

Caracterización de residuos sólidos universitarios y estimación de emisiones de gases de efecto invernadero en dos alternativas de gestión

Characterization of university solid waste and estimation of greenhouse gas emissions in two management alternatives

Arienne Vargas-Ayala^{1*} , Edwar Tucto-Cueva¹ ,
Deyanira Milla-Luna¹ , Ohaira Ricra-Chavez¹ 
y Mirtha Nazario-Ramirez^{1,2} 

1 Facultad de Ingeniería Ambiental, Universidad Científica del Sur. Lima, Perú.

2 Facultad de Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.



Citar como: Vargas-Ayala et al. (2022). «Caracterización de residuos sólidos universitarios y estimación de emisiones de gases de efecto invernadero en dos alternativas de gestión». *South Sustainability*, 3(2), E059.

Artículo recibido: 19/11/2021
Arbitrado por pares
Artículo aceptado: 29/6/2022



© Los autores, 2022. Publicado por la Universidad Científica del Sur (Lima, Perú)

*E-mail de correspondencia:
vargas.ayala.arianne@gmail.com

RESUMEN

La generación de residuos sólidos en los comedores universitarios tiene un impacto en el ambiente. Cuando estos no son bien gestionados liberan gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera, debido principalmente a la descomposición de los residuos orgánicos. El objetivo del proyecto fue estimar la cantidad de GEI y sus equivalencias ambientales con base en los resultados obtenidos de la caracterización de residuos sólidos en los comedores de la Universidad Científica del Sur en 2019. Se efectuó la metodología conforme a la guía para la caracterización de residuos sólidos municipales y la guía de inventario de GEI. Se obtuvo que el 85,82 % corresponde a los residuos aprovechables, de los cuales 83,58 % son orgánicos. Por otro lado, un 14,18 % de residuos son no aprovechables. Finalmente, se estimaron dos posibles escenarios para la generación de CO₂eq anual: a) el escenario 1, que no presenta una valorización de los residuos y obtuvo una emisión de 28,88 de tCO₂eq, equivalentes a consumir 3261 galones de gasolina; y b) el escenario 2, donde la universidad gestiona y valoriza los residuos sólidos, y obtuvo una emisión de 4,07 tCO₂eq, equivalentes a consumir 458 galones de gasolina.

Palabras clave: equivalencias ambientales, gases de efecto invernadero, gestión de residuos, residuos sólidos

ABSTRACT

The generation of solid waste in university canteens impacts the environment. When these are not well-managed, they release greenhouse gases into the atmosphere; this is due mainly to the breakdown of organic waste. The aim of this project was to estimate the amount of greenhouse gases and their environmental equivalences based on the results obtained in 2019 from the characterization of solid waste in the canteens of the Universidad Científica del Sur. The methodology was conducted in accordance with the guidelines for the characterization of municipal solid waste and the greenhouse gas inventory guide. It was found that 85.82% of waste is usable waste, of which 83.58% is organic, while 14.18% of waste is non-usable. Finally, two possible scenarios were considered for annual CO₂eq generation: a) In Scenario 1, in which there is no management and recovery of waste, emissions totaling 28.88 tCO₂eq were obtained, equivalent to the consumption of 3261 gallons of gasoline; b) While in Scenario 2, where the university manages and recovers solid waste, emissions totaling 4.07 tCO₂eq were obtained, equivalent to the consumption of 458 gallons of gasoline.

Keywords: environmental equivalences, greenhouse gases, solid waste, waste management



Introducción

La inadecuada gestión de los residuos sólidos ocasiona impactos negativos al ambiente que son percibidos en la atmósfera, el agua, el suelo, la flora y la fauna (Pinto et al., 2018). Los residuos suelen terminar en botaderos o rellenos sanitarios, donde la fracción orgánica, que contiene una elevada humedad (75-85 %), provoca una rápida descomposición (Niu et al., 2017) y libera grandes cantidades de GEI a la atmósfera, principalmente metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂) (INEI, 2015; Tatáno et al., 2017). Estos gases originan que la radiación infrarroja permanezca en la atmósfera, lo que contribuye al aumento de la temperatura terrestre e intensifica el efecto invernadero (Echeverri, 2006). Según el último reporte del Ministerio del Ambiente (Minam) a nivel nacional, durante 2016 las emisiones de GEI emitidas a partir de los residuos fueron aproximadamente 6437,62 GgCO₂eq; el 62,38 % de estas emisiones se debieron a la descomposición de residuos sólidos (Minam, 2021). Además, en 2016 la provincia de Lima, a través de la Municipalidad Metropolitana de Lima (MML), reportó 3093,113 tCO₂eq de emisiones de GEI procedentes de los residuos, que representan el 20 % del total (15 789 438 t CO₂eq) del inventario de 2015 (MML, 2021).

