

Modelos para la gestión de residuos sólidos municipales: Una revisión general sobre el estado de arte

Models for the management of municipal solid waste: A general review of the state of the art

Nelly Cecilia Rojas Gonzáles 

Universidad César Vallejo, Perú

nrojas@contigo.munichiclayo.gob.pe

Fiorela Anaí Fernández Otoyá 

Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Perú

ffernandez@usat.edu.pe

Maryuri García González 

Universidad de La Habana, Cuba

maryuriarciagonzalez@gmail.com

Amado Fernández Cueva 

Universidad César Vallejo, Perú

fcuevaa@ucvvirtual.edu.pe

Fecha de enviado: 30/10/2022

Fecha de aprobado: 08/06/2023

RESUMEN: Esta investigación tiene como objetivo identificar los modelos aplicados en la gestión de residuos sólidos municipales. Para ello se realizó una búsqueda en la base de datos Scopus y se procedió al análisis bibliométrico utilizando para el análisis semántico el VOS Viewer. Los artículos identificados pertenecen a las áreas de ciencia medioambiental, energía, ingeniería química, ciencias sociales y medicina. Predominan las palabras clave como sostenibilidad, reciclaje, tecnologías, cultura, políticas, economía circular, ciclo de vida de los residuos y gobernanza aplicados a la gestión de residuos sólidos, entre otras. Como resultado se resalta la relevancia de las sinergias entre los ciudadanos y la empresa privada los cuales tienen un rol importante en el abordaje de este fenómeno para mejorar el servicio y así resolver los problemas de financiamiento e infraestructura. así como y trabajar juntos para buscar las mejores alternativas de solución.

PALABRAS CLAVE: análisis bibliométrico; estrategia; modelos; gestión de residuos sólidos.

ABSTRACT: This investigation aims to identify the models applied in the management of municipal solid waste. For this purpose, a search was carried out on the Scopus database and the bibliometric analysis was carried out using the VOS Viewer for the semantic analysis. The identified articles belong to the areas of environmental science, energy, chemical engineering, social sciences and medicine. Key words such as sustainability, recycling, technologies, culture, policies, circular economy, waste life cycle and governance applied to solid waste management, among others, predominate. As a result, the relevance of the synergies between citizens and the private company is highlighted, as they play an important role in addressing this phenomenon to improve the service and thus solve the problems of financing and infrastructure. así how and work together to seek the best solution alternatives.

KEYWORDS: bibliometric analysis; strategy; models; solid waste management

Nelly C. Rojas Gonzalez, Fiorela A. Fernández Otoya, Maryury García González, Amado Fernández Cueva

En esta investigación bibliométrica se estima el abordaje del modelo y estrategia que se aplica en algunos países y ciudades en la gestión de residuos sólidos municipales, de la revisión se desprende la pregunta ¿cuál es el modelo o estrategia de gestión que aplican los municipios y qué resultados se han obtenido?

El objetivo de la presente revisión es determinar el estado del arte en el tema de los modelos y estrategias de gestión municipal en este servicio, lo que se justifica por la relevancia en lo teórico en cada ciencia pertinente en el tratamiento y procesos que se realizan para la prestación debida; en lo social, es importante porque está la salud de las personas y la conservación del ambiente; para las instituciones municipales es trascendente resolver los problemas de gobernanza y gobernabilidad que se presentan en la brecha del servicio.

Métodos

La investigación se ha desarrollado en dos etapas. La primera, consta de un análisis bibliométrico sobre el tema de modelo y estrategia de gestión integral de residuos sólidos municipales y la segunda, es una revisión analítica de la literatura más relevante sobre el fenómeno.

Para la exploración bibliográfica respecto al fenómeno se realizó un argumento de búsqueda

en la base de datos de Scopus. El protocolo de búsqueda se aplicó en el mes de julio del 2022 con la siguiente estructura: (TITLE-ABS-KEY ("Management Model") OR TITLE-ABS-KEY (strategy) AND TITLE-ABS-KEY ("Municipal solid waste")).

Se identificaron hasta el año 2021 un registro de dos mil once documentos, los cuales se sometieron al análisis bibliométrico, considerando las categorías de evolución de las publicaciones por año, por autores, áreas del conocimiento, por afiliación y por países.

