería a 203,057 t/día, sin considerar que, en cinco años, los hábitos de segregación podrían empeorar.

Es más, frente a la pandemia del COVID19, la Defensoría del Pueblo estimó que cada persona infectada, durante los 14 días que dura el tratamiento, habría generado 2 kg/día de residuos adicionales a los que comúnmente generaba en sus hogares. A pesar de las indicaciones dadas por el Ministerio de Salud no se ha corroborado que exista un manejo adecuado para la segregación diferenciada, así como para su disposición.

Así mismo, para tener un cálculo más preciso sobre la cantidad de residuos que se podrían considerar en la futura propuesta de valorización, se consideró incluir a los residuos no domiciliarios y especiales generados por los 12 316 predios establecidos entre: comercios menores, centros comerciales, mercados, restaurantes y hoteles (Tabla 2). Para esto, el criterio a tomar en cuenta en cada área fue la homogeneidad en actividades o la similitud del tipo de rubro.

Como se aprecia, la mayor producción de residuos proviene de los 42 mercados de abastos con que cuenta la ciudad, seguidamente por los 30,88 t/día perteneciente a los establecimientos comerciales menores (bodega, panadería, boutique, librería, ferretería, farmacia, bazar, entre otros) y los 17 centros comerciales.

**Tabla 2.** Generación de residuos no domiciliarios y especiales de Trujillo, 2019

N°	Fuente de generación	GPC promedio Kg/día	Número de predios	Promedio total diario T/día	Generación total T/año
1	Comercios menores	17 867,96	7 875	17,88	6 521,81
2	Centros comerciales	13 011,26	17	13,00	4 749,11
3	Hoteles	1 809,04	262	1,81	660,43
4	Mercados	25 684,14	42	25,69	9 374,71
5	Restaurantes	12 412,08	3 605	12,41	4 530,41
6	Barrido de calles	230 944,84	515	230	84 294,87
<b>Total</b>		<b>301 729,32</b>	<b>12 316</b>	<b>300,791</b>	<b>110 131,34</b>

Adaptado, en parte, con datos de estudio de SEGAT (2019)

El ítem 6, correspondiente al barrido de calles y espacios públicos, se promedió aparte según la guía de clasificación (SEGAT, 2019), determinando las rutas domiciliarias y comerciales. La suma generada asciende a 84 294,87 t/año siendo exorbitante, y que no debería ser superior si tuviésemos conciencia ecológica, cultura de reciclado y segregación en fuente y mantuviéramos las actividades comerciales dentro de los equipamientos construidos para tal fin. Es notorio la importancia y necesidad de habilitar lugares de acopio destinados a la recolección de estos residuos.

Finalmente, para obtener la generación total y per cápita de los desechos de ámbito municipal, se procedió a sumar la cantidad generada en los domicilios y en los establecimiento comerciales y especiales (residuos no domiciliarios), dividido entre la población del distrito al 2020. En la Tabla 3 se aprecia que la cantidad generada es de 280,529 t/día, con un GPC promedio de 0,844 kg/día.

**Tabla 3.** Generación total de residuos sólidos municipales

Población proyectada al 2020	GPC domiciliaria Kg/Hab/día	Generación domiciliaria (T/día)	Generación No domiciliaria (T/día)	Generación Total (T/día)	GPC (Kg/día)
332 253	0,559	185,729	94,80	280,529	0,844

En el 2019, se tenía una GPC domiciliaria de 0,559 kg/hab/día y municipal de 0,844 kg/hab/día (Tabla 1 y 3), cifra controversial ya que no es congruente con la cantidad de basura que se dispone en el Botadero “El Milagro” o que encontramos tirados en los espacios públicos a la vista de las autoridades. Posiblemente esta discrepancia se deba a que el estudio realizado por SEGAT haya tenido lugar en época de invierno y no en verano cuando la afluencia turística aumenta y el consumo de bebidas envasadas se triplica. Sin embargo, Trujillo al ser una ciudad netamente comercial y cultural, tiende a homogeneizar y complementar actividades brindando una gama interesante de eventos durante todo el año.