La caracterización es el mecanismo mediante el cual se obtiene información primaria sobre la cantidad, densidad, humedad y composición de los residuos sólidos de un lugar específico (Minam, 2017). La obtención de esta información permite conocer la dimensión real del problema, lo que favorece el proceso de planificación, implementación y administración de un sistema de gestión integral de residuos sólidos (Villafructe, 2019). Asimismo, es esencial para el desarrollo y la ejecución exitosa de proyectos y políticas sobre gestión de residuos a corto, mediano y largo plazo. El sector educación no es ajeno a esta problemática; estudios de caracterización de residuos realizados en comedores universitarios reportan que más del 90 % del total recolectado corresponde a residuos orgánicos (Natividad, 2011; Casavilca y Serrano, 2016).

Además, con base en la caracterización de los residuos es posible estimar la emisión de GEI al ambiente, tanto el metano (CH₄) (Minam, 2017) como la estimación de CO₂eq (EPA, 2020). Por otro lado, la Agencia de Protección Ambiental (EPA) desarrolló un modelo de medición de equivalencias de GEI, el cual ayuda a entender los valores de CO₂eq traduciendo a equivalencias ambientales como el consumo de galones de gasolina, barriles de petróleo y el uso energético en el hogar (EPA, 2020).

Esta investigación tuvo como objetivo estimar la cantidad de GEI y sus equivalencias ambientales de la Universidad Científica del Sur en 2019. Desde ese año la universidad implementó un modelo de economía circular en la gestión de residuos de sus comedores universitarios a través de la empresa Simba Sura SAC (SINBA) Universidad

Científica del Sur (2019). La labor de esta empresa es valorizar los residuos orgánicos al transformarlos en alimento balanceado para animales de granjas urbanas y enviar los residuos inorgánicos reciclables a plantas recicladoras. Únicamente los residuos no aprovechables (plástico contaminado con aceite, vidrios rotos, etc.) son destinados a rellenos sanitarios.

Materiales y métodos

Área de estudio

El área de estudio abarcó los dos comedores del concesionario Central Coffee de Payco Producciones SAC, de la Universidad Científica del Sur, «Villa 1» y «Villa 2», ubicados en las coordenadas 714931.4 Este; 8648004 Norte, en el distrito de Villa El Salvador, Lima, Perú (figura 1). Como es característica de las zonas marino-costeras, el clima es templado y árido (clasificación Ed B'). La temperatura máxima oscila entre 19 °C en las partes altas de la zona sur y 31 °C en la zona norte. La precipitación varía entre 0 mm y 5 mm en la zona adyacente al litoral (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, 2022).

Caracterización de residuos sólidos

Se realizó la caracterización de residuos sólidos generados en los comedores del campus Villa 1 y 2 durante 8 días, según la metodología del doctor Kunitoshi Sakurai (CEPIS, 2005; Francisco y Rodríguez, 2010; Veneros et al., 2021). Mediante este método se determinó la producción

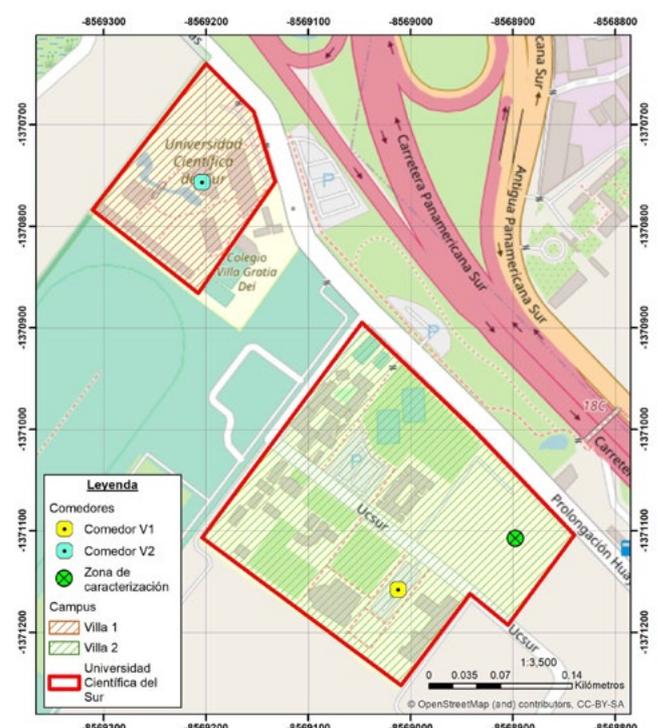


Figura 1. Área de estudio

per cápita de residuos (kg/per/día), producción total (kg/día) y composición física (%) de los residuos sólidos.

