

Methods for the treatment of solid waste for a sustainable final disposal. A systematic review between 2017 – 2022.

Danitzia Dadic Reyes¹, Andrea Isabel Sánchez Reátegui², Haniel Solís Muñoz³, Marlon Walter Valderrama Puscan⁴, Grant Ilich Llaque Fernández⁵ and Flor Alicia Calvanapón Alva⁶

Abstract– Currently the excessive demand for solid resources is affecting ecosystems and generating negative impacts on the environment, one of these reasons is the generation of solid waste, therefore there is a need to provide methods, techniques, and procedures to reduce these impacts. The objective of this work was to determine the different solid waste management treatments for a sustainable final disposal during the 2017-2022 period. For this, a systematic review of 206 articles found in the Scopus and ScienceDirect databases and search engines was carried out; of which 21 articles were selected that met our selection criteria. Finally, it was determined that there is a predominance of studies for the treatment of municipal and organic solid waste, while the most applied methods for said waste are composting, vermicomposting, incineration for energy generation, in addition to awareness and recycling, finally all these methods offer a sustainable final disposal.

KEY WORDS: Solid waste, solid waste management, waste treatment, sustainable final disposal, composting.

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LEIRD2022.1.1.24>
ISBN: 978-628-95207-3-6 ISSN: 2414-6390

Methods for the treatment of solid waste for a sustainable final disposal. A systematic review between 2017 – 2022.

Métodos para el tratamiento de residuos sólidos para una disposición final sostenible. Una revisión sistemática entre el 2017 - 2022

Danitza Dadic Reyes¹, Andrea Isabel Sánchez Reátegui², Haniel Solís Muñoz³, Marlon Walter Valderrama Puscan⁴, Grant Ilich Llaque Fernández⁵ and Flor Alicia Calvanapón Alva⁶

Resumen- En la actualidad la excesiva demanda de recursos sólidos está afectando los ecosistemas y generando impactos negativos en el ambiente, una de estas razones es la generación de residuos sólidos, por ello existe la necesidad de brindar métodos, técnicas y procedimientos para reducir estos impactos. El presente trabajo tuvo como objetivo determinar los diferentes tratamientos del manejo de residuos sólidos para una disposición final sostenible durante el periodo de 2017-2022. Para ello se realizó una revisión sistemática de 206 artículos encontrados en las bases de datos y motores de búsqueda de Scopus y ScienceDirect; de los cuales se seleccionaron 21 artículos que cumplieran con nuestros criterios de selección. Finalmente se determinó que existe predominancia de estudios para el tratamiento de residuos sólidos municipales y orgánicos, mientras que los métodos más aplicados para dichos residuos son las prácticas de compostaje, vermicompostaje, incineración para la generación de energía además de la sensibilización y reciclaje, finalmente todos estos métodos ofrecen una disposición final sostenible.

Palabras clave: Residuos sólidos, manejo de residuos sólidos, tratamiento de residuos, disposición final sostenible, compostaje.

Abstract- Currently the excessive demand for solid resources is affecting ecosystems and generating negative impacts on the environment, one of these reasons is the generation of solid waste, therefore there is a need to provide methods, techniques, and procedures to reduce these impacts. The objective of this work was to determine the different solid waste management treatments for a sustainable final disposal during the 2017-2022 period. For this, a systematic review of 206 articles found in the Scopus and ScienceDirect databases and search engines was carried out; of which 21 articles were selected that met our selection criteria. Finally, it was determined that there is a predominance of studies for the treatment of municipal and organic solid waste, while the most applied methods for said waste are composting, vermicomposting, incineration for energy generation, in addition to awareness and recycling, finally all these methods offer a sustainable final disposal.

KEY WORDS: Solid waste, solid waste management, waste treatment, sustainable final disposal, composting.

