

Aplicación Web SIG para gestionar el sistema de recolección de residuos sólidos urbanos en la ciudad de Chachapoyas, Amazonas, Perú 2022

Web GIS application to manage the urban solid waste collection system in the city of Chachapoyas, Amazonas, Peru 2022

Jhovana Sopla Mas¹ 

RESUMEN

La gestión adecuada de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) es una preocupación global, razón por la cual los gestores han buscado múltiples estrategias, donde se involucre a cada ente clave, instituciones públicas y privadas, municipalidad, población, asociaciones de recicladores, salud, entre otros. Con la finalidad de que ayuden a una mejor gestión, en el artículo se pretende generar una aplicación Web SIG informativa, con las rutas de recolección que tiene la Unidad de Residuos Sólidos de la ciudad de Chachapoyas, para ello se trabajó el mapa base con capas: catastro de la ciudad de Chachapoyas y rutas de recolección de RSU en formato shapefile y con Web AppBuilder de ArcGIS online se procedió a configurar la app Web SIG de nombre "Rutas de recolección de RR.SS." en la cual se configuró los widget para que cuando el usuario ingrese pueda tener acceso a la información referente al servicio de recolección de RSU. Finalmente se publicó el portal de consulta, teniendo a los Sistemas de Información Geográfica una herramienta muy útil para mejorar la recolección de residuos sólidos.

Palabras clave: Residuos Sólidos Urbanos, Web SIG, ArcGIS online.

ABSTRACT

The proper management of Urban Solid Waste (MSW) is a global concern, which is why managers have sought multiple strategies, involving each key entity, public and private institutions, municipality, population, recyclers' associations, health, among others. In order to help better management, this article aims to generate an informative Web GIS application, with the collection routes that the Solid Waste Unit of the city of Chachapoyas has, for which the base map was worked with Layers: cadastre of the city of Chachapoyas and MSW collection routes in shapefile format and with Web AppBuilder from ArcGIS online, the Web GIS app named "Routes of collection of RR.SS" was configured. In which the widget is configured so that when the user enters he can have access to the information. Finally, the consultation portal was published, making Geographic Information Systems a very useful tool to improve solid waste collection.

Keywords: Urban Solid Waste, Web GIS, ArcGIS online.

DOI: <https://doi.org/10.37787/pakamuros-unj.v10i4.333>

Recibido: 11/08/2022 Aceptado: 11/11/2022

* Autor para correspondencia

1. Escuela de Postgrado de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Chachapoyas 01001, Perú. Email: jhovana.sopla.epg@unrm.edu.pe

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, el incremento de Residuos Sólidos Urbanos (RSU), ha tenido diversas causas; como el crecimiento poblacional, los avances tecnológicos, las migraciones, entre otras causas (Razzaq et al., 2021), lo cual ha generado un problema mundial para su manejo adecuado (Liu et al., 2021). Esto ha planteado grandes desafíos para los gestores en diversos países (Prajapati et al., 2021), es así que los responsables de su manejo tienen mayor grado de importancia en la recolección de residuos y la disposición final de residuos.

En América Latina, en 2018 se generó 541000 t/día, de los cuales 145000 t/día se disponen en botaderos informales (Organización de las Naciones Unidas - Medio Ambiente (ONU Medio Ambiente), 2018). El mayor desafío, dentro de las zonas urbanas es lograr la recolección eficiente de residuos; el servicio autofinanciado por la población presenta una gran brecha de morosidad por lo que el estado debe subsidiar y otorgar recursos para su funcionamiento adecuado. La recolección de RSU se ve afectado por factores como el estado de vía, la vida útil del vehículo de recolección, las frecuencias, horarios establecidos por el responsable de manejo de residuos y desconocimiento de las rutas de recolección por usuarios.

