

# Caracterización de residuos sólidos para generar una propuesta de valorización orgánica e inorgánica por la empresa Invergep SAC Lima - Provincias

Characterization of solid waste to generate a proposal for organic and inorganic recovery by the company Invergep SAC Lima-Provincias

Recibido: mayo 25 de 2023 | Revisado: junio 03 de 2023 | Aceptado: junio 24 de 2023

RAFAEL CHUQUICONDOR VILLAFUERTE<sup>1</sup>  
DONATO POMAR HUAMALIANO<sup>2</sup>  
JULIÁN CCASANI ALLENDE<sup>3</sup>  
OSIAS POMAR HUAMALIANO<sup>4</sup>  
LEONARDO DANTE ACUÑA DELGADO<sup>5</sup>  
VIOLETA L. ROMERO CARRIÓN<sup>6</sup>

EMPRESA OPERADORA DE RESIDUOS  
INVERGEP SAC

## RESUMEN

Actualmente, a nivel de la región Lima y provincias se pretende utilizar distintas tecnologías para darle uso a los diferentes tipos de residuos sólidos generados por empresas de tipo agroindustrial y obtener diversos productos en beneficio de la comunidad agropecuaria y el cuidado del medio ambiente. De acuerdo a los resultados estudiados en una muestra de siete días, se obtuvo resultados muy importantes en las técnicas de reciclar y valorizar. Con esto se busca desarrollar propuestas de manejo para así reducir la cantidad de residuos a disponer en un botadero o relleno sanitario. El objetivo de la experiencia es realizar la caracterización y segregación de los residuos sólidos orgánicos para darle tratamiento (aeróbico y anaeróbico). Con referencia a los inorgánicos es valorizar los materiales que tengan demanda en el mercado (papel, cartón y plástico).

**Palabras clave:** Caracterización de residuos; valorización orgánica e inorgánica

## ABSTRACT

Currently, in the Lima region and in the provinces, different technologies are being used to make use of the different types of solid waste generated by agro industrial companies and to obtain different products for the benefit of the farming community and the environment. According to the results studied in a seven-day sample, very important results were obtained in the recycling and recovery techniques. The aim is to develop management proposals to reduce the amount of waste to be disposed of in a landfill or sanitary landfill. The objective of the experience is to characterize and segregate organic solid waste for treatment (aerobic and anaerobic) and to valorize inorganic waste materials that are in demand in the market (paper, cardboard and plastic).

**Keywords:** Waste characterization; organic and inorganic valorization

- 1 Universidad Nacional Federico Villarreal, Ingeniería Agroindustrial, Lima-Perú
- 2 Universidad Nacional Federico Villarreal, Ingeniería Industrial, Lima - Perú
- 3 Universidad Nacional Federico Villarreal, Ingeniería Industrial, Lima - Perú
- 4 Escuela Tecnológica de Administración, Administración, Lima - Perú
- 5 Universidad Nacional Federico Villarreal, Ingeniería Agroindustrial, Lima-Perú
- 6 Filiación: Grupo de investigación EcoDes - Escuela Universitaria de Posgrado Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima - Perú

Autor para correspondencia  
rchuquicondor@unfv.edu.pe

© Los autores. Este artículo es publicado por la Revista Campus de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de San Martín de Porres. Este artículo se distribuye en los términos de la Licencia Creative Commons Atribución No-comercial – Compartir-Igual 4.0 Internacional (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), que permite el uso no comercial, distribución y reproducción en cualquier medio siempre que la obra original sea debidamente citada. Para uso comercial contactar a: [revistacampus@usmp.pe](mailto:revistacampus@usmp.pe).

<https://doi.org/10.24265/campus.2023.v28n35.10>

## Introducción

En referencia a los problemas a nivel nacional sobre la gestión y manejo de los residuos sólidos en su resumen Durán (2020) sostiene lo siguiente: En el Perú, la Gestión del manejo de los residuos sólidos está centrada en su recolección sin darle la debida importancia a la recuperación de los mismos, este enfoque trae como consecuencia un resultado desfavorable, puesto que en los rellenos sanitarios solo se encuentra el 55% de los residuos generados en el país, mientras que el restante está en botaderos (p. 2).