Para estimar la composición de residuos se empleó la clasificación establecida por el Minam (2018), que considera los siguientes residuos: aprovechables (fracción orgánica e inorgánica) y no aprovechables (baterías, residuos sanitarios, etc.). Los residuos de los comedores fueron segregados teniendo en cuenta las condiciones de higiene y seguridad.

La densidad de residuos fue calculada con la ecuación 1:

$$\text{Densidad (S)} = \frac{W}{V_r} = \frac{W}{\pi \times \left(\frac{D}{2}\right)^2 \times (H_f - H_0)} \quad (1)$$

Donde:

- S: densidad de residuos sólidos
- W: peso de residuos sólidos
- Vr: volumen de residuos sólidos
- D: diámetro de recipiente cilíndrico
- Hf: altura de recipiente cilíndrico
- H0: altura libre de recipiente cilíndrico
- Π : constante (3,1416)

Las densidades totales por día fueron promediadas entre los siete días de caracterización y se obtuvo la densidad promedio total, mediante la ecuación 2:

$$S_p = \frac{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \text{ día 1} + \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \text{ día 2} + \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \text{ día 3} + \dots + \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \text{ día 7}}{7} \quad (2)$$

Proyección de generación anual de residuos sólidos

El concesionario Central Coffee de Payco Producciones SAC, encargado de los comedores de la universidad, brindó la información diaria de la cantidad de comensales que asistieron durante 2019. Asimismo, a partir de la caracterización de residuos se calculó la generación per cápita y, con ello, se estimó la generación anual de residuos sólidos.

Para estimar la generación anual se efectuó la ecuación 3:

$$\text{Generación anual (t)} = \text{GPC} \times \text{CA} \times d \quad (3)$$

- GPC: generación per cápita
- CA: cantidad de comensales por ciclo académico
- d: cantidad de días hábiles de cada mes

Estimación de GEI de los residuos sólidos

Cálculo de emisión de metano (CH₄) en rellenos sanitarios

Se estimó la producción total de residuos generados en los comedores (t/año) durante 2019 a partir de los datos de caracterización. De igual forma, se calculó la emisión de CH₄ (t/año) suponiendo la putrefacción de los residuos sólidos en rellenos sanitarios. Para ello, se usó la guía del Inventario Nacional de GEI (Minam, 2017), de acuerdo con los inventarios nacionales de GEI de Intergovernmental

Panel on Climate Change (IPCC) (IPCC, 1996; IPCC, 2001; IPCC, 2006).

Se contemplaron dos escenarios para el cálculo: el escenario 1, que considera que el total anual de residuos sólidos generados son dispuestos en un relleno sanitario, y el escenario 2, que considera la valorización de residuos aprovechables.

Cálculo de emisión de dióxido de carbono equivalente (CO₂eq)

La ecuación 6 estima el CO₂ equivalente para los escenarios 1 y 2, según la metodología establecida en la guía de Minam (2017), tomando el valor del potencial de calentamiento atmosférico (PCA) correspondiente al metano (CH₄) para un periodo de 100 años.

$$\text{GgCO}_2\text{eq} = \text{GgCO}_2 + \text{GgCH}_4 \times 21 + \text{GgNO}_2 \times 310$$

Donde:

- Gg = gigagramos para el metano, dióxido de carbono y óxido nitroso
- CO₂eq = cantidad de dióxido de carbono equivalente
- 21 y 310 = potenciales de calentamiento atmosférico del metano y óxido nitroso, respectivamente

Los datos fueron transformados de Gg a toneladas.

Equivalencias ambientales

Se utilizó el calculador de equivalencias de GEI propuesto por la EPA (2020), para mostrar los valores de emisión de CO₂ en otras unidades equivalentes (tabla 1) en los dos escenarios propuestos: escenario 1 (que considera que todo el residuo es dispuesto en relleno sanitario) y el escenario 2 (que considera una valorización de residuos aprovechables).