Para 2021, en Perú se generó 15753.55 t /día, de los cuales se llega a valorizar el 3% (SINIA, 2021) teniendo así un problema alto en la disposición final, es por ello que el Ministerio del Ambiente (MINAM) viene fortaleciendo el manejo de residuos sólidos, a través del Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) con el Plan de Incentivos (PI), para otorgar al municipio un incentivo económico, siempre y cuando esta cumpla las metas anuales en manejo de RR.SS., motivo por el cual las municipalidades han implementado recolección selectiva de residuos sólidos. Sin embargo, esta estrategia trae consigo problemas en la recolección adecuada de residuos debido a la mala disposición de los ciudadanos

En la gestión de los RSU un elemento importante es el sistema de recolección que se implementa (Sahib & Hadi, 2021), esto muchas veces se ve afectado por el equipamiento, es por ello que para tener eficiencia en la recolección de residuos se debe tener en cuenta la implementación con camiones compactadores e infraestructura de disposición final (IDF) adecuada (Liu et al., 2021). El mejoramiento de la gestión de recolección de RSU se puede realizar utilizando los Sistemas de Información Geográfica (SIG) que está tomando relevancia en los últimos años.

Las tecnologías SIG son herramientas adecuadas para mejorar la eficiencia de recolección de RSU, y más aún si podemos hacer partícipe a la población que es la directamente relacionada para tener buenos

resultados. Lella et al. (2017) utilizó SIG para optimizar la recolección selectiva de RSU en Vallore, India; donde evalúan diferentes métodos de recolección de RSU, logrando tener el óptimo en una reducción del 59.12% en la distancia de recorridos. Barboza & Achelus (2018), en UPZ Galerías, Colombia, usando SIG Web participativo, evaluaron en tiempo real la acumulación de residuos y con ello el municipio tenga información para la toma de decisiones de una gestión adecuada, el cual estaba basado en un aplicativo web con uso de internet para poder generar reportes.

En ese contexto, se pretende desarrollar un sistema Web SIG como prototipo para poner en modo público las rutas de recolección de RSU en la ciudad de Chachapoyas. Para lo cual el objetivo principal fue diseñar y publicar el aplicativo Web SIG con las rutas de RSU en la ciudad de Chachapoyas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La ciudad de Chachapoyas se localiza en la zona norte de Perú, entre los paralelos $6^{\circ} 13' 01''$ latitud Sur, $77^{\circ} 51' 00''$ longitud Oeste (Figura 1). Según INEI (2018), Chachapoyas tiene una población de 32 589 habitantes y una generación diaria de 17.5 T de residuos.