La exportación de la data en formato separado por comas permitió integrar la información al programa VOS Viewer con el que se realizó el análisis de co-ocurrencias de los términos clave, como una exploración de la temática asociada al tema de referencia.

Para la revisión analítica de los documentos más relevantes de la data, se realizaron lecturas a texto completo de los artículos relevantes que permitió identificar categorías de enfoques de los modelos y estrategias.

Resultados del analisis bibliométrico

El analisis realizado permitió identificar que desde el año 1976 existen documentos sobre la materia, y es a partir del año 2016 que se tiene mayor producción (ver figura 1).

Nelly C. Rojas Gonzalez, Fiorela A. Fernández Otoya, Maryury García González, Amado Fernández Cueva

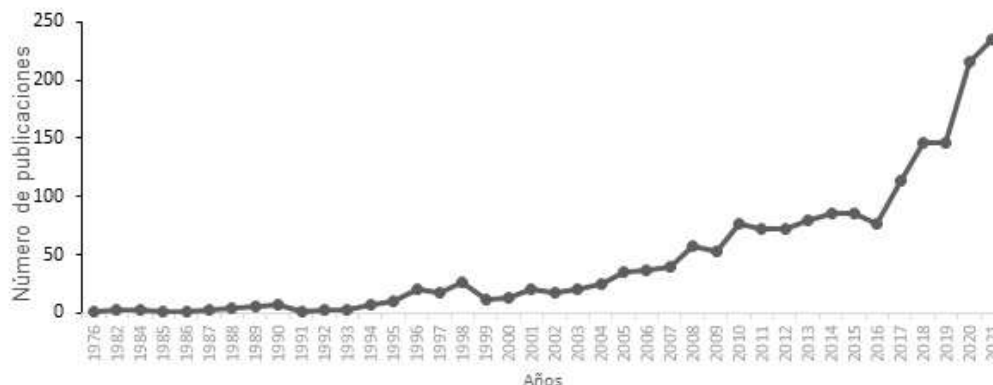


Figura 1. Publicaciones anuales en Scopus 1976-2021.

Se pudo conocer que en relación con las áreas de conocimiento la mayor producción corresponde a las ciencias ambientales, tendencia que continúa a la actualidad. Con respecto a las

ciencias sociales se viene incrementando el interés en este asunto por parte de los investigadores y académicos (ver figura 2).

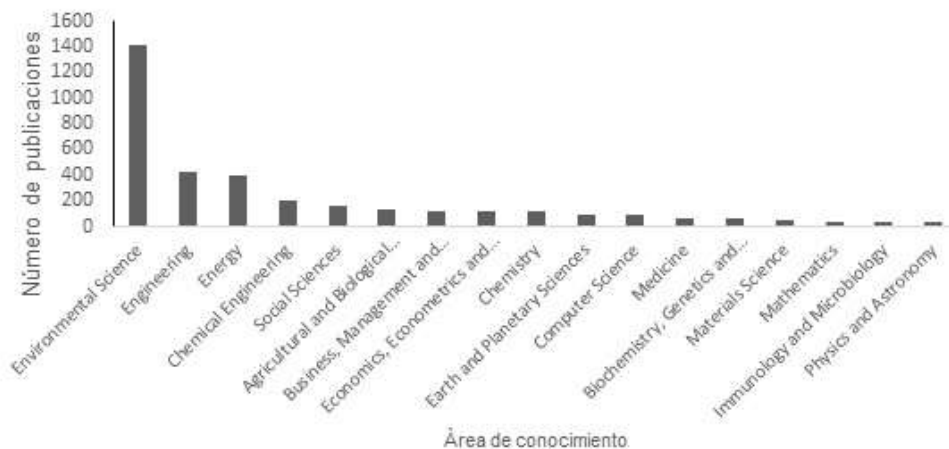


Figura 2. Publicaciones por áreas de conocimiento.

Por otra parte, en relación a las publicaciones por tipo de documento, se pudo conocer que hay mayor número de artículos publicados y en

menor proporción son los artículos revisados (ver figura 3).