Tabla 1. Fórmulas para la conversión de CO₂eq a unidades equivalentes.

| Unidades equivalentes | Fórmula |
|---|---|
| Emisiones de CO₂ de: | |
| Galones de gasolina consumidos | $\frac{8,887 \times (10^{-3}) \text{ t de CO}_2}{\text{Galón de gasolina}}$ |
| Barriles de petróleo consumidos | $\frac{0,43 \text{ t de CO}_2}{\text{barril}}$ |
| Uso energético en el hogar durante un año | $\frac{8,67 \text{ t de CO}_2}{\text{hogar} \times \text{año}}$ |
| Carbono capturado por: | |
| Número de plántulas de árboles urbanos cultivadas durante 10 años | $\frac{0,060 \text{ t de CO}_2}{\text{árbol}}$ |

Resultados

Caracterización de residuos sólidos

Se caracterizaron un total de 294,42 kg de residuos, y se obtuvo una generación per cápita de 0,54 kg/per/día. El 85,82 % de residuos recolectados son aprovechables,



y de estos el 83,58 % corresponde a orgánicos; los más abundantes fueron el arroz, las verduras y las frutas, mientras que el 2,24 % corresponde a la fracción inorgánica. El 14,18 % corresponde a los residuos no aprovechables, como bolsas plásticas de un solo uso (5,06 %), aceites (0,47 %), tecnopor (0,12 %) y residuos no categorizados (8,09 %), como guantes de látex y servilletas usadas (figura 2).

El método de caracterización sugiere no considerar la información del día 1 y considerar solo la información de los 7 días restantes. Considerando esa premisa, se obtuvo

que la densidad de los residuos sin haberlos compactado es 3254,54 kg/m³.

Proyección de la cantidad de residuos generados

Según la información brindada por el concesionario Central Coffee de Payco Producciones SAC, encargado de los comedores de la universidad, durante 2019 la cantidad de comensales varió de la siguiente manera: en el ciclo regular acudieron en promedio 175 comensales por día (marzo-julio y setiembre-diciembre), en el ciclo de verano hubo en promedio 60 comensales por día (enero-febrero), y durante agosto se tuvo un promedio de 130 comensales