I. INTRODUCCIÓN

El ser humano se encuentra constantemente generando residuos, es por ello, que el consumo de productos en todo el mundo trae consigo daño al ambiente e impactos significativos a este, por lo que existe la necesidad de ofrecer métodos, técnicas y procedimientos para mitigar los impactos ambientales [1]. El incremento de la demanda de algunos recursos sólidos está deteriorando los ecosistemas, además de desencadenar conflictos sociales [2]. La contaminación ha tenido como consecuencia grandes impactos negativos, como la creciente masa de desechos sólidos que demanda una atención global para conseguir una eficiente gestión de estos y externalizar los tratamientos ecológicos [3]. Por otra parte, a causa de la pandemia COVID-19 la contaminación generada por los equipos de protección personal ha causado un daño irreversible en la gestión de residuos, puesto que son desechos compuestos por materiales impermeables y que perduran un largo tiempo en el ambiente [4].

En los países con mayor desarrollo, la gestión de Residuos Sólidos ha evolucionado de tal manera que ahora existe la gestión del flujo de material, esto implica un manejo cuidadoso de las materias primas, la reducción de las emisiones de gases, la protección del ambiente, la creación de empleo y la generación de ingresos [5]. En algunos lugares por la falta de gestión y recursos económicos no se puede implementar de forma efectiva el manejo de residuos, siendo estos colocados en sitios inadecuados trayendo consigo riesgos de contaminación e insalubridad para la población [6]. por ejemplo, en Nigeria la eliminación de residuos sólidos municipales representa un enorme desafío para la seguridad ambiental, la salud pública y bienestar de la población; esta situación se agrava por el vertido indiscriminado de basura a los costados de caminos, calles y cursos de agua [5].

Dentro del contexto económico, es posible la recuperación de recursos a partir de los desechos en el sistema de economía circular [7] esta se describe como una combinación de actividades de reducción, reutilización y reciclaje, por ello se considera como la prosperidad económica, seguido de la calidad ambiental [8]. En la Unión Europea se desperdician entre 17 y 47 millones de toneladas por año de desechos de alimentos producidos en los hogares [9] se implementó un paquete de economía circular, donde se establecen como prioridad la reutilización de residuos sólidos [10] por ejemplo, en Croacia implementar la economía circular servirá para reducir al mínimo la cantidad de residuos depositados en vertederos, de esta forma ayudar a cumplir el objetivo de la UE para que en el 2030 se reciclen el 65% de los residuos municipales, lo que beneficia a la creación de nuevos empleos verdes además de generar nuevos puestos trabajo en la gestión sostenible de los residuos [11].

En uno de los avances ambientales se utilizan residuos municipales para la síntesis de zeolitas, debido a que estas tienen aplicaciones como la remediación ambiental, actividad catalítica, aplicación biotecnológica, detección de gases y aplicaciones medicinales [12] además el uso de los residuos sólidos obtenidos por la biomasa de igual manera con los antrópicos como los del sector industrial son reutilizados para utilizar la técnica de adsorción de iones de metales pesados en el agua, la cual modifica los residuos por nanomateriales como adsorbentes [13]. Por otro lado, los residuos de vidrio que generalmente resultan con una disposición final en los vertederos pueden ser utilizados como materia prima para la elaboración del hormigón, ya que resulta con mayor resistencia además de ser una práctica sostenible [14].

La importancia de esta revisión sistemática se basa en el mal manejo y gestión de los residuos sólidos en la actualidad, además de buscar la disposición final sostenible de estos. Así, el objetivo de esta investigación es reconocer los tratamientos del manejo de los diferentes tipos de residuos sólidos encontrados en los artículos a partir del análisis de investigación dentro del periodo 2017 – 2022. Asimismo, brindar una fuente de literatura que promueva la investigación acerca del manejo de residuos sólidos y su disposición final sostenible, esto servirá para que las personas o empresas interesadas puedan sacarles el máximo provecho a los residuos, siendo una oportunidad benéfica económica sostenible.

II. METODOLOGÍA

Se realizó una revisión sistemática de la literatura con base en la adaptación de la metodología PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) [15]. Las preguntas de investigación establecidas para dirigir el proceso metodológico fueron las siguientes: ¿Cuáles son los métodos para una disposición final sostenible en el manejo de residuos sólidos en los artículos seleccionados? ¿Cuál es el tipo de residuo predominante en los artículos seleccionados? ¿Cuáles son los tratamientos para los residuos generados por la pandemia COVID-19 en los artículos seleccionados?