Nelly C. Rojas Gonzalez, Fiorela A. Fernández Otoya, Maryury García González, Amado Fernández Cueva

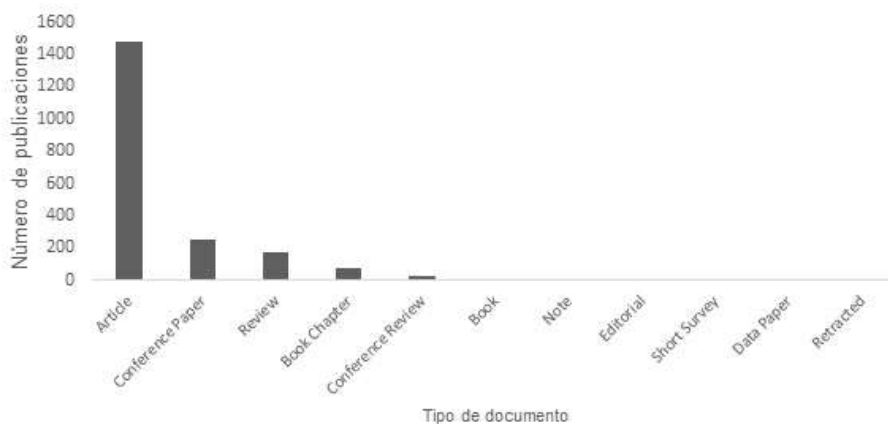


Figura 3 Publicaciones por tipo de documento.

Con relación a los países con más publicaciones sobre el tema de estudio se

destacan China, Italia, Estados Unidos, Australia y Alemania (ver figura 4).

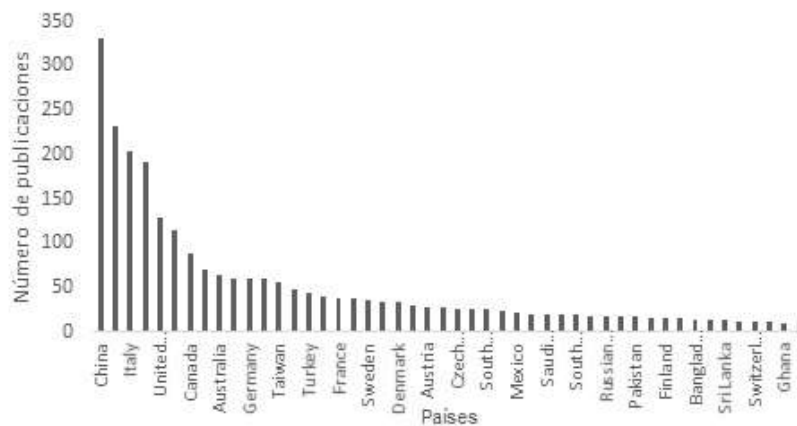


Figura 4. Publicaciones por países.

En cuanto a la semántica en el abordaje teórico conceptual de la gestión de residuos sólidos, existen marcadas tendencias a los temas de reciclaje, emisión de gases, eficiencia, eficacia, decisiones gubernamentales, desarrollo mundial, economía circular, humano y gestión municipal.

Como se puede observar en las figuras 5 y 6 la información de Scopus procesada mediante el programa VOS Viewer refleja un esquema visual que está constituido en base a los términos claves encontrados en las diversas publicaciones. Además, los científicos investigan sobre temas de reciclaje, vertederos,

Nelly C. Rojas Gonzalez, Fiorela A. Fernández Otoya, Maryury García González, Amado Fernández Cueva

Revisión analítica de la literatura

En relación con el análisis del estado del arte en los diversos enfoques como el ciclo de vida y la dinámica de los sistemas, estos aportes consisten en el tratamiento y desecho de los residuos sólidos municipales (RSM), para producir energía en base de los procesos de recolección, incineración, compostaje y vertido.

Al evaluar la sostenibilidad de las municipalidades de la región del Golfo se identificó que tienen problemas en esta gestión, y dos de ellas aplicaron un modelo jerárquico basado en Simulink-MATLAB que se aplica en los diferentes niveles para medir el rendimiento en el servicio, es decir, es un modelo gerencial e intermunicipal, bastante práctico en la toma de decisiones y en la mejora continua (Alhumid et al., 2019).

En otro de los estudios analizados se da el caso del Sur de China, el cual presenta en vez de modelo algunas estrategias que parten de un estudio económico y social, en el que se estudia el crecimiento económico y las acciones sociales para predecir la generación de los residuos en estudio. Esta investigación tiende a la estrategia de la incineración desde el año 2022 al 2030 (Lu et al., 2021).