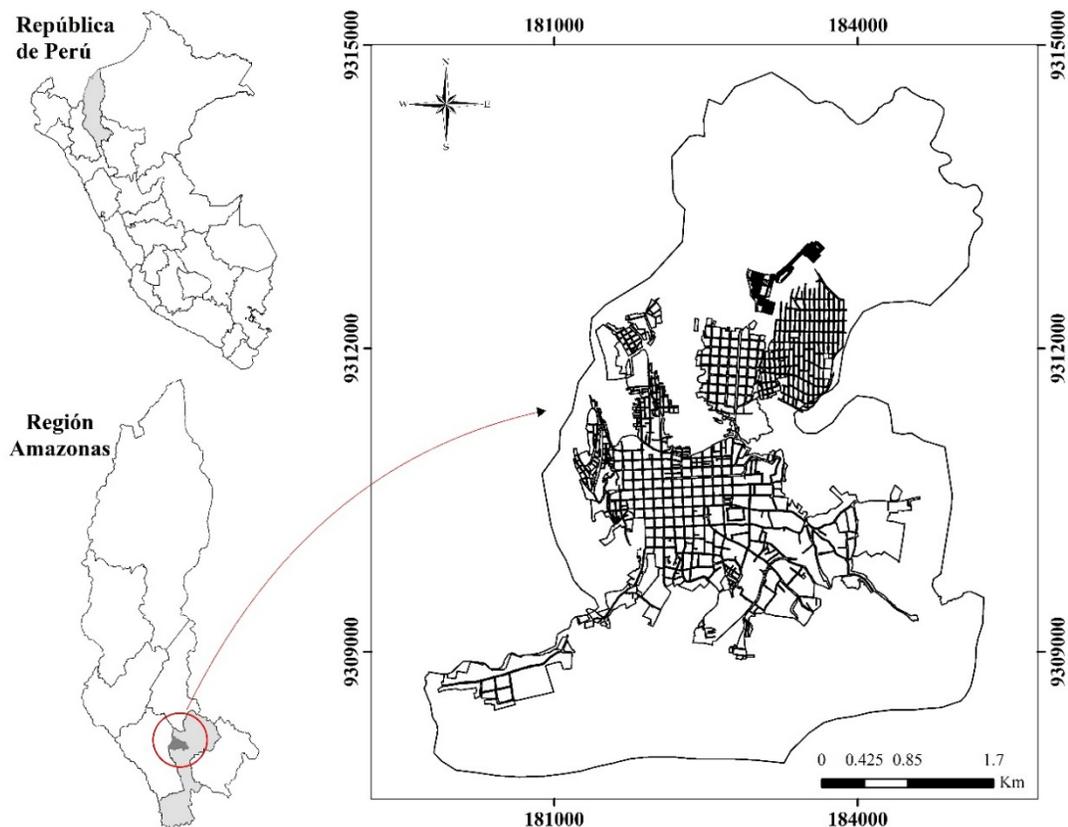


Figura 1. Localización del área de estudio

Capas utilizadas en el mapa base

Para el diseño de mapa base era necesario contar con capas en formato shapefile. El catastro de la ciudad de Chachapoyas se obtuvo del área de Urbanismo y transporte de la Municipalidad Provincial de Chachapoyas (MPCH), el cual contiene jirones, manzanas, vías, límites de la ciudad. Las rutas de recolección de RSU se obtuvieron de la Unidad de Gestión de Residuos Sólidos (URS). Sin embargo, las rutas de recolección debieron ser actualizadas ya que la URS cuenta con las rutas del año 2019, teniendo ampliación de ruta, cambios de frecuencia y horarios y estas influyen directamente en la eficiencia del servicio de recolección de RSU.

Para el diseño y publicación del servicio de mapas se siguió la metodología de Barboza & Achelus (2018), en el cual las fuentes cartográficas bien definidas (mapa de catastro y rutas de recolección de RSU) fueron vinculadas al ArcGIS online con una cuenta previa.

Diseño y publicación del aplicativo Web SIG con las rutas de recolección de RSU en la ciudad de Chachapoyas

Con las capas vinculadas a ArcGIS online, y siguiendo la metodología planteada por Barboza & Achelus (2018), se utilizó la herramienta Web AppBuilder de ArcGIS online para el diseño de la aplicación configurando los widgets: Leyenda, capas, Acerca de y compartir. Una vez realizado las configuraciones necesarias y colocando cada una de las capas en modo público se pasó a compartir la App Web SIG con las rutas de recolección de RSU en la ciudad de Chachapoyas.

RESULTADOS

Las rutas de recolección establecidos por la URS de la MPCH se muestran en la aplicación Web SIG (<https://acortar.link/nKm22D>), el cual fue configurado de acceso público y las personas que deseen ver la App Web necesitan tener una cuenta en ArcGIS online (Figura 2). Los widget configurados fueron: i) capas: para poder visualizar el contenido de todas las capas que incluye el mapa base y las rutas de recolección en esta misma capa permite seleccionar la ruta a visualizar de acuerdo a la zona de ubicación; ii) leyenda: visualización de todas las capas utilizadas en el App Web SIG; iii) acerca de: donde se muestra las frecuencias y horarios por ruta que cuenta la URS y iv) compartir: activado para que los usuarios puedan compartir la App Web en redes sociales.