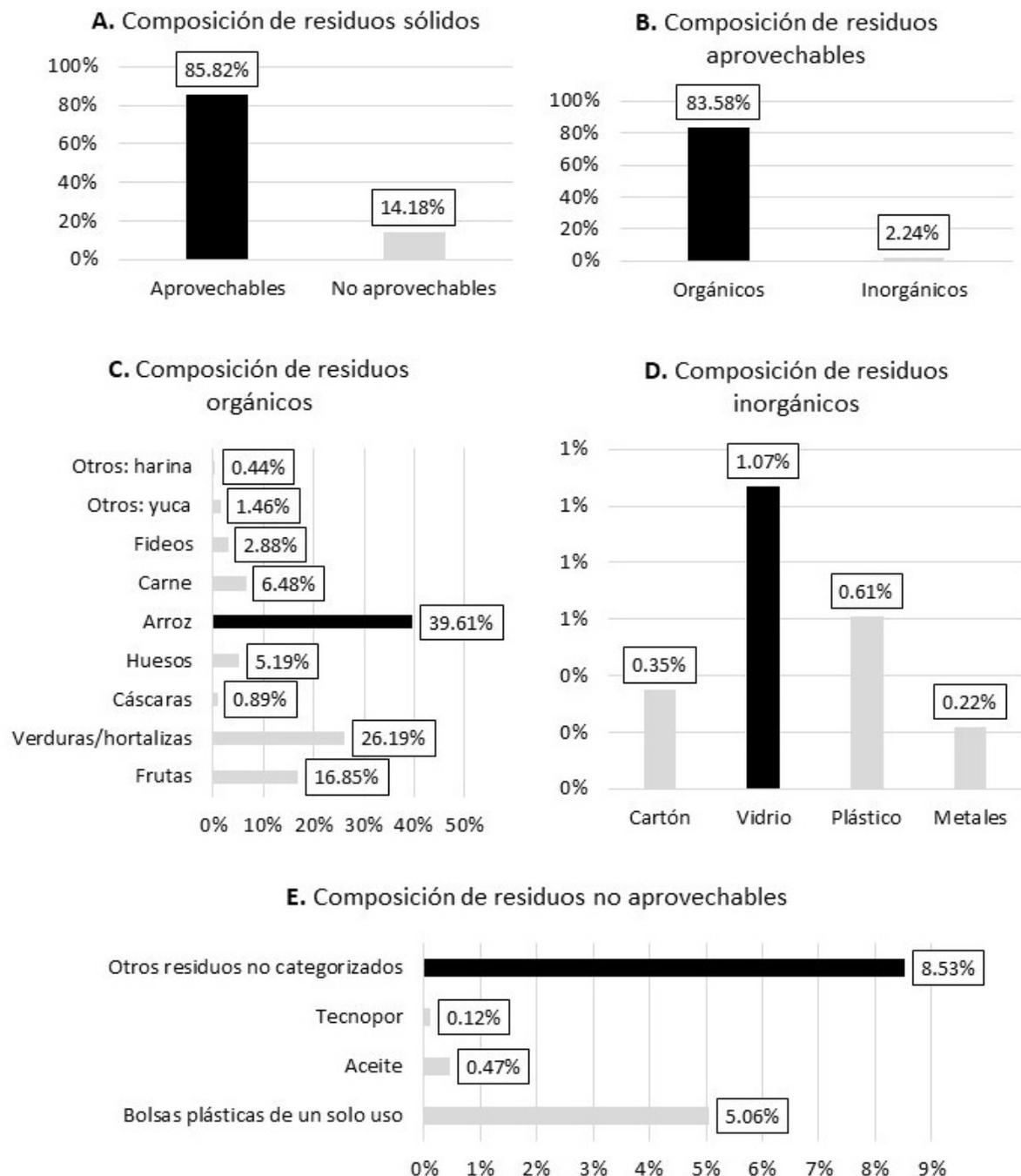


Figura 2. Características de los residuos evaluados

al día. No se contaron los feriados, solo los días hábiles. Con esta información se calculó la generación anual de residuos sólidos. Si se suman los residuos mensuales (figura 3), se generarían 23,17 toneladas de residuos anuales.

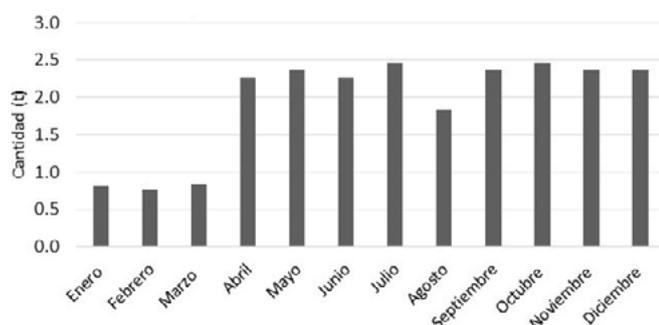


Figura 3. Proyección de residuos sólidos por mes.

Emisión de GEI de los residuos sólidos

Cálculo de emisión de metano (CH₄) en rellenos sanitarios

Las emisiones de metano para el escenario 1, cuando no existe valorización, es de 0,31 t/año. Mientras tanto, en el escenario 2, considerando la valorización de residuos aprovechables, solo se liberaría 0,19 t/año de CH₄.

Cálculo de emisión de dióxido de carbono equivalente (CO₂eq)

De acuerdo con los cálculos estimados, se obtuvo que en el escenario 1 se generarían anualmente 28,98 tCO₂eq, mientras que en el escenario 2 se generarían tan solo 4,07 tCO₂eq, por lo que se estaría evitando 24,91 tCO₂eq al valorizar los residuos aprovechables.

Equivalencias ambientales

La conversión de CO₂eq en unidades de equivalencia ambiental (tabla 2) demuestra que, al no existir un tratamiento para valorizar los residuos sólidos (escenario

Tabla 2. Conversión del CO₂eq a otras unidades de equivalencia

| Unidades equivalentes | Escenario 1 | Escenario 2 |
|---|--|---|
| | (28,98 t de CO ₂ eq/100 años) | (4,07 t de CO ₂ eq/100 años) |
| Emisiones de CO₂ de: | | |
| Galones de gasolina consumidos | 3261 | 458 |
| Barriles de petróleo consumidos | 67,1 | 9,4 |
| Hogares que usan energía eléctrica durante un año | 3,3 | 0,47 |
| Carbono capturado por: | | |
| Número de plántulas de árboles urbanos cultivadas durante 10 años | 479 | 63,7 |

1), el 100 % de los residuos del comedor son dispuestos en rellenos sanitarios, para liberar 28,98 tCO₂eq. Esta emisión equivale al consumo de 3261 galones de gasolina, de 67,1 barriles de petróleo o al consumo de energía anual de 3,3 hogares. Además, para compensar dicha emisión a través de una captura de carbono se tendrían que cultivar 479 árboles urbanos durante 10 años. Sin embargo, en el escenario 2, al realizar una valorización de residuos aprovechables, la liberación de CO₂ es solo 4,07 t; por lo tanto, las unidades de equivalencia también son menores en comparación con el escenario 1.

Discusión

Caracterización de residuos sólidos

La generación per cápita (GPC) obtenida fue de 0,54 kg. Este resultado está por encima de lo obtenido en otras universidades, como la de San Buenaventura Cartagena con 0,4 kg y la Universidad Iberoamericana de México con 0,3 kg (Ruiz, 2017). Esto evidencia la elevada capacidad de generación de residuos que tiene la Universidad Científica del Sur. Por lo tanto, es necesario buscar mecanismos para aprovechar dichos residuos. Asimismo, SINIA (2017) señala que en el departamento de Lima se tiene una GPC de 0,60 kg, valor no tan lejano al obtenido en el presente estudio.