Por otra parte, en una gobernación en Egipto, al igual que en los países en desarrollo, presenta problemas y procesos similares en esta gestión. Después de la evaluación del servicio se aplicó el modelo de optimización MILP. Los egipcios evaluaron las plantas de reciclaje, la eficiencia de los costos variables y la ubicación de estos, y consideran en un futuro la generación de energía (Shaban et al., 2022).

Una investigación en Tailandia hizo la evaluación de dos modelos con indicadores

económicos, ambiental y social. Posteriormente eligieron el primer modelo que requiere menor inversión, genera más ingresos por la venta de reciclaje y chatarra y por lo tanto, mejora el empleo (Boonthavornsatien & Wiwattanadete, 2019).

En este contexto, los países en desarrollo son los más afectados en los aspectos ambientales, financieros y sociales con la generación de esta clase de residuos y los servicios que prestan las municipalidades. En un estudio comparativo realizado en una ciudad de Suiza y otra en Brasil se aplicó una herramienta de mapeo (VSM), el cual requiere de una excelente aplicación de la planificación para obtener mejores resultados en los temas que son vulnerados estos países (Ghesla et al., 2018).

En una ciudad de Canadá, implementaron una estrategia para lograr cero residuos sólidos que parte de un modelo de planeación estratégica que permite identificar la fuente de generación de RSM. Se obtuvo un resultado de mejora en el servicio, basado en regresión lineal y no lineal (Islam et al., 2022).

En varias ciudades de los países en desarrollo se opta por dos estrategias, siendo el común denominador el diagnóstico aniegos por RS y el compromiso de los vecinos, por lo que, se estima econométricamente los indicadores de referencia (limpieza percibida del vecindario, métodos de eliminación de desechos domésticos y segregación de desechos en la fuente) de una encuesta previa a la intervención con datos de dos rondas de encuestas posteriores a la intervención. Los resultados del análisis de los datos del panel de los hogares indican que la intervención aumentó la limpieza del vecindario y motivó a los hogares tratados a desechar sus

Nelly C. Rojas Gonzalez, Fiorela A. Fernández Otoya, Maryury García González, Amado Fernández Cueva

desechos de manera adecuada a través de los recolectores de desechos. Sin embargo, la intervención no aumentó la segregación de residuos domésticos en la fuente, lo que posiblemente se deba a que los recolectores de residuos municipales mezclan residuos segregados y no segregados durante la recolección. La segregación en la fuente, un requisito previo para la gestión eficiente de los residuos sólidos municipales, puede mejorar si los municipios organizan la recogida y gestión de residuos degradables y no degradables por separado (Bena et al., 2019).

Por ejemplo, en Hong Kong, se consideran los factores clave de los indicadores de referencia, los factores socioeconómicos, la fuerza impulsora y la comunicación de la política de residuos sólidos urbanos (RSU), también se desarrollan opciones y perspectivas propicias para el intento de proporcionar información para reestructurar los RSU y la gobernanza en la próxima década. En primer lugar, el gobierno puede generar la innovación estratégica a partir de un caso de referencia mundial: gestión de residuos sólidos municipales (GRSM) y mejora de la gobernanza a partir del caso de Corea del Sur. En segundo lugar, puede crear oportunidades y condiciones para desarrollar biocombustibles de alto valor a partir de desechos a través de la formulación e implementación de políticas ambientales locales flexibles. Por último, puede cambiar un GRSM de primera línea para la reforma de la estructura de gobierno (Lee, 2020).

Los beneficios económicos de las actividades de reciclaje por parte de la comunidad también resultaron en una reducción del 30 % de los desechos generados. Este esquema de gestión

comunitaria de residuos sólidos (GCRS) no solo ahorra el presupuesto del gobierno en recolección, transporte y eliminación de desechos, sino que también extiende la vida útil de los vertederos locales como sitios de disposición final.

De la misma manera que lo hace Alemania, Indonesia podría realizar cambios positivos en su política ambiental y regulación de RSM al integrar el paradigma de economía circular en sus prácticas de GRSM a través de la implementación de instrumentos económicos y la adhesión al Estado de derecho. Y es que una gestión de residuos sólidos municipales en Indonesia podría desempeñar un papel importante en la promoción de la eficacia del desarrollo urbano con enfoques de recuperación de recursos para facilitar su transición hacia una economía circular en todo el país a largo plazo (Kurniawan et al., 2020).