La revisión de la literatura científica es un método que se basa en acopiar información fundamental para tener el conocimiento de los resultados científicos de diferentes investigadores. En este caso surgió una revisión sistemática ya que se realizó una evaluación crítica y síntesis de los estudios relevantes sobre la disposición final sostenible de los residuos sólidos además de la filtración de información respecto a la calidad y con relación a las preguntas propuestas.

Para avalar la minuciosidad de la revisión sistemática se estableció como términos para el procedimiento de búsqueda en base al objetivo de la investigación: “manejo”; “residuos sólidos” y “disposición final sostenible”. La estrategia de búsqueda para la literatura científica fue la combinación de los términos escogidos y el operador booleano: “OR”. Por otro lado, las bases de datos sobre las que se realizó la búsqueda fueron Scopus y ScienceDirect.

Los criterios de inclusión fueron: artículos y revisiones en texto completo, en idiomas como español e inglés en el periodo de tiempo de los años de 2017 al 2022, relacionados a los términos de búsqueda escogidos en base a las preguntas formuladas.

En cuanto a los criterios descartados fueron investigaciones o reportes que se encontraban en otros idiomas que no sean español e inglés, por otro lado, documentos que no pertenecían al periodo 2017 al 2022, así como artículos no disponibles por su visualización incompleta, por último, aquellos que su metodología brindada no era precisa y los que optan por el bachillerato o la titulación para la carrera de ingeniería en general.

III. RESULTADOS

La búsqueda de artículos en las bases de datos y motores de búsqueda arrojó un total de 206 artículos en el rango de tiempo de 2017 a 2022. Los artículos seleccionados provienen de la base de datos Scopus y de ScienceDirect con un total de 21 artículos seleccionados para esta revisión sistemática. (Fig. 1)

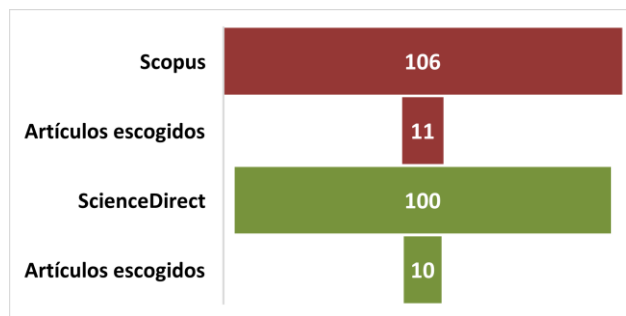


Fig. 1 Cantidad de artículos seleccionados según la base de datos.

El rango de años para esta revisión sistemática parte desde el año 2017 al 2022, donde se aprecia que el año predominante es el 2021 con 10 artículos escogidos.

TABLA I
CANTIDAD DE ARTÍCULOS POR AÑO

Año de publicación	Número	porcentaje (%)
2017	2	9.52%
2018	2	9.52%
2019	4	19.04%
2020	2	9.52%
2021	10	47.62%
2022	1	4.76%
TOTAL	21	100%

Se utilizó el software biblioshiny para realizar un análisis bibliométrico de los 106 artículos seleccionados de la base de datos Scopus, donde se determinaron diferentes relaciones entre los artículos escogidos junto con los autores, revistas, palabras clave entre otros.

La producción de artículos generados anualmente entre el periodo del año 2017 al 2022, se aprecia que entre los años 2017 y 2019 existe una mayor cantidad de producción científica dentro de los 106 artículos. (Fig. 2)