El 85,82 % de residuos recolectados son aprovechables; un alto porcentaje (83,58 %) corresponde a residuos orgánicos. Este resultado se asemeja a lo reportado en otros comedores universitarios del Perú. Por ejemplo, Casavilca y Serrano (2016) señalan que en la Universidad Nacional Agraria de la Selva se encontró 97,30 % de residuos orgánicos, y Natividad (2011) reportó que en la Universidad Agraria la Molina se halló 94,70 % de residuos orgánicos. Por lo tanto, se considera que las acciones de aprovechamiento deberían estar enfocadas principalmente en residuos orgánicos, ya que se generan en gran cantidad y son los que liberan mayor cantidad de GEI. Por otro lado, los residuos inorgánicos aprovechables son predominado por vidrio (1,07 %), plástico (0,61 %) y cartón (0,35 %). Estos resultados se asemejan a lo reportado por Casavilca y Serrano (2016), quien señaló que los residuos inorgánicos encontrados en mayor proporción fueron plásticos (1,30 %), cartón (0,70 %) y vidrio (0,10%).

Asimismo, en 2017 el comedor de la Universidad de San Buenaventura Cartagena reportó que el 91 % de sus residuos son aprovechables, que se componen de plástico (35 %), residuos orgánicos (36 %) y papel (20 %). En cuanto al potencial de la valorización de los residuos sólidos, reportó que el 52 % es susceptible al proceso de compostaje, el 27 % es material reciclable y únicamente 21 % son residuos que se destinarían a un relleno sanitario (Ruiz, 2017).

El 14,18 % de los residuos caracterizados en la investigación corresponden a la categoría de no



aprovechables. Estos residuos no tienen posibilidad alguna de ser aprovechados, reutilizados o reincorporados en ningún proceso. Por ello, asegurar la minimización de este tipo de residuos es sumamente importante para una adecuada gestión (Inacal, 2019).

Emisión de GEI

Al realizar la proyección anual de emisiones de GEI, se obtuvo que al no valorizar los residuos se tendría una emisión anual de 28,98 tCO₂eq en 2019. Sin embargo, la Universidad Científica del Sur, al implementar un sistema de valorización de residuos aprovechables, llegaría a emitir tan solo 4,07 tCO₂eq anual, y evitaría una emisión aproximada de 24,91 tCO₂eq. Una de las alternativas sostenibles de valorización de residuos es la que ha implementado de mayo a diciembre de 2019 en alianza con la empresa Simba Sura SAC (SINBA), que valoriza los residuos orgánicos al transformarlos en alimento balanceado para animales de granjas urbanas y enviar los residuos inorgánicos reciclables a plantas recicladoras. Este mecanismo de valorización dejó de funcionar desde la pandemia por covid-19, ya que las clases universitarias son remotas.

De acuerdo con el Segundo Informe de Evaluación (SIE) del IPCC (1996), el potencial del calentamiento mundial del CH₄ en un periodo de 100 años puede ser 21 veces más potente que el CO₂. La gran cantidad de tCO₂eq que sería emitida en el escenario 1 representa un impacto considerable al ambiente, debido a que el metano es un gas de efecto invernadero de larga vida que puede permanecer en la atmósfera durante décadas, hasta siglos o más; es decir, tiene un efecto a largo plazo sobre el clima (IPCC, 2007).

Conclusión

Los residuos sólidos generados en los comedores de la Universidad Científica del Sur en 2019 están conformados en su mayoría por residuos aprovechables (85,82 %), de los cuales la mayor fracción corresponde a residuos orgánicos.

Durante 2019 se estimó una generación de 23,17 toneladas de residuos anual. La generación per cápita obtenida fue de 0,54 kg/per/día.

En un escenario donde no se valoriza los residuos generados del comedor de la universidad, se libera 0,31 t/año de CH₄ y 28,98 tCO₂eq; sin embargo, al valorizar los residuos aprovechables, las emisiones se reducen a 0,19 t/año de CH₄ y 4,07 tCO₂eq.

Agradecimientos

Agradecemos al decano de la Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad Científica del Sur, Gonzalo Flores Roca, por la motivación y facilidades brindadas para el desarrollo de esta investigación. A Alex Díaz Sotil, por su apoyo en las revisiones del manuscrito. Asimismo, al Círculo de Investigación Ambiental (CIASUR) por el apoyo de sus voluntarios, en especial a Jhony Raphael Urquiaga Casahuaman y Ángel Cuya Poma, que colaboraron durante la caracterización de residuos sólidos, y a Alexandra Mendoza Dávila, por su participación en la primera fase del planteamiento de la investigación.

Financiamiento

Este trabajo fue autofinanciado.