La pandemia de COVID-19 ha dejado un impacto duradero en casi todos los aspectos de la vida en la sociedad y también ha generado preocupaciones sobre los riesgos de contaminación asociados con la gestión de desechos. En este sentido, este estudio presenta una revisión sobre las principales recomendaciones relacionadas con el manejo de los residuos sólidos urbanos durante la pandemia. Las recomendaciones fueron clasificadas según el público objetivo y se discute su aplicabilidad a la realidad brasileña (Penteado & Castro, 2021).

Discusión

En relación con el análisis del estado del arte se realiza la lectura de los artículos más importantes en el tema analizado, con relación a

Nelly C. Rojas Gonzalez, Fiorela A. Fernández Otoya, Maryury García González, Amado Fernández Cueva

los diversos enfoques como el ciclo de vida y la dinámica de los sistemas que estos aportes consisten en el tratamiento y desecho de los residuos sólidos municipales, para producir energía en base de los procesos de recolección, incineración, compostaje y vertido; evaluando la sostenibilidad de las prácticas de la gestión integral de residuos sólidos (GIRSM) (Richard et al., 2021; Lu et al., 2021; Pujara et al., 2019).

En otro estudio se destaca el modelo de ciclo de vida, el tiempo del ciclo de vida y la dinámica de sistemas. Este análisis brinda nuevos conocimientos para los formuladores de políticas con respecto a la gestión óptima de RSM, analizando el impacto del calentamiento global, acidificación, la eutrofización y la salud humana en la evaluación del ciclo de vida (Lu et al., 2021; Nhubu & Muzenda, 2019).

La estrategia de las sinergias se desenvuelve en cuatro aspectos: desafiantes dentro del sector público; potenciales mediante el sector privado; sinergias con una asociación y con otras asociaciones; y también la sociedad con diversos intereses. En cuanto a la sinergia significa unirse para trabajar juntos en este fenómeno (Jotaworn et al., 2021). El método «mejor-peor» se propone en el aspecto integral para evaluar y filtrar el escenario óptimo en el peso de cada criterio en el escenario de la eliminación de los RSM (Panepinto & Zanetti, 2021; Li et al., 2019).

Como otros aportes tenemos las herramientas ambientales económicas, que son balances de masa y energía en los aspectos ambientales; en lo económico son instrumentos convencionales, utilizando índices para las evaluaciones (Panepinto & Zanetti, 2021).

Igualmente, como aportes están los métodos técnicos que involucran tecnologías; y la

digestión anaeróbica, que en este proceso se genera combustible para ser usado con industriales y residenciales (Habib et al., 2021; Ayvaz-Cavdaroglu et al., 2019). El método de Fukoka en los rellenos sanitarios existentes para capturar lixiviados sin grandes gastos, que contribuye a evitar el calentamiento global (Doaemo et al., 2021).

El enfoque mixto es el que se enfatiza en mayor proporción, y que utiliza observaciones de campo, entrevistas semiestructuradas y datos secundarios para recopilación de datos (Saja et al., 2021; Habib et al., 2021; Nhubu & Muzenda, 2019). En las rutas cuantitativas tenemos el análisis matemático e indicadores (Panepinto & Zanetti, 2021; Ayvaz-Cavdaroglu et al., 2019); en lo cualitativo se muestran los estudios de la epidemia de COVID-19 y la gestión de RSM (Torkashvand et al., 2021; Yousefi et al., 2021).

En las críticas a la GIRSM los científicos abordan los procesos actuales de la gestión que realizan en los países en desarrollo. Estos problemas radican en desconocimiento, falta de financiamiento, la inadecuada infraestructura que se observa en las ciudades (Camarillo & Bellotindos, 2021; Saja et al., 2021; Habib et al., 2021; Torkashvand et al. 2021). Además, se analizan las estrategias bajo varios escenarios para resolver los problemas que generan los procesos llevados hasta el momento por las ciudades y como alternativas de solución en cada realidad y que actualmente se tiene que hacer frente a la epidemia COVID-19 y el cambio que está vigente en la gestión de RSM (Abis et al., 2020; Camarillo & Bellotindos, 2021; Vaverková et al., 2021).