Por tanto, se vio necesario realizar un segundo estudio en urbanizaciones no consideradas por el proyecto del SEGAT. Para esto se tuvo una muestra de 250 viviendas divididas en 5 subgrupos de acuerdo a su ingreso familiar mensual tal como se expresa en la Tabla 4. La generación per capita (GPC) domiciliaria asciende a 0.858 kg/hab/día. Así mismo, se confirma que aquellas familias que tienen un mayor poder adquisitivo (ítem IFM-5, IFM-4 y IFM-3), producen mayor cantidad de basura.

**Tabla 4.** Ingreso familiar mensual y su relación con la generación per cápita de residuos en Trujillo

<b>Cód.</b>	<b>Ingreso familiar mensual (soles S/.)</b>	<b>Número de familias</b>	<b>Representatividad %</b>	<b>GPC Kg/hab/día</b>	<b>Actividad 6R</b>	<b>Separación en fuente</b>
IFM-5	Más de 3 000	25	10,00	0,91	9	1
IFM-4	Entre 1 501 y 3 000	60	24,00	0,87	16	7
IFM-3	Entre 951 y 1500	78	31,20	1,07	13	3
IFM-2	Entre 501 y 950	65	26,00	0,76	7	-
IFM-1	Menos de 500	22	8,80	0,68	4	2
<b>Total</b>		<b>250</b>	<b>100</b>	<b>0,858</b>	<b>49</b>	<b>13</b>

Del mismo modo, aplicada la encuesta y entrevista, se relacionó el ingreso familiar mensual con la cantidad de residuos segregados, así como sus actividades 6R (reutilizar, reparar, restaurar, re-manufacturar, reciclar y recuperar) y separación en fuente (Tabla 4). Se puede observar que solo 49 personas (19,6 % del total) reciclan y dentro de las actividades que más realizan están las manualidades caseras como la confección de macetas y floreros; mientras que 13 personas (5,2% del total) clasifica los residuos para su correcta disposición, costumbre adquirida años atrás, cuando SEGAT solía entregar bolsas amarillas para separar los residuos orgánicos. Es notorio la estrecha relación entre el nivel socio-económico y las actividades que involucran el cuidado del medio ambiente.

### 3.2 Caracterización física de los residuos sólidos de Trujillo

En cuanto a las características físicas de los residuos, SEGAT (2019) determinó que el 70,6 % de los residuos sólidos son potencialmente materia orgánica mientras que el 6% son residuos no aprovechables. En la Tabla 5 se muestra la composición porcentual de los diferentes componentes de los RSU, así como su peso específico y porcentaje de humedad.

**Tabla 5.** Características físicas de residuos

<b>Componente</b>	<b>Composición porcentual %</b>		<b>Peso específico Kg/m3</b>	<b>Humedad %</b>
	<b>Domiciliarios</b>	<b>Comerciales</b>		
No Aprovechables	5,98	11,39	-	-
Papel	3,82	16,01	42-131	4-10
Cartón	6,52	10,50	42-80	4-8
Vidrio	2,81	9,10	160-481	1-4
Plástico	8,95	18,70	42-131	1-4
Tetra brik	0,00	0,00	-	-
Metales	1,28	5,10	89-320	2-4
Textiles	0,00	0,00	42-101	6-15

Componente	Composición porcentual %		Peso específico Kg/m3	Humedad %
	Domiciliarios	Comerciales		
Caucho	0,00	0,00	101-202	1-4
Residuos orgánicos	70,65	29,20	131-481	50-80
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>		

Adaptado, en parte, con datos de estudio de SEGAT (2019) y Tchobanoglous (1994).

Si los restos de comida se encontraran húmedos, el peso específico podría aumentar y oscilar entre 475-950 kg/m<sup>3</sup> de densidad, lo que significa que se estaría transportando agua más que desechos (Gutierrez, 2016). Es más, la basura acumulada en las calles aumenta su humedad y tienden a unificarse, lo que perjudica el proceso mecánico de reciclaje del papel o cartón a causa de la degradación (González et al., 2016).

En el segundo estudio realizado se obtuvo una ligera variedad en su composición, como se expresa en la Tabla 6. Esto nos proporcionó una idea más consecuente con la generación de basura que se da día a día en la ciudad.