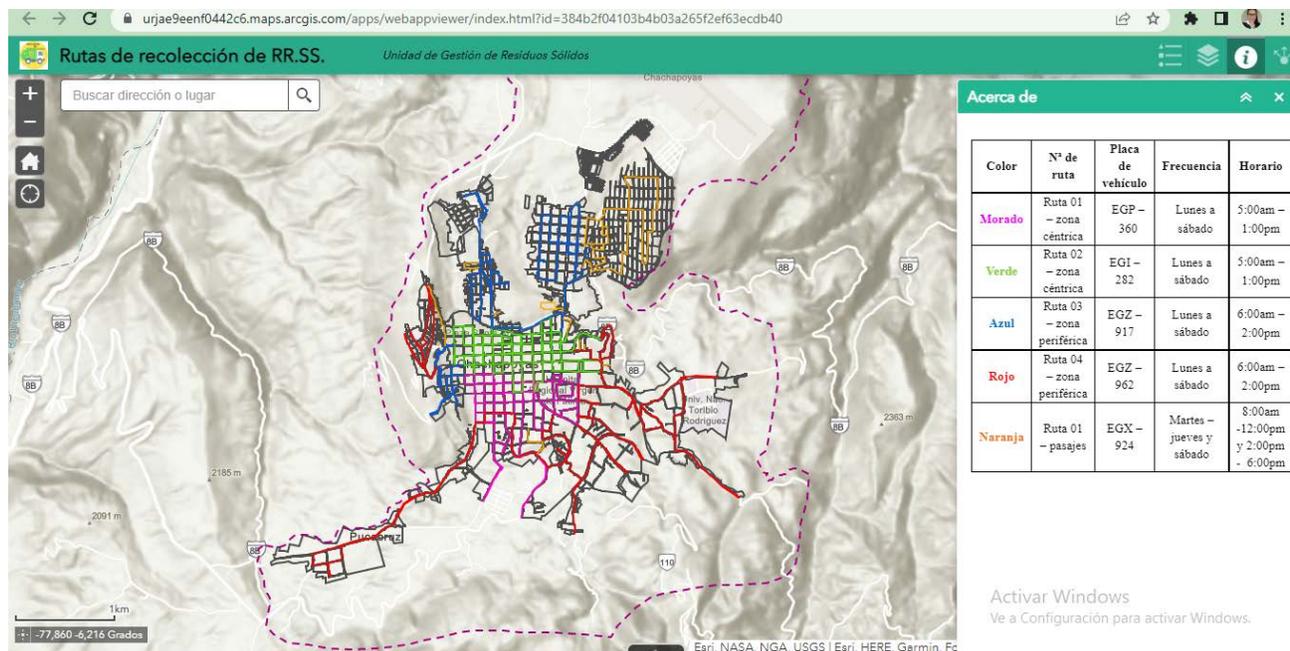


Figura 2. Aplicación Web SIG: rutas de recolección de RSU - URS - MPCH

La Tabla 1 muestra frecuencias y horarios en las rutas de recolección que tiene la URS de la MPCH, recalcar que una política que tiene la entidad es que los días domingos y feriados no brindan el servicio de recolección de residuos sólidos.

Tabla 1. Frecuencia de características ofrecidas

Código de Ruta	Tipo de recolección	Placa de vehículo	Frecuencia	Horario
RC - d6EGP-360 - 01	Convencional	EGP - 360	Lunes a sábado	5:00am - 1:00pm
RC - d6EGI - 282 - 02	Convencional	EGI - 282	Lunes a sábado	5:00am - 1:00pm
RC - d2,4,6 EGZ - 917 - 03	Selectiva	EGZ - 917	Lunes a sábado	6:00am - 2:00pm
RC - d2,4,6EGZ - 962 - 04	Selectiva	EGZ - 962	Lunes a sábado	6:00am - 2:00pm
RC - d6EGX - 924 - 03	Convencional	EGX - 917	Martes - jueves y sábado	8:00am - 12:00pm y 2:00pm - 6:00pm

Fuente: Elaboración propia con datos recopilados de la URS - MPCH, julio 2022

DISCUSIÓN

La recolección de RSU para cualquier gestor de residuos sólidos genera grandes gastos económicos tal como lo afirma (Sahib & Hadi, 2021). Siendo la recolección de residuos una de las etapas importantes para lograr una buena eficiencia, es por ello que los actores involucrados deben conocer cada uno de los cambios que pueda tener el prestador de servicio.

Los servicios privados tienen mayor eficacia de acuerdo a Salazar-Adams (2021), quien afirma que las empresas privadas compensan las debilidades de las instituciones públicas, dando mayor importancia al personal y la parte financiera. Si bien se busca la eficiencia del servicio de recolección de RSU, en la ciudad de Chachapoyas, no es posible la tercerización del servicio debido a que la ley N° 31254 (Congreso de la república, 2021), prohíbe la tercerización del servicio de limpieza pública.