Entre otras estrategias de gestión que están muy relacionadas con el desarrollo económico

Nelly C. Rojas Gonzalez, Fiorela A. Fernández Otoya, Maryury García González, Amado Fernández Cueva

de los países desarrollados es que fundamentan la gestión de RSM basados en el reciclaje y en las plantas generadoras de energía. Al contrario de los países en desarrollo que lo realizan mediante el recojo y los desechos en vertederos (Abis et al., 2020).

Se requiere que la implementación de la recolección sea separada para obtener un mejor servicio y así cumplir con todos los requerimientos del reciclaje, por tanto las entidades deben estar preparadas para esta ejecución debido a los altos costos de inversión para el tratamiento de los residuos sólidos. Se añade que bajo instrumentos económicos se presentan en tres soluciones depósito o infraestructura, esquemas para envases de plásticos, precios de productos y tarifas flexibles por residuo, el aporte importante es sobre la investigación en los métodos aplicados para la recogida y el tratamiento de una fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos con digestión anaeróbica, incluidos los efectos de la introducción de un sistema de recogida selectiva de residuos (Seruga, 2021).

En el abordaje de la gobernanza en el servicio se valora el compromiso del personal en los cargos de supervisores y recolectores de residuos, lo que constituye un importante éxito de la gestión. Se debe organizar talleres de capacitación y formación para aprender sobre la recolección de residuos, el compostaje y vertido de residuos. Se destaca que las condiciones de salud del personal que labora en esta área deben ser monitoreado por clínicas médicas regulares, también, se les debe proporcionar todas las herramientas de seguridad y uniformes los que deben usar de forma obligatoria durante estas labores.

Los aspectos con mayor aplazamiento son la inclusión en los servicios de proveedores y la congruencia del marco legal, las normativas y las políticas actuales que no prevén la incorporación de servicios privados e informales en el servicio de la GIRSM, lo que constituye un gran reto es el cambio de actitud de las políticas públicas con relación a la informalidad (Saja et al., 2021; Gutiérrez et al., 2019).

Conclusiones

Los modelos para la solución de los problemas en la gestión integral de residuos sólidos municipales es un tema que se viene tomando en consideración desde el año 1976, y a partir del 2016 se inicia el abordaje con mayor énfasis por parte de los investigadores. Estos resultados específicamente se exponen en conferencias, libros, editoriales, revisiones y en un mayor porcentaje en artículos.

Dentro de las áreas de estudio se encuentran las ciencias ambientales, energía, ingeniería, ciencias sociales, ciencias de la computación, economía y medicina, entre otros. Los países que lideran estas publicaciones son: China, Italia, Estados Unidos, Canadá, Australia, Alemania, Turkia, India y otros.

Con relación al tema analizado se observa que algunos estudios realizan el diagnóstico y detectan problemas que ponen en evidencia las deficiencias del servicio en cuanto corresponde al proceso. En los estudios analizados se destacan los mejores resultados que se deben obtener en cuanto a la disminución de los efectos de las externalidades negativas en el medio ambiente y para evitar el calentamiento global.

Nelly C. Rojas Gonzalez, Fiorela A. Fernández Otoya, Maryury García González, Amado Fernández Cueva

En lo precedente se tienen varios modelos y enfoques metodológicos y técnicos que generan combustible para uso en las viviendas e industrias; y en efecto, para la generación de electricidad; además, las estrategias de gestión de los RSM están relacionadas con el desarrollo económico. Es decir, los Estados que tienen el producto bruto interno más alto prefieren los procesos basados en el reciclaje y las plantas de energía; que a diferencia de los países en desarrollo optan por la eliminación de los residuos en vertederos.

A partir del año 2020 se viene dando un cambio en el fenómeno estudiado debido a los residuos generados por la epidemia del COVID-19 y la modificación de la situación vivencial en las familias. Uno de los motivos de la modificación en el comportamiento es para evitar la propagación de los contagios, y por tanto lo más afectado fue el reciclaje de residuos.

A pesar de todos estos problemas se enfatizan las estrategias que deben considerar las gestiones municipales en cuanto se refiere a las sinergias y que tienen un rol importante en la sociedad, el sector privado y el sector público. Estas sinergias tienen importancia para mejorar el servicio e ir resolviendo los problemas de financiamiento, infraestructura y trabajar juntos para buscar las mejores alternativas de solución.