La degradación de los recursos naturales; así como, los ecosistemas y la biodiversidad trae como consecuencias la alteración de la flora y fauna silvestre según el Banco Mundial (2017) citado por (Huamán 2020). 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 (p. 5)

De acuerdo al Ministerio del Medio Ambiente, en el año 2016 se reportó un problema de déficit de infraestructura sanitaria a nivel nacional. Durán (2020) sostiene:

El Perú cuenta con 52 rellenos sanitarios que reciben alrededor del 53.5% de los residuos generados. La diferencia se encuentra distribuida en los 1500 botaderos ilegales, los cuales han surgido por la insuficiencia de rellenos sanitarios en sus respectivos departamentos, en la que es necesario

tener al menos de uno a dos rellenos en su capital (p.13).

En este contexto de alta complejidad, INVERGEP SAC promueve la necesidad de dar a conocer las diferentes técnicas y alternativas que se aplican en la actualidad para realizar la recolección y posterior valorización de los residuos sólidos, principalmente, del plástico, vidrio, papel y cartón.

En relación a los impactos ambientales generados por la quema de desechos referidos a la contaminación atmosférica, Huamán (2020) señala que:

El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y el sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S) son gases que se dispersan a través del aire, generan 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. Estas últimas se producen cuando se queman, a bajas temperaturas, diversos elementos químicos, plásticos o papeles (p.8)

En referencia a los impactos del medio ambiente ocasionados por la actividad agropecuaria y el manejo de productos obsoletos y envases de los agroquímicos la OMS afirma:

Las dioxinas son persistentes en el ambiente. No se biodegradan fácilmente y son consideradas como una de las sustancias químicas más tóxicas. Las dioxinas tienen elevada toxicidad y pueden provocar problemas de reproducción y desarrollo, afectar

el sistema inmunitario, interferir con hormonas y, de ese modo, causar cáncer (Organización Mundial de Salud [OMS], 2016).

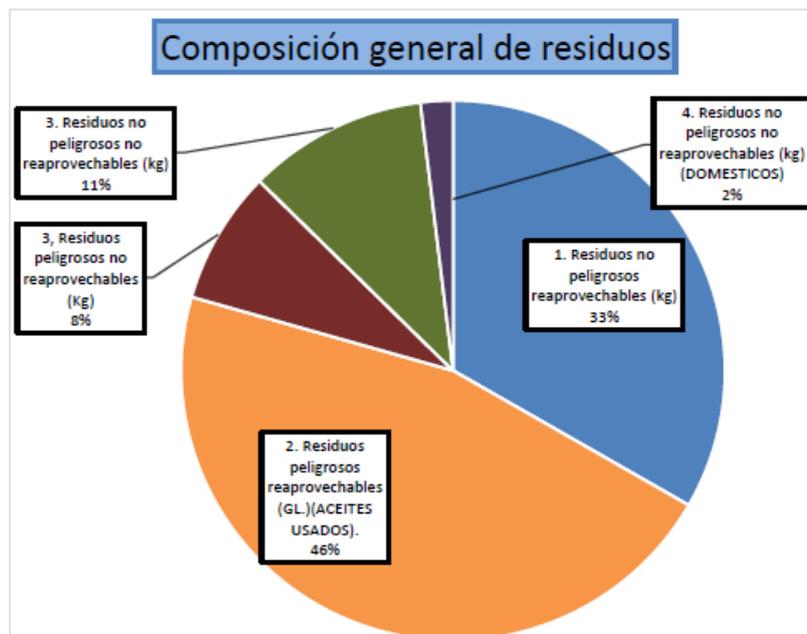
Finalmente, de acuerdo a la Defensoría del Pueblo (2007) citada por (Huaman, 2020) sostiene “desmontes o escombros producen material particulado (MP), el cual puede contener elementos peligrosos y causar problemas en los pulmones, además de contaminar el recurso hídrico

y expandirse hacia poblaciones próximas” (p. 9).

Así mismo, las cadenas productivas de transformación también generan residuos de naturaleza orgánica “Residuos resultantes de los procesos de preparación, de transformación, de utilización, de consumo, cafetería, de limpieza o de mantenimiento generados por la actividad institucional” (Granada & Céspedes, 2019, p. 28).