**Tabla 6.** Composición porcentual de residuos a partir de segundo análisis

Residuos sólidos Domiciliarios	Composición porcentual (%)
Pilas/ RAEE	1,15
Papel	8,43
Cartón	2,25
Vidrio	4,60
Plástico	10,38
Tecnopor	8,60
Tetra pack	9,72
Metales	0,02
Restos de Medicina/peligrosos	3,51
Residuos sanitarios	8,00
Residuos orgánicos	40,72
Otros	2,62
<b>Total</b>	<b>100,00</b>

La variación entre una y otra muestra podría deberse, en buenos términos, a la diferencia socio-económica de los habitantes de las urbanizaciones consideradas en este segundo estudio. Vale rescatar que, la producción de desechos orgánicos (40,72 %) sigue siendo superior al resto de componentes, sin embargo, las costumbres adquiridas por una sociedad industrializada, se hace notar con la presencia cada vez mayor de residuos de plástico, papel y tetrapack.

### 3.3 Caracterización química y biológica

La composición química de los desechos es un dato importante para evaluar y proponer diferentes técnicas de transformación y recuperación energética. Si van a utilizarse como combustible, se necesita conocer sus propiedades principales: análisis físico, contenido energético, punto de fusión de cenizas y análisis elemental.

En cuanto el análisis físico, según los datos de Tchobanoglous et al. (1998), las grasas de las comidas son las que tienen mayor Materia volátil combustible (95.3%) superado solamente por los plásticos (Polietileno Tereftalato-PET) y poliestireno con un 98,5 %, valor aproximado al mostrado en la tabla 7.

También se observa que el Contenido Energético del plástico supera enormemente al resto de residuos con 8576 kcal/kg, dato muy importante para la recuperación energética por combustión ya que tanto los plásticos como el papel mejoran mucho el poder calorífico. La disyuntiva aparece cuando, al momento de incinerarlos, liberan sustancias altamente contaminantes y perjudiciales para el medio ambiente (Poletto y Da Silva, 2009). No obstante, la tecnología apuesta cada vez más por la preservación del medio ambiente a través de eficientes sistemas de combustión basados en condiciones sub-estequiométricas que reducen el material particulado (Montiel-Bohorquez y Pérez, 2019). La preocupación radica en los elevados costos que acarrearán, por el momento.

Frente a las otras propiedades químicas, se consideró la temperatura de fusión para la formación de escoria de residuos sólidos entre 1100°C y 1200°C. Mientras que, en el análisis elemental de los mismos, se tomaron en cuenta datos típicos utilizados en la mayoría de trabajos de similar índole (Anexo 2).

**Tabla 7.** Análisis próximo y contenido energético promedio de materiales encontrados en residuos

Tipo de residuos	Análisis próximo		Contenido energético kcal/kg		
	Humedad	Materia volátil	Como recogidos	seco	seco y cenizas libres
Orgánicos	47,38	47,43	3 786,25	5 960,75	6308,50
Papel	6,77	74,47	3 709	3 987,33	4 412
Cartón	5,2	77,5	3 912	4 127	4 357
Plásticos	0,2	92,8	8 576	8 593	8 727
Vidrio	2	-	47	49	34
Metal (latas)	5	-	167	176	175

En cuanto la caracterización biológica, radica su importancia en la descomposición y transformación de residuos en energía, mediante la digestión aeróbica y anaeróbica, obteniendo como productos finales el gas metano (CH<sub>4</sub>) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). La mayoría de residuos, con excepción del plástico, la goma y el cuero, tiene una fracción orgánica que permite su conversión biológica en gases y sólidos orgánicos.