Referencias bibliográficas

- Abis, M., Bruno, M., Kuchta, K., Simon, F. G., Grönholm, R., Hoppe, M. & Fiore, S. (2020). Assessment of the synergy between recycling and thermal treatments in municipal solid waste management in Europe. *Energies*, 13(23). <https://doi.org/10.3390/EN13236412>
- Alhumid, H. A., Haider, H., Alsaleem, S. S., Alinizzi, M., Shafiqzaman, M. & Sadiq, R. (2019). Performance assessment model for municipal solid waste management systems: Development and implementation. *Environments - MDPI*, 6(2). <https://doi.org/10.3390/environments6020019>
- Ayvaz-Cavdaroglu, N., Coban, A. & Firtina-Ertis, I. (2019). Municipal solid waste management via mathematical modeling: A case study in İstanbul, Turkey. *Journal of Environmental Management*, 244, 362–369. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2019.05.065>
- Bena, A., Gandini, M., Cadum, E., Procopio, E., Salamina, G., Oreggia, M. & Farina, E. (2019). Risk perception in the population living near the Turin municipal solid waste incineration plant: Survey results before start-up and communication strategies. *BMC Public Health*, 19(1). <https://doi.org/10.1186/s12889-019-6808-z>
- Boonthavornsatien, S. & Wiwattanadate, D. (2019). Sustainable transition models for municipal solid waste management: A case study of saraburi provincial administration organization, Thailand. *Applied Environmental Research*, 41(2), 41–53. <https://doi.org/10.35762/AER.2019.41.2.4>
- Camarillo, M. E. C. & Bellotindos, L. M. (2021). A study of policy implementation and community participation in the municipal solid waste management in the philippines. *Applied Environmental Research*, 43(2), 30–45. <https://doi.org/10.35762/AER.2021.43.2.3>
- Doaemo, W., Dhiman, S., Borovskis, A., Zhang, W., Bhat, S., Jaipuria, S. & Betasolo, M. (2021). Assessment of municipal solid waste management system in Lae City, Papua New Guinea in the context of sustainable development. *Environment, Development and Sustainability*. <https://doi.org/10.1007/S10668-021-01465-2>

Nelly C. Rojas Gonzalez, Fiorela A. Fernández Otoya, Maryury García González, Amado Fernández Cueva

- Ghesla, P. L., Gomes, L. P., Caetano, M. O., Miranda, L. A. S. & Dai-Prá, L. B. (2018). Municipal solid waste management from the experience of São Leopoldo/Brazil and Zurich/Switzerland. *Sustainability*, 10(10). <https://doi.org/10.3390/su10103716>
- Gutiérrez Galicia, F., Coria Páez, A. L. & Tejeida Padilla, R. (2019). A study and factor identification of municipal solid waste management in Mexico City. *Sustainability*, 11(22). <https://doi.org/10.3390/SU11226305>
- Habib, M. A., Ahmed, M. M., Aziz, M., Beg, M. R. A. & Hoque, M. E. (2021). Municipal solid waste management and waste-to-energy potential from rajshahi city corporation in Bangladesh. *Applied Sciences*, 11(9). <https://doi.org/10.3390/APP11093744>
- Islam, M. R., Kabir, G., Ng, K. T. W. & Ali, S. M. (2022). Yard waste prediction from estimated municipal solid waste using the grey theory to achieve a zero-waste strategy. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(31), 46859–46874. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19178-y>
- Jotaworn, S., Nitivattananon, V., Kusakabe, K. & Xue, W. (2021). Partnership towards synergistic municipal solid waste management services in a coastal tourism sub-region. *Sustainability*, 13(1), 1–25. <https://doi.org/10.3390/SU13010397>
- Kurniawan, T. A., Avtar, R., Singh, D., Xue, W., Dzarfan Othman, M. H., Hwang, G. H., Iswanto, I., Albadarin, A. B. & Kern, A. O. (2020). Reforming MSWM in Sukunan (Yogyakarta, Indonesia): A case-study of applying a zero-waste approach based on circular economy paradigm. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124775>
- Lee, D. S. (2020). Restructuring municipal solid waste management and governance in Hong Kong: Options and prospects. *Waste Management and Research*, 38 (9), 1047–1063). <https://doi.org/10.1177/0734242X20945185>
- Lu, D., Iqbal, A., Zan, F., Liu, X. & Chen, G. (2021). Life-cycle-based greenhouse gas, energy, and economic analysis of municipal solid waste management using system dynamics model. *Sustainability*, 13(4), 1–19. <https://doi.org/10.3390/SU13041641>
- Nhubu, T. & Muzenda, E. (2019). Determination of the least impactful municipal solid waste management option in Harare, Zimbabwe. *Processes*, 7(11). <https://doi.org/10.3390/PR7110785>
- Panepinto, D. & Zanetti, M. (2021). Technical and environmental comparison among different municipal solid waste management scenarios. *Sustainability*, 13(6). <https://doi.org/10.3390/SU13063167>
- Penteado, C. S. G. & Castro, M. A. S. de. (2021). Covid-19 effects on municipal solid waste management: What can effectively be done in the Brazilian scenario? *Resources, Conservation and Recycling*, 164). <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105152>
- Pujara, Y., Pathak, P., Sharma, A. & Govani, J. (2019). Review on Indian Municipal Solid Waste Management practices for reduction of environmental impacts to achieve sustainable development goals. *Journal of Environmental Management*, 248. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2019.07.009>
- Richard, E. N., Hilonga, A., Machunda, R. L. & Njau, K. N. (2021). Life cycle analysis of potential municipal solid wastes management scenarios in Tanzania: the case of Arusha City. *Sustainable Environment Research*, 31(1). <https://doi.org/10.1186/S42834-020-00075-3>
- Saja, A. M. A., Zimar, A. M. Z. & Junaideen, S. M. (2021). Municipal solid waste management practices and challenges in the southeastern