Contribución a la autoría

ET-C formuló la idea y participó en la caracterización de residuos sólidos y redacción de cálculos de emisiones de metano. AV-A sistematizó la data y participó durante la ejecución de la caracterización de residuos sólidos, redactó el cálculo de CO₂eq, realizó el resumen y las discusiones, y fue encargada de la coordinación con el comedor y la Facultad de Ingeniería Ambiental. DM-L participó en la caracterización de residuos sólidos, se encargó del cálculo de emisiones de metano y redactó las discusiones. OR-C participó en la caracterización de residuos sólidos, realizó la introducción y el cálculo de equivalencias ambientales, y redactó las discusiones. MN-R brindó asesoría en la preparación inicial del artículo y mantuvo la revisión constante de los avances y aportes en el manuscrito. Todos los autores aprobaron la versión final del texto.

Conflictos de interés

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de interés.

Referencias bibliográficas

- Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, EPA. (2020).** «Calculadora de equivalencias de gases de efecto invernadero - Cálculos y referencias». Disponible en: <https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/calculador-de-equivalencias-de-gases-de-efecto-invernadero>
- Al-Salem, S. M., Al-Nasser, A. y Al-Dhafeeri, A. T. (2018).** «Multi-variable regression analysis for the solid waste generation in the State of Kuwait». *Process Safety and Environmental Protection*, 119, pp. 172-180. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2018.07.017>
- Blanca-Alcubilla, G., Roca, M., Bala, A., Sanz, N., De Castro, N. y Fullana-i-Palmer, P. (2019).** «Airplane cabin waste characterization: Knowing the waste for sustainable management and future recommendations». *Waste Management*, 96, pp. 57-64. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.07.002>
- Casavilca, G. y Serrano, E. (2016).** *Propuesta de un programa de eco-eficiencia para la reducción de residuos orgánicos y servicios en el comedor de la UNAL*. Tesis de grado en Ingeniería Agronómica. Universidad Nacional Agraria La Molina. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2566/Q70-C38-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, CEPIS. (2005).** "Procedimientos estadísticos para los estudios de caracterización de residuos sólidos". Hojas de Divulgación Técnica. HDT N° 97. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/39488>
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, CEPIS. (2002).** *Indicadores para el Gerenciamiento del Servicio de Limpieza Pública*. Disponible en: <http://sial.segat.gob.pe/documentos/indicadores-gerenciamiento-servicio-limpieza-publica>
- Decreto Supremo 016-2016-MINEDU. (2016).** *Plan Nacional de Educación Ambiental 2017-2022 (PLANEA)*.
- Echeverri Londoño C.A. (2006).** "Estimación de la Emisión de gases de efecto invernadero en el Municipio de Montería (Córdoba, Colombia)". *Revista Ingenierías Universidad de Medellín* 5(9): 85-96 julio-diciembre de 2006.
- Francisco, A. y Rodríguez, Y. (2010).** «Caracterización residuos sólidos domiciliarios en Santo Domingo Oeste, Provincia Santo Domingo». *Ciencia y Sociedad*, XXXV, pp. 556-587. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87020011003>
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, IPCC. (1996).** «Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero - versión revisada» (2.ª ed.). Disponible en: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/wastspan.html>
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, IPCC. (2001).** «Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero - OBP». Disponible en: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/spanish/gpgaum_es.html
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, IPCC. (2006).** «Solid Waste Disposal». En *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, vol. 5, chapter 3. Disponible en: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/5_Volume5/V5_3_Ch3_SWDS.pdf
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, IPCC. (2007).** «Informe aceptado por el Grupo de Trabajo I del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático. pero no aprobado en detalles». Cuarto Informe de Evaluación. 77. Disponible en: <https://www.ipcc.ch/working-group/wg1/>
- Instituto Nacional de Calidad, Inacal. (2019).** «Código de colores para el almacenamiento de residuos sólidos. NTP 900.058-2019». Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/gestion-de-residuos-solidos/norma-tecnica-peruana-de-colores-ntp-900-058-2019/>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática, INEI. (2015).** «Anuario de estadísticas ambientales: residuos sólidos». Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1342/cap05.pdf
- Jiménez, J. (2019).** *Manejo de residuos sólidos del comedor universitario y su impacto ambiental en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión*. Tesis de magister en Ecología y Gestión Ambiental. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Disponible en: <http://repositorio.unjfc.edu.pe/handle/UNJFSC/3637?show=full>
- Ministerio del Ambiente, Minam. (2018).** «Guía para la caracterización de residuos sólidos municipales». Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-guia-caracterizacion-residuos-solidos-municipales#:~:text=La%20Gu%C3%ADa%20para%20la%20Caracterizaci%C3%B3n%20de%20Residuos%20S%C3%B3lidos,y%20operativa%20del%20manejo%20de%20los%20residuos%20s%C3%B3lidos>
- Ministerio del Ambiente, Minam. (2021).** «Reporte anual de gases de efecto invernadero del sector Desechos del 2016 (RAGEI 2016). Categoría: Eliminación de desecho sólido e incineración abierta de desecho». Disponible en: https://infocarbono.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2021/06/INGEI_2016_Junio-2021_Final.pdf
- Municipalidad Metropolitana de Lima, MML. (2021).** «Plan local de cambio climático de la provincia de Lima. 2021-2030». Disponible en: <https://smia.munlima.gob.pe/uploads/documento/126a7e4afdcaa8ba.pdf>
- Naciones Unidas. (2019).** *Informe de avance cuatrienal sobre el progreso y los desafíos regionales de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible en América Latina y el Caribe*. Disponible en: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44551/S1900433_es.pdf?sequence=7&isAllowed=y
- Natividad, R. (2011).** «Auditoría, impactos ambientales y riesgos de salud en el comedor universitario de la UNAS». Disponible en: <https://silو.tips/download/raul-edgardo-natividad-ferrer-1>
- Niu, Y., Zheng, D., Yao, B., Cai, Z., Zhao, Z., Wu, S., ... Yang, D. (2017).** «A novel bioconversion for value-added products from food waste using *Musca domestica*». *Waste Management*, 61, pp. 455-460. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.10.054>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, UNEP. (2019).** «Perspectivas del medio ambiente mundial. Resumen para responsables de políticas». En *Global Environment Outlook. GEO-6: Summary for Policymakers*. Disponible en: <https://doi.org/10.1017/9781108639217>
- Soares Pinto, R., Dos Santos Pinto, R., Silva Melo, F. Santos Campos, S. y Marques-Dos-Santos, C. (2018).** «A simple awareness campaign to promote food waste reduction in a University canteen». *Waste Management*, 76, pp. 28-38. DOI: 10.1016/j.wasman.2018.02.044
- Ruiz, M. (2012).** «Caracterización de residuos sólidos en la Universidad Iberoamericana, Ciudad de México». *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 28(1), pp. 93-97. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=370/37023172008RUIZ>
- Ruiz, M. (2017).** *Caracterización de residuos sólidos en la cafetería de la Universidad de San Buenaventura Cartagena: propuesta de alternativas de uso con énfasis biotecnológico*. Tesis en Ciencias de la Salud. Universidad de San Buenaventura Cartagena. Disponible en: http://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/4527/1/Caracterizaci%C3%B3n%20de%20residuos%20s%C3%B3lidos_Mar%C3%ADa%20Ruiz%20H_2017.pdf



- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, Senamhi. (2022).** «Mapa climático del Perú». Disponible en: <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=lima&p=mapa-climatico-del-peru>
- SINBA. (2019).** «Reporte mensual. Diciembre 2019. Universidad Científica del Sur. Programa #sinbasura».
- SINBA. (2021).** «Por un mundo sinbasura. Empresa socioambiental». Disponible en: <http://www.sinba.pe/index.php>
- SINIA. (2017).** «Generación per cápita de los residuos sólidos municipales». Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/indicadores/generacion-capita-residuos-solidos-municipales>
- Tatàno, F., Caramiello, C., Paolini, T. y Tripolone, L. (2017).** «Generation and collection of restaurant waste: Characterization and evaluation at a case study in Italy». *Waste Management*, 61, pp. 423-442. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.01.020>
- Universidad Científica del Sur. (2019).** «Científica sostenible: Somos la primera universidad que Implementa el programa #Sinbasura en sus comedores». Disponible en: <https://www.cientifica.edu.pe/noticias/orgullo-cientifica-enterate-como-implementamos-el-programa-sinbasura-en-nuestros-comedores>
- Universidad Científica del Sur. (2019).** *Proyectos sostenibles en el campus*. Disponible en: <https://www.cientifica.edu.pe/noticias/cientifica-sostenible-somos-la-primera-universidad-que-implementa-el-programa-sinbasura-en>
- Veneros, B., Amaya, P., Chuan, Y. y Manchay, C. (2021).** «Caracterización y oportunidades de mejora de los residuos sólidos en una institución educativa. La Esperanza (Trujillo-Perú), 2019». *Puriq*, 2(3). Disponible en: <https://doi.org/10.37073/puriq.2.3.96>
- Villafuerte, R. (2019).** *Caracterización de residuos sólidos municipales en el distrito de Alto Selva Alegre*. Tesis de grado en Biología. Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/9779>