**Figura 1**

*Composición de residuos sólidos*



*Nota.* Datos obtenidos de composición general de residuos sólidos Benavente, (2016). Tesis de grado Universidad Tecnológica de Lima Sur

En la Figura 1, podemos observar que los residuos no peligrosos (reaprovechables) de una empresa industrial generadora de residuos sólidos

en el estudio efectuado reflejó que el 33 % de materiales valorizables se categorizó como plástico, cartón, papel, vidrio y chatarra.

## Figura 2

*Disposición final de residuo en el Perú*



*Nota.* Tomado de Huamán (2020), Tesis de grado caracterización de residuos sólidos municipales. Repositorio Institucional Universidad Científica del Sur

Según el (Instituto Nacional de Estadística e Informática [ INEI], 2018) citado por Huamán, (2020) En el año 2015, la disposición final de los RSM, en los 24 departamentos del Perú, se distribuyó en botaderos (68,9%), rellenos sanitarios (20,4%), reciclados (5,5%), quemados (4,8%) y en compostaje (0,4%) data que constituye una brecha muy alta la disposición final en los botaderos como en la quema de los residuos (p. 10).

### Método

Los materiales más importantes para el trabajo de caracterización y segregación que facilitan cumplir las actividades en el campo son: bolsas, manta de segregación, balanza digital, cilindro, wincha, cooler o caja de Tecnopor, útiles de escritorio, herramientas y materiales para la limpieza, computadora, cámara fotográfica y otros.

El estudio se enmarca dentro del nivel de investigación descriptiva analítica. Además, “es aplicativa descriptiva

– transversal porque la técnica de implementación de manejo de residuos sólidos existe, pero se requiere realizar una evaluación y posteriormente caracterizar los residuos generados” (Roca, 2018, p. 26)

Esta investigación es de diseño no experimental, por cuanto se estudian los fenómenos tal y como se manifiestan en la realidad. Se llevará a cabo la implementación de la segregación de residuos sólidos para la adecuada disposición (Ñaupas, Valdivia , Palacios, & Romero, 2018, p. 273). Es descriptiva porque en este trabajo de investigación se mostrarán las tablas, gráficos y medidas de caracterización. Además, tiene como objetivo, presentar los datos obtenidos en una investigación de tal forma, que resalta desde lo importante a lo esencial (Arning, 2001, p. 43)

De acuerdo a Montoya, (2012) caracterizar consiste, en que cada uno de los residuos se pesa, y la suma total de los

residuos dará la totalidad de la muestra, y el peso de cada fracción de residuos dará como resultado el porcentaje de residuos orgánicos, reciclables inorgánicos o inservibles (p. 5) según el caso, como nos muestra la siguiente ecuación:

$$wt = \sum_{i=1}^{\alpha} wi \quad \% = \frac{wi}{wt} * 100$$

Donde:

Wt = peso total de los RS aforados

Wi = equivale al peso de cada clase de RS (orgánicos, textil, metal, papel, etc.)

%i = porcentaje en peso de cada fracción de RS en la muestra

El volumen es el espacio que ocupa el desecho sólido y se mide en metros cúbicos (m<sup>3</sup>) 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.

$$\text{Densidad (S)} = \frac{W}{Vr} = \frac{W}{\pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 \cdot (Hf - H0)}$$

Donde:

S: densidad de los residuos sólidos  $\left(\frac{kg}{m^3}\right)$

W: peso de los residuos sólidos

Vr: volumen de los residuos sólidos

D: diámetro del cilindro

Hr: altura total del cilindro

H0: altura libre del cilindro

π = constante (3.1416)

La densidad es un parámetro que 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, humedad

y compactación. Este parámetro se mide en kilogramos por metro cúbico (kg/m<sup>3</sup>) y para fines de este estudio, el cálculo se realiza con la ayuda de un cilindro (Huamán, 2020, p. 14). El fundamento del trabajo de investigación está sujeto a que las normas que rigen en el ámbito nacional. Son de tipo transversal porque están influenciadas por una disciplina especializada. Bajo este contexto según el Decreto Legislativo N° 1278 en su artículo 37 está considerado:

La valorización constituye la alternativa de gestión y manejo que debe priorizarse frente a la disposición final de los residuos. Esta incluye las actividades de reutilización, reciclaje, compostaje, valorización energética entre otras alternativas, y se realiza en infraestructura adecuada y autorizada para tal fin (Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2016, p. 8)