Mayormente para determinar la Biodegradabilidad de la fracción orgánica de los desechos se utiliza el contenido de sólidos volátiles (SV), determinado a 550° C. Sin embargo, Rabanal (2017) sugiere que se debe descartar el uso de esta medida ya que algunos de los componentes de los residuos sólidos son altamente volátiles, pero no biodegradables, como el papel, restos de plantas o aglomerados,

Para esto, como alternativa para estimar la fracción biodegradable (BF), se tomó en cuenta la siguiente Ecuación, la cual valora el contenido de lignina (LC) por ser un polímero natural, resistente a la degradación microbiana.

$$BF = 0,83 - 0,028*LC \quad (1)$$

Donde:

BF = fracción biodegradable expresada em base a los sólidos volátiles (SV)

LC = contenido de lignina de los SV expresados como porcentaje en peso seco

Aplicando la fórmula y acorde a los datos proporcionados por Tchobanoglous et al. (1998), los residuos de papel periódico y oficina tienen un porcentaje de sólido volátil similar (aproximadamente 0,96-0,94) sin embargo, tienen diferente contenido de lignina (21,9 y 0,4 respectivamente) lo que altera su biodegradabilidad. Por lo tanto, deducimos que el papel de oficina es más biodegradable que el papel periódico con una BF de 0,82 (al igual que los residuos orgánicos), seguido de los residuos del jardín (restos de poda) con 0,72.

Los RSU de Trujillo, por su alto contenido de materia orgánica podrían ser sometidos a procesos de transformación biológica para obtener biogás como combustible para motores o valorar el CO<sub>2</sub> de forma sostenible para estimular la producción vegetal en invernaderos (Forbord y Hansen, 2020). Por la cantidad de grasa y lípidos de los alimentos desechados tendríamos una gran presencia de materia volátil combustible, y si sugerimos procesos termoquímicos para generar energía eléctrica, se podría obtener valores muy superiores por la presencia de polietileno y poliestireno que aumentan el poder calorífico (Tabla 7).

De lo contrario, se podría incentivar el compostaje de residuos orgánicos y el reciclado secundario de los residuos poliméricos ya que permite su uso a pesar de su procedencia, calidad o aditivo. Si se promueve correctas prácticas eco-amigables, podríamos obtener productos de mejor calidad mediante el reciclado primario.

Para esto, un análisis de viabilidad técnica y económica determinará cuál es la valorización idónea a realizar en nuestra ciudad.

### 3.4 Efectos de la informalidad

Rodríguez-Amat (2011, p. 71) nos dice: “*La preeminencia del mercado como corazón articulador de la ciudad es todavía representable en la mayoría de las actividades modernas [...]. También es un concepto abstracto aplicado a la mayoría de dimensiones de la vida: desde su nivel simbólico hasta su nivel social*”. Por tanto, es

esencial dentro de nuestra cultura contemporánea, no solo como lugar de intercambio de bienes sino como espacio de interacción entre la gente.

Sin embargo, existe un quiebre en el orden social y normativo: la creación de mercados informales que nacen a partir de un primigenio mercado zonal. La necesidad de trabajar, así como la astucia de evitar los impuestos, ha hecho que, cada vez más se instale esta “tipología” de comercio, donde los ambulantes son los principales protagonistas. Claro ejemplo es el Mercado informal “Monserrate”, ubicado en la Zona 5 y cuyos vendedores han tomado los espacios públicos, dejándolos sucios al finalizar el día (Anexo 3).

Pero la informalidad no queda ahí, ha invadido todas las esferas de la sociedad. La gran inversión de empresas transnacionales ha logrado que el nivel de ingresos económicos mejore y muchas familias puedan vivir cómodamente desarrollando proyectos y/o comercios complementarios al principal. Tal es el caso del AA.HH. Monserrate que mostró un cambio considerable a partir de la construcción de la Clínica San Pablo y la Universidad Privada Antenor Orrego (UPAO); o la Urb. San Isidro y Esmeralda con la implementación del Mall Plaza. Sin embargo, también ha acarreado problemas ambientales notorios dados por el congestionamiento vehicular, comercio ambulatorio y acumulación de basura. De los casos mencionados, el más preocupante es el área circundante a la UPAO, ya que, al ser un establecimiento educativo particular, sus estudiantes tengan que lidiar con montículos de basura, la cual es clasificada por recicladores informales, que recorren la zona sin ninguna protección como guantes, mascarillas, gorro, entre otros (Anexo 3).