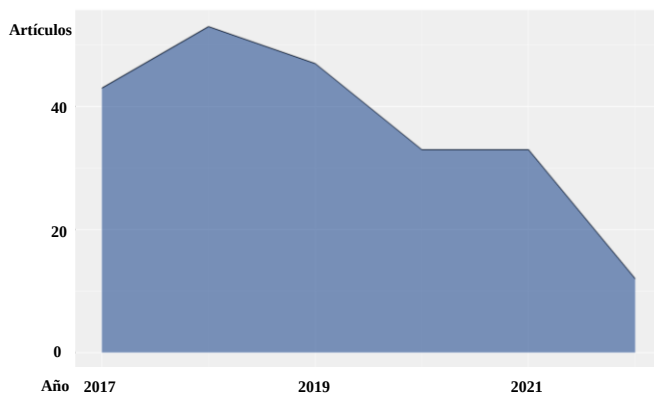


Fig. 2 Producción anual científica

Se determinó el promedio de citas realizadas en los artículos escogidos por año como indicador de calidad, donde hay predominancia de citas en los años 2017 y 2022. (Fig. 3)

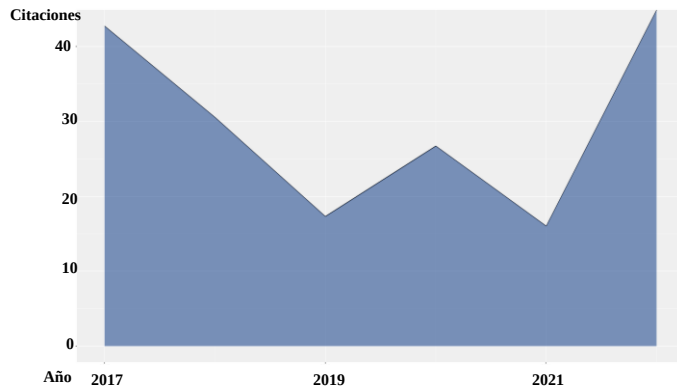


Fig. 3 Promedio de citas de artículos por año

La producción de los artículos científicos escogidos, donde se muestra que en los países de los continentes de América del Norte y Asia son los de mayor producción de artículos dando un total de 71 artículos. (Fig. 4)

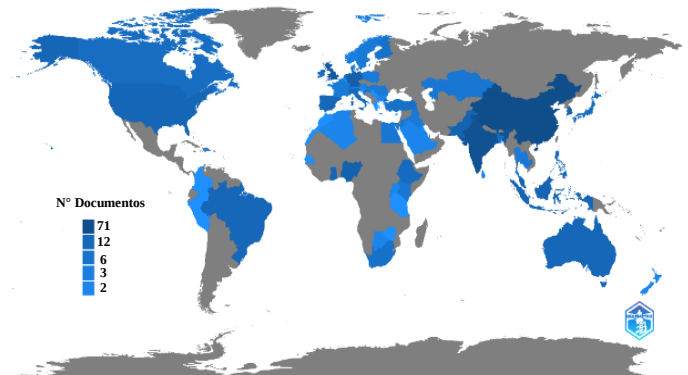


Fig. 4 Mapa de producción de artículos científicos por países

Los continentes que tienen más colaboraciones entre sí son Asia, Europa y América del Norte y viceversa. (Fig. 5)

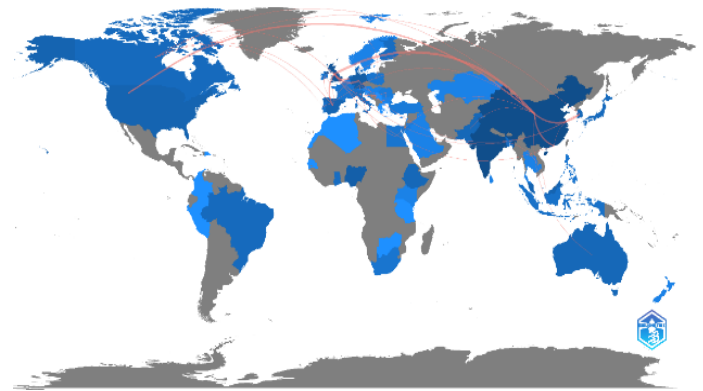


Fig. 5 Mapa de la colaboración por países

Los métodos más utilizados para el tratamiento de residuos sólidos en los 21 artículos escogidos son, el compostaje y vermicompostaje, seguido de la incineración de residuos para la generación de energía. (Fig. 6)