En referencia al tratamiento de los residuos sólidos, el material orgánico está siendo utilizado en las aplicaciones del compostaje, tratamiento de la biomasa residual, así como dispone la norma de acuerdo al Decreto Legislativo N° 1278 que en su artículo 40 dice:

Es el proceso que consiste en transferir los residuos sólidos de un vehículo de menor capacidad a otro de mayor capacidad, para luego continuar con el proceso de transporte. La transferencia se realiza en infraestructura autorizada para tal fin. No se permitirá el almacenamiento temporal de los residuos en estas instalaciones, por más de doce horas (Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, 2016 p. 8).

## Resultados

**Tabla 1**

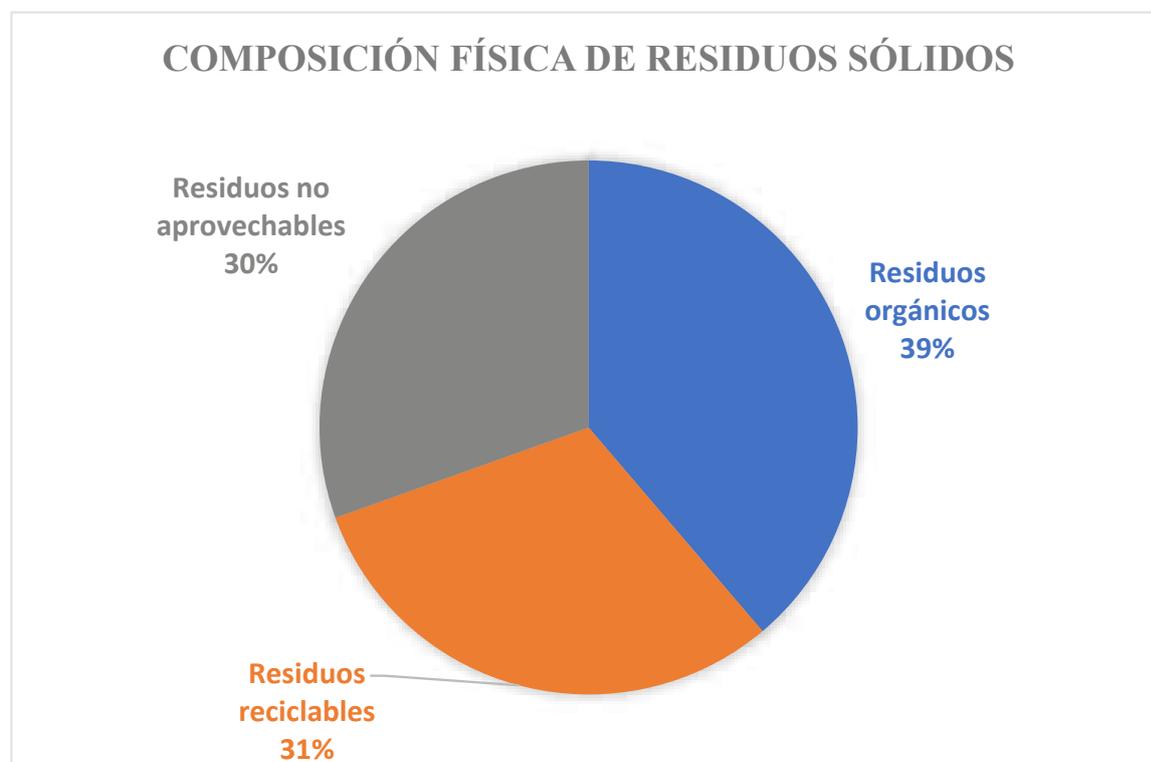
*Composición de residuos sólidos*

Composición general de residuos	Composición específica de residuos	Total por ítem	Total
Residuos orgánicos	Residuos compostificables	891.51	891.5067
Residuos reciclables	papel	215.91	705.008
	Cartón	335.32	
	Vidrio	0.72	
	Plástico	93.21	
	Metales	45.26	
	Textiles	0.86	
	Caucho, cuero y jebe	13.73	
Residuos no aprovechables	Otros plásticos	150.85	700.3253
	No valorizables	549.47	
TOTAL		2296.84	