Si bien es cierto, nuestro país ha avanzado en la institucionalidad de la gestión de residuos, no se ha logrado avances significativos en su reducción o mitigación, es más, el consumismo y la falta de concientización de la población, hace que cada año aumente su producción. La problemática local, representado en las urbanizaciones o sectores vecinales, son un reflejo a menor escala de lo que sucede a nivel nacional, donde la conservación del medio ambiente y sus recursos naturales se viene manifestando lentamente (Beltrán, 2012).

#### **4. CONCLUSIONES**

Se determinó que la generación de residuos sólidos domiciliarios en Trujillo al 2020 es de 185,729 t/día. Considerando la producción de residuos de índole comercial para la futura propuesta de valorización se tiene una suma que asciende a 280,529 t/día; a diferencia del estudio realizado por SEGAT en el 2016, hay una diferencia de 10,20%.

Se determinó que, en el municipio de Trujillo, la generación per cápita domiciliaria (GPC) es de 0.858 kg/hab/día, siendo el estrato socioeconómico A y B, los que más basura producen con una GPC promedio de 0,95 kg/hab/día.

En cuanto la caracterización física, se determinó que el 40,72 % de los residuos sólidos son potencialmente materia orgánica que pueden ser aprovechados directamente para compostaje o abono mejorado; seguidos del 10,38% de plástico, 9,72% de tetra pack, 8,43% de papel, 4,60% de vidrio y 2,25% de cartón, útiles para reciclar u otras actividades de reutilización.

A su vez, se precisa que el 70,38% del total, son residuos energéticamente aprovechables (REA) para la producción de biogás o energía eléctrica.

Se determinó que la densidad de los residuos domésticos es de 291,10 kg/m<sup>3</sup>, número que podría aumentar entre 475-950 kg/m<sup>3</sup> si el peso específico de los residuos de comida aumentaran a causa de la humedad por lluvia o disponerse a la intemperie.

Se concluyó que las grasas de las comidas y plásticos (Polietileno Tereftalato-PET y poliestireno) son los componentes con mayor cantidad de materia volátil combustible (SV) con un promedio de 92,8 %. También se observa que el Contenido Energético del plástico supera enormemente al resto de residuos con 8576 kcal/kg, dato importante para la recuperación energética por combustión ya que mejora mucho el poder calorífico.

Finalmente, se demostró la falta de cultura y hábitos ecológicos de la población ya que sólo el 19,6 % del total recicla y/o reutiliza los residuos aprovechables y dentro de las actividades que más realiza están las manualidades caseras como la confección de macetas y floreros. Sin embargo se encontró cierta predisposición a la segregación diferenciada de residuos en el 5,2% de la población encuestada.

#### **AGRADECIMIENTOS**

La autora expresa su agradecimiento al Fondo de Apoyo a la Investigación FAIN 2019 de la Universidad Privada Antenor Orrego (UPAO) de Trujillo y al Dr. José Luis Silva Villanueva por ser asesor de mi segunda tesis doctoral.