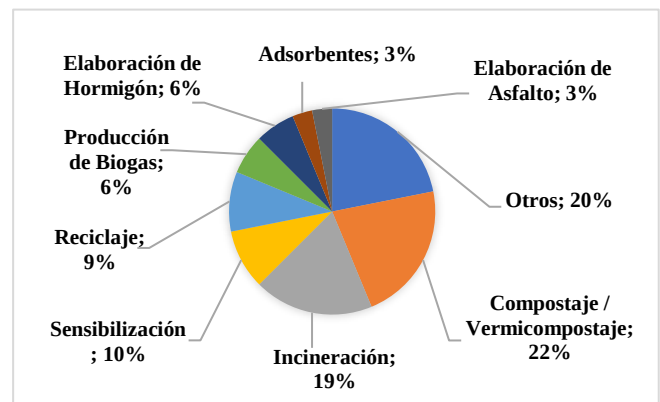


Fig. 6 Métodos aplicados para el tratamiento de residuos sólidos

El tipo de residuo que tiene mayores opciones de tratamiento en los 21 artículos escogidos, son los residuos sólidos municipales, los cuales se presentan en 9 artículos, seguido de los orgánicos con la presencia de 6 menciones de este tipo. (Fig. 7)

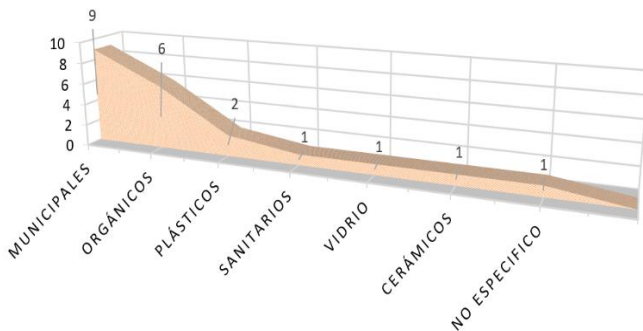


Fig. 7 Cantidad de artículos por tipo de residuo

La incineración para la generación de energía además del compostaje son los métodos más aplicados como tratamientos para residuos sólidos municipales en los artículos escogidos, siendo aplicado en 4 artículos, respectivamente.

TABLA II
MÉTODOS PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES

Artículo	Métodos aplicados
[16] [17] [19] [22]	Incineración
[18]	Sensibilización, educación ambiental
[20]	Compostaje, reciclaje
[21]	Sensibilización, compostaje
[23]	Sensibilización, compostaje, reciclaje
[24]	Compostaje

El método más aplicado en los artículos para el tratamiento de residuos sólidos orgánicos es el compostaje, mencionado en 3 artículos, seguido de la producción de biogás.

TABLA III
MÉTODOS PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS

Artículo	Método aplicado
[9]	Producción de ácidos grasos
[25]	Compostaje
[26] [27]	Producción de biogás a través de procesos anaerobios de digestión
[28]	Compostaje, incineración
[29]	Compostaje, vermicompostaje

Se mencionan los métodos para el tratamiento de los residuos sanitarios generados por la pandemia COVID-19 de los cuales resalta la esterilización y desinfección de residuos previos al tratamiento.

TABLA IV
MÉTODOS PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS DE LA COVID-19

Artículo	Método aplicado
[30]	• Reducción
	• Esterilización
	• Reciclaje
	• Sensibilización
[33]	• Desinfección
	• Segregación
	• Incinerar o reciclar

IV. DISCUSIÓN

La búsqueda realizada en el periodo del 2017-2022 donde se seleccionaron 21 artículos provenientes de las bases de datos Scopus y ScienceDirect, de acuerdo con los resultados se pudo apreciar que el 47.62% de estos son revisiones que fueron realizadas en el año 2021, dando a entender que el tema de los residuos sólidos es un tema de interés científico con grandes expectativas para un desarrollo sostenible.

La estrategia de economía circular para los plásticos considerados como elementos de bioseguridad durante la pandemia COVID-19 se basan en la reducción, el reciclaje y la valorización de estos [30]. Por otro lado, [31] se gestionan los residuos de plásticos reutilizándolos en el proceso de elaboración de asfalto ya que mejora la solidez, ahuellamiento y resistencia a la humedad.