*Nota.* Información obtenida del registro de caracterización. Trabajo realizado en la empresa operadora de residuos sólidos INVERGEP SAC

**Figura 3**

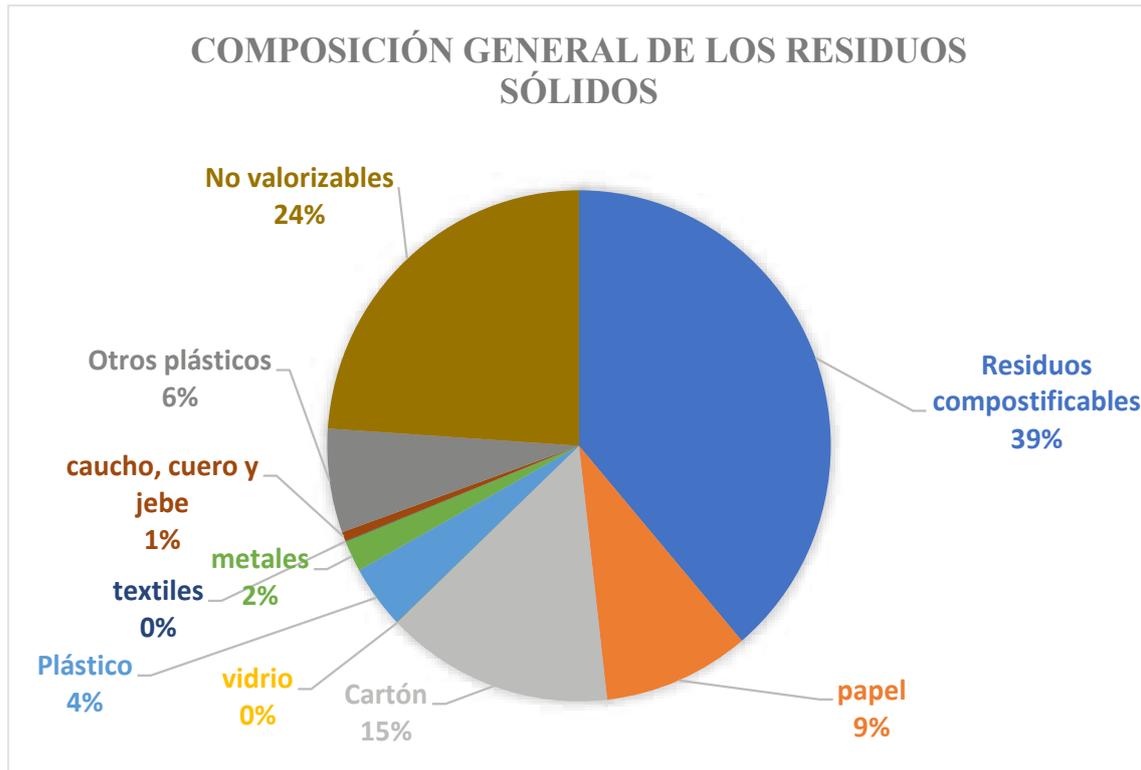
*Composición general de residuos sólidos*



En la Figura 3, se evidencia como resultado que un 39% está compuesto de material orgánico; así mismo, (papel, cartón, vidrio, plástico, metales, textiles, caucho, cuero y jebe). Además

el 26% de los residuos segregados no es reaprovechable. Del mismo modo, el 24% de la biomasa residual es de tipo orgánico para uso de enmiendas orgánicas.

**Figura 4**  
*Composición física de residuos*



*Nota.* Adaptado de los registros de caracterización de base y datos proyectados por un mes.