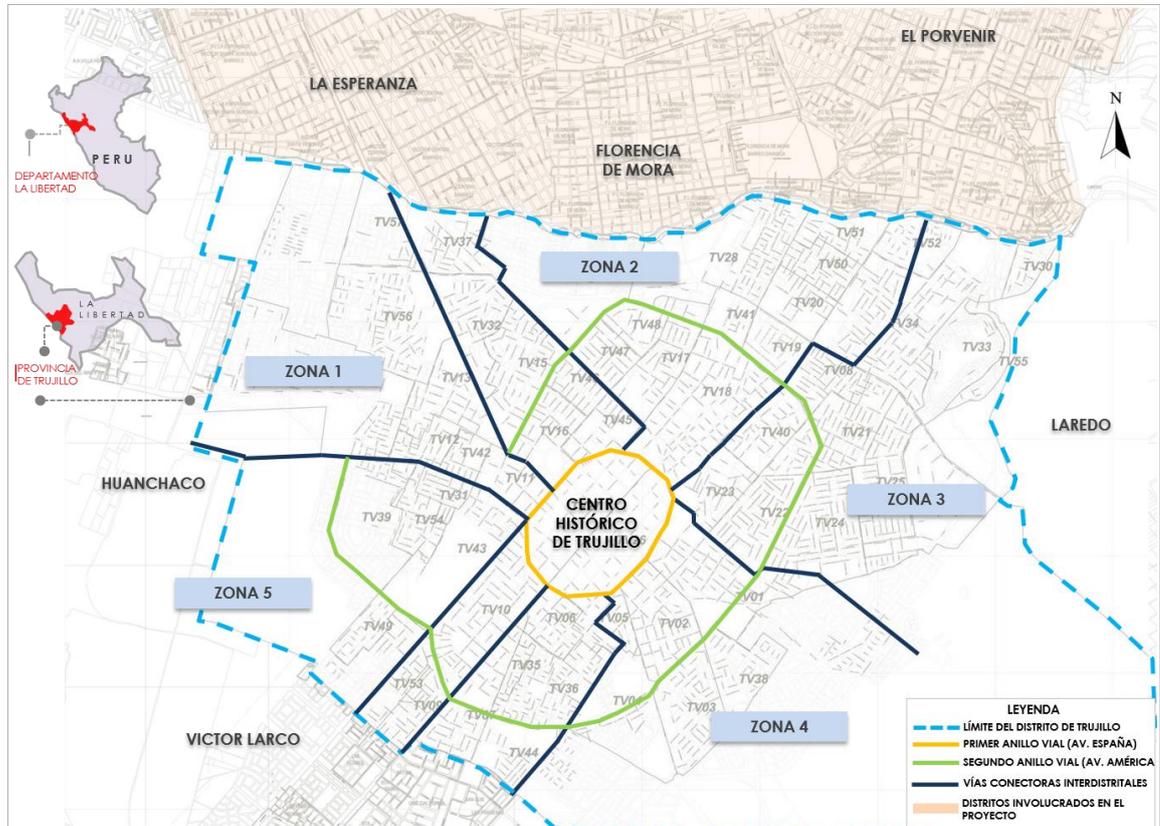
## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abarca-Guerrero, L.; Mass, G.; Hogland, W. 2015. Desafíos en la gestión de residuos sólidos para las ciudades de países en desarrollo. *Tecnología en Marcha* 28(2): 141-168.  
<https://doi.org/10.18845/tm.v28i2.2340>
- Agencia Andina. 2020. Inician censo de recicladores del botadero municipal El Milagro. Disponible en:  
<https://bit.ly/3IVB1N9>
- Banco Mundial. 2018. Los desechos: un análisis actualizado del futuro de la gestión de los desechos sólidos. Disponible en: <https://bit.ly/35UeNp0>
- Beltrán, R.; González, L. 2012. Evaluación ambiental del comercio informal del entorno del mercado zonal Palermo (ex Mayorista) en la ciudad de Trujillo. *Conocimiento para el desarrollo*, 3(1): 63-70.  
<https://bit.ly/2USaHaQ>
- Chávez, A.; Rodríguez, A. 2016. Aprovechamiento de residuos orgánicos agrícolas y forestales en Iberoamérica. *Academia y Virtualidad*, 9(2): 90-107. <https://doi.org/10.18359/ravi.2004>
- Forbord, M.; Hansen, L. 2020. Enacting sustainable transitions: A case of biogas production and public transport in Trøndelag, Norway. *Journal of Cleaner Production*, 254.  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120156>
- Fundación CEDDET. 2018. Gestión de Rellenos Sanitarios en América Latina. Red de Expertos en Residuos. Disponible en: <https://bit.ly/2UTd9xU>
- García, R.; Socorro, A.; Maldonado, A. 2019. Manejo y gestión ambiental de los desechos sólidos, estudio de casos. *Universidad y Sociedad*, 11(1): 265-271. <http://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/1121/1181>
- GRL. 2017. Se oficializa entrega de terreno para nuevo relleno sanitario de Trujillo. Disponible en:  
<https://bit.ly/3nFPOfo>
- González, K.; Daza, D.; Caballero, P.; González, C. 2016. Evaluación de las propiedades físicas y químicas de residuos sólidos orgánicos a emplearse en la elaboración de papel. *Luna Azul*, (43): 499-517.  
<http://dx.doi.org/10.17151/luaz.2016.43.21>
- Gutiérrez, V. 2016. Gestión municipal y manejo de residuos sólidos domiciliarios del centro poblado de Salcedo – Puno. Tesis, Universidad Privada de San Carlos de Puno. Repositorio Institucional UPSC.  
<https://bit.ly/370jVrd>
- Hernández, S.; Corredor, L.R. 2016. Reflexiones sobre la importancia económica y ambiental del manejo de residuos en el siglo XXI. *Journal of Technology*, 15(1): 57-76. <https://doi.org/10.18270/rt.v15i1.2039>
- Servicio de Gestión Ambiental de Trujillo – SEGAT. 2019. Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales del distrito Trujillo. Disponible en: <https://bit.ly/3pJYgfk>
- Servicio de Gestión Ambiental de Trujillo – SEGAT. 2020. Empezó cobertura del Botadero El Milagro. Disponible en: <https://bit.ly/36ZCYSr>
- Ministerio del Ambiente – MINAM. 2019. Reporte La Libertad: estadísticas ambientales. Disponible en:  
<https://bit.ly/338qp61>
- Montiel-Bohorquez, N.; Pérez, J. 2019. Generación de Energía a partir de Residuos Sólidos Urbanos. Estrategias Termodinámicas para Optimizar el Desempeño de Centrales Térmicas. *Información Tecnológica*, 30(1): 273-284. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000100273>
- Organismo de Fiscalización Ambiental – OEFA. 2018. OEFA identifica 1585 botaderos informales a nivel nacional. Disponible en: <https://bit.ly/3cPI0Vp>
- Palacios, A. 2018. Residuos sólidos en el Perú: dramática situación. *Expreso*. Disponible en:  
<https://bit.ly/36WG5KT>
- Poletto, J.; Da Silva, C. 2009. Influencia de la Separación de Residuos Sólidos Urbanos para Reciclaje en el Proceso de Incineración con Generación de Energía. *Información tecnológica*, 20(2): 105-112. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642009000200013>
- Quillos, S. A.; Escalante, N. J.; Sánchez, D.; Quevedo, L.; De La Cruz, R.; 2018. Residuos sólidos domiciliarios: caracterización y estimación energética para la ciudad de Chimbote. *Sociedad Química del Perú*, 84(3): 322-335. <https://bit.ly/3nIKx6A>