Nelly C. Rojas Gonzalez, Fiorela A. Fernández Otoya, Maryury García González, Amado Fernández Cueva

- coastal cities of Sri Lanka. *Sustainability*, 13(8).
<https://doi.org/10.3390/SU13084556>
- Seruga, P. (2021). The municipal solid waste management system with anaerobic digestion. *Energies*, 14(8).
<https://doi.org/10.3390/EN14082067>
- Shaban, A., Zaki, F.-E., Afefy, I. H., Di Gravio, G., Falegnami, A. & Patriarca, R. (2022). An Optimization Model for the Design of a Sustainable Municipal Solid Waste Management System. *Sustainability*, 14(10), 6345. <https://doi.org/10.3390/SU14106345>
- Torkashvand, J., Jonidi Jafari, A., Godini, K., Kazemi, Z., Kazemi, Z. & Farzadkia, M. (2021). Municipal solid waste management during COVID-19 pandemic: a comparison between the current activities and guidelines. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 19(1), 173–179.
<https://doi.org/10.1007/S40201-020-00591-9>
- Vaverková, M. D., Paleologos, E. K., Dominijanni, A., Koda, E., Tang, C. S., Małgorzata, W., Li, Q., Guarena, N., Mohamed, A. M. O., Vieira, C. S., Manassero, M., O'Kelly, B. C., Xie, Q., Bo, M. W., Adamcová, D., Podlasek, A., Anand, U. M., Mohammad, A., Goli, V. S. N. S., ... Singh, D. N. (2021). Municipal solid waste management under Covid-19: Challenges and recommendations. *Environmental Geotechnics*, 8(3), 217–232.
<https://doi.org/10.1680/JENGE.20.00082>
- Yousefi, M., Oskoei, V., Jonidi Jafari, A., Farzadkia, M., Hasham Firooz, M., Abdollahinejad, B. & Torkashvand, J. (2021). Municipal solid waste management during COVID-19 pandemic: effects and repercussions. *Environmental Science and Pollution Research*.
<https://doi.org/10.1007/S11356-021-14214-9>

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

Contribución de los autores

Nelly Cecilia Rojas Gonzales: Conceptualización, análisis formal, metodología, validación, redacción-revisión y edición, y aprobación de la versión final.

Fiorela Anaí Fernández Otoya: Curación de datos, análisis formal, visualización y aprobación de la versión final.

Maryuri García González: Curación de datos, análisis formal, visualización y aprobación de la versión final.

Amado Fernández Cueva: Validación, revisión general, visualización y aprobación de la versión final.