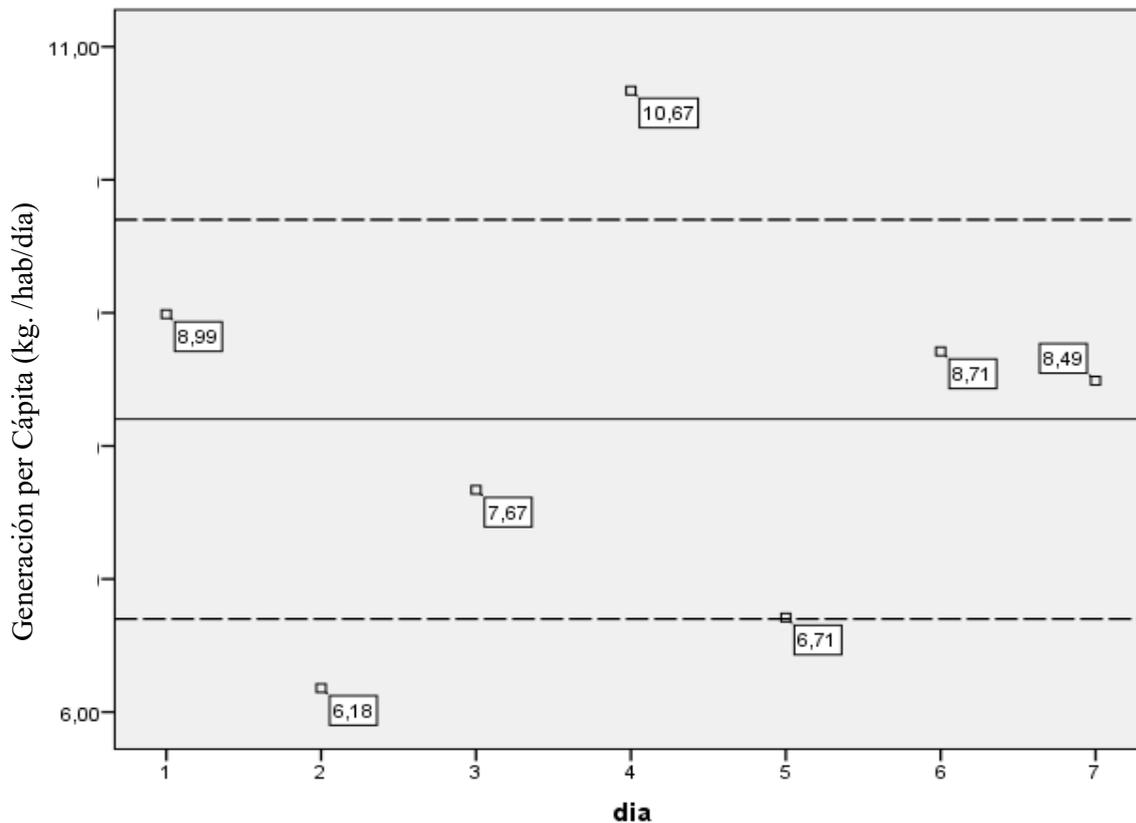
La cadena productiva de panificación “María Almenara SAC” genera un moderado grado de residuos no valorizable (mixto no fue posible su segregación) con un 24%, debido a las actividades operativas de las máquinas. Como segundo elemento generado

con mayor porcentaje, tenemos a los residuos (cartón 15%, papel 9%, plástico 4% caucho, cuero y jebe 1%, metal 2%, otros plásticos 6%). Así, en los residuos compostificables el 39% de la biomasa residual es aprovechada para el tratamiento de enmiendas orgánicas.

## Determinación de la generación Per- cápita

**Figura 5**

*Representación de la Desviación Típica Estándar*



En la figura N° 5 se observa, la desviación estándar que se ilustra en la gráfica los rangos superior e inferior, dentro de los cuales se espera que se

encuentren datos de muestras, aprecia también que hay algunos datos fuera de los rangos definidos por la desviación estándar denominados registros atípicos.

**Tabla 2**

*Estimaciones de la varianza y desviación estándar*

Análisis de Datos					
Día	GPC	N	Media o promedio	Varianza	Desviación estándar
1	8.99	1	8.2029	2.28	1.50
2	6.18	1	8.2029	2.28	1.50
3	7.67	1	8.2029	2.28	1.50
4	10.67	1	8.2029	2.28	1.50
5	6.71	1	8.2029	2.28	1.50
6	8.71	1	8.2029	2.28	1.50
7	8.49	1	8.2029	2.28	1.50
		7			

En la Tabla 2, podemos apreciar los resultados. Se calculó la varianza de la muestra de la generación per cápita de una semana. Luego se determinó la desviación estándar que al hacer una medida de dispersión nos permitió efectuar los cálculos. A través de estas fórmulas consignadas se demuestra la diferencia entre la GPC total de la muestra con respecto a la sustracción del GPC del total datos caracterizados