[21] La sensibilización junto con el compostaje formaron parte del desarrollo de un sistema sostenible de gestión de residuos sólidos generados por 47 hogares, asimismo se le puede adicionar el reciclaje y la recuperación de recursos [23], por otro lado el 70 % de residuos son generados por la industria hotelera por lo que se propuso el compostaje de los restos alimenticios [24], además se emplea este método para el manejo de residuos sólidos orgánicos [29] que de igual manera es usado para los desperdicios de alimentos como economía circular [28] y para el tratamiento de bioplásticos aparte de la digestión anaeróbica [25].

Paralelamente, se encontraron dos artículos que mencionan el uso de los residuos para la producción de biogás, una de ellas usando los desechos de la piña a través de procesos anaerobios de digestión [26], y la otra por medio de la digestión anaeróbica de los desechos orgánicos, donde también se puede obtener biofertilizantes y de esta manera reducir los impactos ambientales [27].

Uno de los procedimientos sostenibles es la elaboración de hormigón en base a residuos sólidos como materia prima, [14] utilizando los restos de vidrio mientras que [32] también se considera el uso de restos de cerámicos. Por otro lado, [13] se opta por la aplicación de residuos sólidos en la elaboración de adsorbentes de metales pesados por medio de la modificación de nanomateriales en aguas contaminadas para la remediación de estas.

[16] La incineración de residuos sólidos es uno de los métodos más aceptados para la generación de energía al igual que el uso de residuos sólidos municipales [22] no obstante, se considera que el método fluidizado es el que presenta mayores ventajas [17] sin embargo, la técnica de combustión en parrilla es considerada una de las mejores tecnologías disponibles [19] por otra parte se obtuvo energía mediante la desinfección de los desechos sanitarios generados por la pandemia COVID-19 a través de dicho método [33].

V. CONCLUSIONES

Dentro de los 21 artículos seleccionados para la elaboración de esta revisión sistemática de la literatura se determinó que existe predominancia de estudios para el manejo de residuos sólidos municipales y orgánicos ya que se encontraron 9 y 6 artículos respectivamente, brindando más métodos de manejo de residuos mientras que, la minoría de estudios encontrados fueron del manejo de residuos plásticos y sanitarios.

Los métodos más utilizados para el tratamiento de residuos sólidos municipales son la incineración para la generación de energía renovable y el compostaje, mientras que en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos son el compostaje y la producción de biogás por medio de procesos anaerobios de digestión.

Para el manejo de residuos sanitarios generados por la pandemia COVID-19 el método más adecuado es la desinfección seguido de la incineración de estos para la obtención de energía. Además, los residuos de vidrio y cerámicos pueden reutilizarse como materia prima para la elaboración de hormigón, siendo esta una práctica sostenible.

No obstante, los métodos aplicados para el manejo de los residuos de plásticos son la reducción, el reciclaje y la valorización de estos además cabe resaltar que también pueden ser aplicados como materia prima para la elaboración de asfalto.

Por último, se recomienda dar mayor interés en las investigaciones sobre los tratamientos de los residuos sólidos, debido a que estas tienen varias aplicaciones sostenibles que pueden ser de gran utilidad no solo por el hecho de contribuir con el planeta sino también porque pueden ser alternativas más eficientes, y formar parte de la economía circular.

REFERENCES

[1] de Souza Corrêa, R., de Oliveira, U. R., Abdalla, M. M., & Fernandes, V. A. (2022). Systematic literature review on sustainable products: Impact on organizations, research opportunities and future perspectives. *Cleaner Waste Systems*, 1, 100003. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.clwas.2022.100003>

[2] Torres, A., Simoni, M. U., Keiding, J. K., Müller, D. B., zu Ermgassen, S. O. S. E., Liu, J., Jaeger, J. A. G., Winter, M., & Lambin, E. F. (2021). Sustainability of the global sand system in the Anthropocene. *One Earth*, 4(5), 639–650. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.04.011>