Con fines de mejorar la gestión de RSU la URS de la MPCH implementó en noviembre del 2019 la recolección selectiva en dos rutas de las cinco que cuenta. Sin embargo, el problema de recolección selectiva está afectando la gestión de los RSU, Campos-Alba et al. (2021) indican que la recolección selectiva (por tipo de residuo) afecta la eficiencia del servicio e incrementa los costos tanto de personal como de reparación de maquinaria.

La recolección de RSU tiene relación directa con la comunicación que se tiene con la población que son los generadores, concordando con Mukherjee & Punjabi (2020), quienes enfatizan la importancia de la ciudadanía en la buena gestión de los RSU. Campos-Alba et al. (2021) determinaron que existe indisposición de clasificación de residuos en la fuente de generación, siendo esto evidente en la ciudad de Chachapoyas, que no existe segregación en su totalidad en las rutas implementadas por la municipalidad, por lo que la concientización, educación ambiental, sensibilización a la población contribuirá en la mejor gestión de los RSU, compartiendo la opinión con Limache (2021) quien también indica que la implementación de programas de capacitación, sensibilización ayuda a reducir la contaminación, a prevenir enfermedades y mejora la gestión de los RSU.

Los SIG participativo a través de aplicaciones Web SIG permite tener mayor interacción con la población, siendo esta una alternativa eficaz para gestionar mejor los RSU, coincidiendo con Cabral et al. (2019), quienes indican que los Web SIG ayudan identificar zonas comerciales, densidad poblacional y la deficiencia del servicio de recolección de RSU, siendo soporte para gestores locales. Barboza & Achelus (2018) indicaron que las aplicaciones Web SIG participativa hacen más integral la comunicación entre el municipio y la comunidad, con recolección de información que puede ayudar en la toma de decisiones para mejorar el servicio de recolección de RSU.

La App Web se encuentra en modo acceso público con el fin de que toda persona que desee consultar esta información, la pueda realizar y ayudar a la MPCH en la gestión adecuada de los RSU, es así que los SIG resultan muy útiles en gestión adecuada de los RSU, concordando con Paul & Bussemaker (2020) quienes expresan que las herramientas SIG pueden mostrar la distribución de los residuos, sin embargo, la gestión de estos recae directamente en las autoridades del municipio, por otro lado Hatamleh et al.

(2020) consideraron que las herramientas SIG se debe utilizar para optimizar las rutas de recolección de RSU, por lo que la combinación con las tecnologías actuales basados en internet para obtener información espacial convierte en un plus en la gestión de RSU.

Los horarios diurnos fueron establecidos para la recolección por la URS – MPCH, y según Cárdenas-Ferrer et al. (2019) los horarios más efectivos en la recolección de RSU se debe realizar en horario nocturno, pese a que los horarios diurnos resultan más económicos, se debe considerar la afectación al tráfico, ese inconveniente se da con mayor frecuencia en la ciudad de Chachapoyas por el reducido ancho de las vías. Molero et al. (2019) afirman que el aspecto clave en la prestación del servicio de recolección de RSU es el establecimiento de frecuencias y horarios, el cumplimiento de ello en la prestación del servicio mostrará mayor eficiencia en el servicio.

CONCLUSIONES

Las aplicaciones Web SIG ayudan a gestionar mejor los residuos sólidos, la App Web SIG de consulta con las rutas, frecuencias y horarios de la URS - MPCH es de acceso al público (<https://acortar.link/nKm22D>), y una población informada puede ayudar al trabajo integral que necesita la ciudad de Chachapoyas. Se cuenta con cinco rutas de recolección de RSU, en horarios diurnos y con frecuencia de lunes a sábado, teniendo los días domingos y feriados como días donde el servicio de recolección de RSU se suspende.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barboza Castillo Elgar, & Achelus Willy. (2018). Sig Participativo Para La Gestion Ambiental De Zonas Por Residuos Solidos En La Upz. Universidad Distrital Francisco Jose De Caldasstrital Francisco Jose De Caldas, 1(1), 46.
- Cabral Antúnez, N., Wehrle, A., & Delgado, M. (n.d.). Aplicación de sig para optimizar la recolección de residuos solidos urbanos con servicios diferenciales en la cuenca del arroyo ferreira. 1–10.
- Campos-Alba, C. M., Garrido-Rodríguez, J. C., Plata-Díaz, A. M., & Pérez-López, G. (2021). The selective collection of municipal solid waste and other factors determining cost efficiency. An analysis of service provision by spanish municipalities. *Waste Management*, 134(July), 11–20. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.07.039>