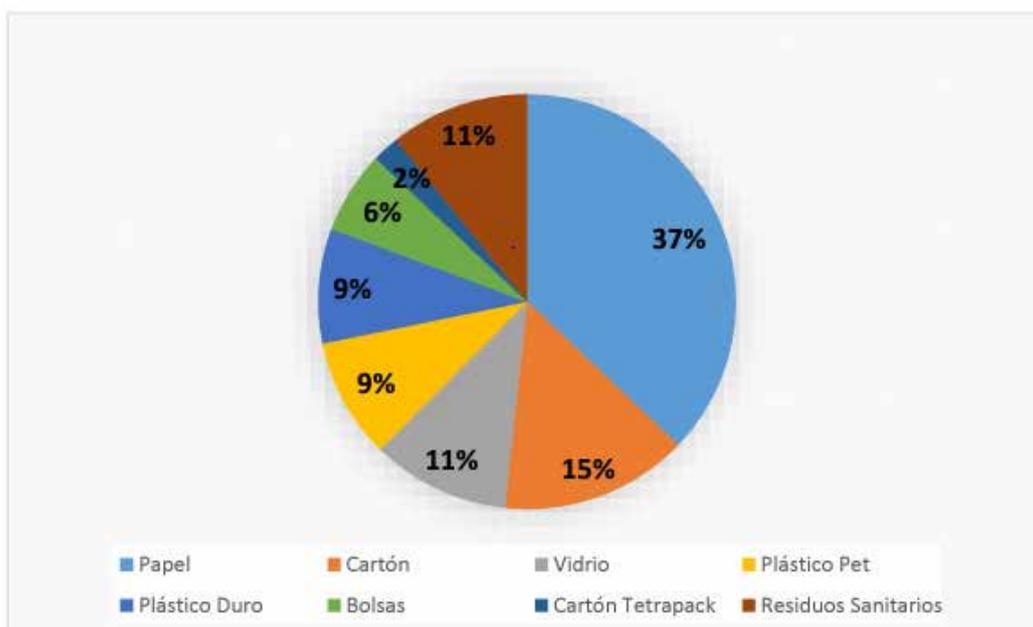
y obtenidos de forma diaria. En nuestro caso, el resultado es 1.50

$$S_X^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{x})^2}{N - 1}$$

$$SD_{\text{muestras}} = \sqrt{\frac{\sum |x - \bar{x}|^2}{n - 1}}$$

**Figura 6**

*Composición de residuos sólidos*



*Nota.* Composición física de los residuos, (Roca, 2018)

En la Figura 6, los resultados obtenidos por Roca (2018) muestran que el 37% de los residuos segregados corresponde al material recuperable tipo papel. Así mismo, el 9 % “representa bolsas de plástico. “De acuerdo a la Ley General de los Residuos está permitida en una instalación de tratamiento operada por una EPS – RS” (Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos” 2016).

De acuerdo a esta norma la empresa IMBERGEP SAC dentro de su política como empresa EO – RS empresa operadora de residuos sólidos hace los esfuerzos para minimizar que los residuos sólidos comunes tengan un tratamiento conforme lo establece la norma: “Está permitida en una instalación de tratamiento operada por una EPS-RS o una municipalidad” (Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, 2016 ).

En concordancia a lo establecido de acuerdo a la DS N° 057 -PCM .2004, ART. 17 “queda prohibida la quema artesanal o improvisada de residuos sólidos” (Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, 2016). Bajo esta perspectiva, la quema indiscriminada de los residuos sólidos en especial de los plásticos es de alta peligrosidad para el medio ambiente, biodiversidad y los ecosistemas.

### **Discusión**

Caracterizar los residuos sólidos posibilita dimensionar las necesidades de cada unidad productiva, 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 (Huamán, 2020, p. 28).

De acuerdo a los trabajos obtenidos en la literatura especializada, se puede comprobar según Scragg, (2017) que el reciclaje “Es la segunda opción en la reducción de los residuos y puede implicar el reciclaje del material producido durante la manufacturación o del producto en sí mismo después de su fabricación” (P.109).