[3] Mohd Hasan, M. R., Chew, J.-W., Jamshidi, A., Yang, X., & Hamzah, M. O. (2019). Review of sustainability, pretreatment, and engineering considerations of asphalt modifiers from the industrial solid wastes. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 6(3), 209–244. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jtte.2018.08.001>

[4] Adusei-Gyamfi, J., Boateng, K. S., Sulemana, A., & Hogarh, J. N. (2022). Post COVID-19 recovery: Challenges and opportunities for solid waste management in Africa. *Environmental Challenges*, 6, 100442. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envc.2022.100442>

[5] Ezechi, E. H., Nwabuko, C. G., Enyinnaya, O. C., & Babington, C. J. (2017). Municipal solid waste management in Aba, Nigeria: Challenges and prospects. *Environmental Engineering Research*, 22(3), 231–236. <https://doi.org/10.4491/eeer.2017.100>

[6] Carlos-Alberola, M., Izquierdo, A. G., Colomer-Mendoza, F. J., & Barreda-Albert, E. (2021). Design of a municipal solidwaste collection system in situations with a lack of resources: Nikki (Benin), A case in Africa. *Sustainability (Switzerland)*, 13(4), 1–12. <https://doi.org/10.3390/su13041785>

[7] Iacovidou, E., Velis, C. A., Purnell, P., Zwirner, O., Brown, A., Hahladakis, J., Millward-Hopkins, J., & Williams, P. T. (2017). Metrics for optimising the multi-dimensional value of resources recovered from waste in a circular economy: A critical review. *Journal of Cleaner Production*, 166, 910–938. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.07.100>

[8] Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 221–232. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>

[9] Strazzer, G., Battista, F., Garcia, N. H., Frison, N., & Bolzonella, D. (2018a). Volatile fatty acids production from food wastes for biorefinery platforms: A review. *Journal of Environmental Management*, 226, 278–288. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.08.039>

[10] Hahladakis, J. N., Velis, C. A., Weber, R., Iacovidou, E., & Purnell, P. (2018). An overview of chemical additives present in plastics: Migration, release, fate and environmental impact during their use, disposal and recycling. *Journal of Hazardous Materials*, 344, 179–199. <https://doi.org/10.1016/J.JHAZMAT.2017.10.014>

[11] Ribić, B., Voća, N., & Ilakovac, B. (2017). Concept of sustainable waste management in the city of Zagreb: Towards the implementation of circular economy approach. *Journal of the Air and Waste Management Association*, 67(2), 241–259. <https://doi.org/10.1080/10962247.2016.1229700>

[12] Khaleque, A., Alam, M. M., Hoque, M., Mondal, S., Haider, J. bin, Xu, B., Johir, M. A. H., Karmakar, A. K., Zhou, J. L., Ahmed, M. B., & Moni, M. A. (2020). Zeolite synthesis from low-cost materials and environmental applications: A review. *Environmental Advances*, 2, 100019. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envadv.2020.100019>

[13] Agasti, N. (2021). Decontamination of heavy metal ions from water by composites prepared from waste. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*, 4, 100088. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.crgsc.2021.100088>

[14] Islam, G. M. S., Rahman, M. H., & Kazi, N. (2017). Waste glass powder as partial replacement of cement for sustainable concrete practice. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 6(1), 37–44. <https://doi.org/10.1016/j.ijsbe.2016.10.005>

[15] Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D., & Prisma Group. (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *Annals of Internal Medicine*, 151(4), 264. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-151-4-200908180-00135>

[16] Al-Ghouti, M. A., Khan, M., Nasser, M. S., Al-Saad, K., & Heng, O. E. (2021). Recent advances and applications of municipal solid wastes bottom and fly ashes: Insights into sustainable management and conservation of resources. *Environmental Technology & Innovation*, 21, 101267. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.eti.2020.101267>