-
- Cárdenas-Ferrer, T. M., Santos-Herrero, R. F., Contreras-Moya, A. M., Rosa-Domínguez, E., & Domínguez-Núñez, J. (2019). Sólidos Urbanos en Villa Clara. *Tecnología Química*, 471–488.
- Congreso de la republica, (2021). Ley N° 31254, ley que prohíbe la tercerización y toda forma de intermediación laboral de los servicios de limpieza pública y afines que prestan los obreros municipales, diario oficial El Peruano.
- Hatamleh, R. I., Jamhawi, M. M., Al-Kofahi, S. D., & Hijazi, H. (2020). The Use of a GIS System as a Decision Support Tool for Municipal Solid Waste Management Planning: The Case Study of Al Nuzha District, Irbid, Jordan. *Procedia Manufacturing*, 44(2019), 189–196. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.02.221>
- INEI. (2018). Perú: Perfil sociodemográfico. Informa nacional. Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas. INEI.
- Lella, J., Mandla, V. R., & Zhu, X. (2017). Solid waste collection/transport optimization and vegetation land cover estimation using Geographic Information System (GIS): A case study of a proposed smart-city. *Sustainable Cities and Society*, 35(April), 336–349. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.08.023>
- Limache, M. (2021). Production and Management Program to Improve Public Awareness on Solid Waste Collection in the San Carlos Neighborhood, Huancayo. *Revista Industrial Data*, 24(2), 193–216.
- Liu, B., Zhang, L., & Wang, Q. (2021). Demand gap analysis of municipal solid waste landfill in Beijing: Based on the municipal solid waste generation. *Waste Management*, 134(April), 42–51. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.08.007>
- Molero, S., Luz, A., Graterol, U., Alejandra, J., Luz, A., & Molero, S. (2019). Calidad de servicio en el proceso de recolección domiciliario de residuos sólidos. *Revista Venezolana de Gerencia*, 24. <https://doi.org/10.37960/revista.v24i88.30164>
- Mukherjee Basu, A., & Punjabi, S. (2020). Participation in solid waste management: Lessons from the Advanced Locality Management (ALM) programme of Mumbai. *Journal of Urban Management*, 9(1), 93–103. <https://doi.org/10.1016/j.jum.2019.11.002>
- Organizacion de las naciones Unidas - Medio Ambiente (ONU Medio Ambiente). (2018). *Perspectiva de la Gestión de Residuos en América Latina y el Caribe* Perspectiva de la Gestión de Residuos en América Latina y el Caribe.

- Paul, M., & Bussemaker, M. J. (2020). A web-based geographic interface system to support decision making for municipal solid waste management in England. *Journal of Cleaner Production*, 263, 121461. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121461>
- Prajapati, P., Varjani, S., Singhanian, R. R., Patel, A. K., Awasthi, M. K., Sindhu, R., Zhang, Z., Binod, P., Awasthi, S. K., & Chaturvedi, P. (2021). Critical review on technological advancements for effective waste management of municipal solid waste — Updates and way forward: Advancements in Municipal Solid Waste Management. *Environmental Technology and Innovation*, 23, 101749. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101749>
- Razzaq, A., Sharif, A., Najmi, A., Tseng, M. L., & Lim, M. K. (2021). Dynamic and causality interrelationships from municipal solid waste recycling to economic growth, carbon emissions and energy efficiency using a novel bootstrapping autoregressive distributed lag. *Resources, Conservation and Recycling*, 166(December 2020), 105372. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105372>
- Sahib, F. S., & Hadi, N. S. (2021). Truck route optimization in Karbala city for solid waste collection. *Materials Today: Proceedings*, xxxx. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.06.394>
- Salazar-Adams, A. (2021). The efficiency of municipal solid waste collection in Mexico. *Waste Management*, 133(March), 71–79. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.07.008>
- .