En un estudio realizado por (Cachique, 2017) en sus conclusiones afirma:

Que los residuos sólidos de origen municipal presentaron las siguientes características materia orgánica, 69.82%; madera follaje, 1.07%; papel, 2.34%; cartón, 3.51%; vidrio, 1.07;

plástico PET, 2.72%; plástico duro, 3.79%; bolsas, 2.72%; Tecnopor y similares, 0.81%; metal, 0.86%; telas y textiles, 4.98%; caucho, cuero, jebe, 2.39%; residuos sanitarios, 0.41; latas, 2.77; huesos, 0.58%. (p. 131)

De acuerdo con los resultados del trabajo de investigación, en los resultados se contrasta que la materia orgánica contiene un promedio de 60% y los valorizables a razón de 13.43%. El objetivo es reducir la disposición de los residuos orgánicos e inorgánicos.

### **Conclusiones**

El estudio demostró que la panificadora María Almenara SAC tiene una generación per-cápita promedio de 8.20 Kg/día\*persona.

Con respecto a su composición, los resultados evidencian que como mayor generación aparecen los orgánicos 39%, y los residuos reciclables con 31% (plástico, papel y cartón) con un porcentaje del 30% residuos no aprovechables.

De acuerdo al plan de valorización de los residuos orgánicos de INVEGEP SAC se trata de un proyecto que está en implementación en la planta de tratamiento Boza Aucallama de residuos orgánicos e inorgánicos donde se propone a través de la descomposición aeróbica degradar y estabilizar el sustrato de compostaje y luego con la intervención de la lombriz roja californiana (*Eisenia Foetida*) procesar para la obtención de una enmienda orgánica y los lixiviados como el humus líquido.

## Referencias

- Arning, I. (2001). *Guía metodológica para investigadores agrícolas*. RAAA. repositorio institucional. <https://repositorio.cientifica.edu.pe/handle/20.500.12805/1572>
- Cachique, R. (2017). *Caracterización de residuos sólidos municipales del distrito de Caynarachi, Lomas 2017 [Tesis de grado, Universidad Peruana Unión]*. Repositorio institucional. [repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/978/Ronnel\\_Tesis\\_Bachiller\\_2017.pdf?sequence=5&isAllowed=y](https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/978/Ronnel_Tesis_Bachiller_2017.pdf?sequence=5&isAllowed=y)
- Congreso de la República. (2016 (23 de diciembre)). *Ley de gestión integral de residuos sólidos*. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-gestion-integral-residuos-solidos#:~:text=El%20presente%20Decreto%20Legislativo%20establece,la%20gesti%C3%B3n%20y%20manejo%20>
- Dirven, B. B., Pérez, R., Cáceres, R. J., Tito, A. T., Gómez, R. K., & Ticona, A. (2018). *El desarrollo rural establecido en las áreas vulnerables*. Colección Racso.
- Granada, L., & Cespedes, G. (2019). *Modelo de caracterización de residuos sólidos en la Universidad Católica sede Meléndez [Tesis de grado, Fundación Universitaria Católica Lumen Gentium]*. repositorio institucional.
- Huaman, K. J. (2020). *Caracterización de residuos sólidos Municipales [Trabajo de investigación para optar grado académico bachiller, Universidad Científica del Sur]*.
- Montoya, A. F. (2012). Caracterización de residuos sólidos. *Cuaderno Activa*, 1(4), 67 - 72.
- Ñaupas, H., Valdivia, M., Palacios, J., & Romero, H. (2018). *Metodología de la investigación cualitativa - cuantitativa y redacción de la tesis*. ediciones de la U.
- OMS. (4 de Octubre de 2016). *Las dioxinas y sus efectos en la salud Humana*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/dioxins-and-their-effects-on-humanhealth#:~:text=Las%20dioxinas%20tienen%20elevada%20toxicidad,de%20ese%20modo%20causar%20c%C3%A1ncer>.
- Roca, D. H. (2018). *Implementación de manejo de residuos sólidos para la adecuada disposición en la empresa ediciones Lexicom SAC [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]*. repositorio institucional. [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/18284/Roca\\_LDH.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/18284/Roca_LDH.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Scragg, A. (2017). *Bioteología ambiental*. ACRIBIA S.A.
- Tovar, G. L. (1986). *El asentamiento y la segregación de los Blancos y Mestizos*. Cengage.