- [17] Leckner, B., & Lind, F. (2020). Combustion of municipal solid waste in fluidized bed or on grate – A comparison. *Waste Management*, 109, 94–108. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.04.050>
- [18] al Lahou, A., & Alsabbagh, M. (2019). Assessment of municipal solid waste management in the state of Kuwait. *International Journal of Environmental Science and Development*, 10(2), 51–56. <https://doi.org/10.18178/ijesd.2019.10.2.1145>
- [19] Hoang, Q. N., Vanierschot, M., Blondeau, J., Croymans, T., Pittoors, R., & van Caneghem, J. (2021). Review of numerical studies on thermal treatment of municipal solid waste in packed bed combustion. *Fuel Communications*, 7, 100013. <https://doi.org/10.1016/j.fueco.2021.100013>
- [20] Anggraini, N., Muis, R., Ariani, F., Yunus, S., & Syafri. (2021). Model of solid waste management (SWM) in coastal slum settlement: evidence for Makassar City. *Nature Environment and Pollution Technology*, 20(2), 459–466. <https://doi.org/10.46488/NEPT.2021.v20i02.002>
- [21] Rawat, S., & Daverey, A. (2018). Characterization of household solid waste and current status of municipal waste management in Rishikesh, Uttarakhand. *Environmental Engineering Research*, 23(3), 323–329. <https://doi.org/10.4491/eer.2017.175>
- [22] Shahzad, S., Butt, A., Anwar, S., Ahmad, S. R., Sarwar, T., & Asghar, N. (2017). Municipal solid waste as a renewable source of energy: An overview from the Lahore district in Punjab, Pakistan. *Polish Journal of Environmental Studies*, 26(6), 2721–2730. <https://doi.org/10.15244/pjoes/69143>
- [23] Joseph, F. G., Folorunsho, J. O., Yusuf, Y. O., & Aruya, E. I. (2020). Assessment of solid waste management techniques in Maitama, Abuja, Nigeria. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 15(2), 227–233. <https://doi.org/10.18280/ijstdp.150213>
- [24] Sekito, T., Dote, Y., & Hindarman, R. R. (2019). Solid waste flow and composition determination for sustainable waste management in Gili Trawangan, Indonesia. *SN Applied Sciences*, 1(11). <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1369-4>
- [25] Ruggero, F., Gori, R., & Lubello, C. (2019). Methodologies to assess biodegradation of bioplastics during aerobic composting and anaerobic digestion: A review. *Waste Management and Research*, 37(10), 959–975. <https://doi.org/10.1177/0734242X19854127>
- [26] Baidhe, E., Kigozi, J., Mukisa, I., Muyanja, C., Namubiru, L., & Kitarikawe, B. (2021). Unearthing the potential of solid waste generated along the pineapple drying process line in Uganda: A review. *Environmental Challenges*, 2, 100012. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2020.100012>
- [27] Tait, S., Harris, P. W., & McCabe, B. K. (2021). Biogas recovery by anaerobic digestion of Australian agro-industry waste: A review. *Journal of Cleaner Production*, 299, 126876. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126876>
- [28] Storch, P. C., Jeswani, H. K., Cuéllar-Franca, R., & Azapagic, A. (2019). Environmental and economic implications of recovering resources from food waste in a circular economy. *Science of the Total Environment*, 693. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2019.07.322>
- [29] Alshehrei, F., & Ameen, F. (2021). Vermicomposting: A management tool to mitigate solid waste. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(6), 3284–3293. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.02.072>
- [30] Parashar, N., & Hait, S. (2021). Plastics in the time of COVID-19 pandemic: Protector or polluter? *Science of the Total Environment*, 759. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2020.144274>
- [31] Ma, Y., Zhou, H., Jiang, X., Polaczyk, P., Xiao, R., Zhang, M., & Huang, B. (2021). The utilization of waste plastics in asphalt pavements: A review. *Cleaner Materials*, 2, 100031. <https://doi.org/10.1016/j.clema.2021.100031>
- [32] Meena, R. V., Jain, J. K., Chouhan, H. S., & Beniwal, A. S. (2022). Use of waste ceramics to produce sustainable concrete: A review. *Cleaner Materials*, 4, 100085. <https://doi.org/10.1016/j.clema.2022.100085>
- [33] Das, A. K., Islam, Md. N., Billah, Md. M., & Sarker, A. (2021). COVID-19 pandemic and healthcare solid waste management strategy – A mini-review. *Science of The Total Environment*, 778, 146220. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146220>