- Rabanal, W. 2017. Caracterización de los residuos sólidos de competencia municipal, que permitiría el diseño del relleno sanitario y la evaluación de impactos ambientales en la ciudad de Chota. Tesis Maestría, Universidad Nacional de Cajamarca. <https://bit.ly/3pRMcsz>
- Rodríguez-Amat, J. 2011. Diversificación y homogeneización en la cultura urbana. LIS, letra, imagen y sonido. Ciudad Mediatizada, (5): 68-82.  
<https://publicaciones.sociales.uba.ar/index.php/lis/article/view/3680>
- Tchobanoglous, G.; Theisen, H.; Vigil, S. A. 1998. Gestión Integral de residuos sólidos. McGraw Hill. Madrid, España. 1107 pp.

**ANEXOS:**

**Anexo 1.** Localización de la Ciudad de Trujillo y área de intervención.



**Anexo 2.** Análisis elemental de los residuos sólidos

Componente	Porcentaje en masa (% - Base seca)					
	Carbono	Hidrógeno	Oxígeno	Nitrógeno	Azufre	Cenizas
Res. De comida	48,0	6,4	37,6	2,6	0,4	5,0
Grasas	73,0	11,5	14,8	0,4	0,1	0,2
Papel / cartón	43,5	6,0	44,0	0,3	0,2	6,0
Plásticos	60,0	7,2	22,8	-	-	10,0
Textiles	55,0	6,6	31,2	4,6	0,15	2,5
Goma	78,0	10,0	-	2,0	-	10,0
Cuero	60,0	8,0	11,6	10,0	0,4	10,0
Jardín	47,8	6,0	38,0	3,4	0,3	4,5
Madera	49,5	6,0	42,7	0,2	0,1	1,5

Fuente: Tchobanoglous, Theisen y Vigil (1998).

**Anexo 3.** Residuos sólidos en las inmediaciones de la urbanización Monserrate y Universidad Privada Antenor Orrego

