



## Opinión

# Integrando sistemas de teledetección y georreferenciación en la gestión de los residuos

*Integrating remote sensing and georeferencing systems in waste management*

Larissa Sierra<sup>1</sup>

*Facultad de Ingeniería, Universidad Tecnológica Centroamericana, UNITEC, Tegucigalpa, Honduras*

En el mundo, la gestión de residuos es un problema en ascenso debido a la creciente población y las prácticas consumistas que han aumentado considerablemente en los últimos años. Los gobiernos locales son los responsables de la gestión de los residuos en los municipios y deben asignar un porcentaje de inversión para su gestión. El mayor costo es asignado a recolección, transporte y tratamiento de los residuos. El 50% del volumen total de desechos sólidos municipales en Honduras son generados por las ciudades de Tegucigalpa, San Pedro Sula, El Progreso, La Ceiba y Choluteca. El 3.7% de los municipios cuentan con rellenos sanitarios para la disposición final y tratamiento de residuos y solo 60 de 298 municipios cuentan con servicios de recolección de desechos (Secretaría de Recursos Naturales y Mi Ambiente [Mi Ambiente+], 2016).

Según Climate Watch en Honduras, el sector residuos en 2018 se encontró en la posición cuatro con 2.92 MtCO<sub>2</sub>e (2019). El Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Honduras (INGEI) de 2005-2015 reportó que el sector residuos emite el 6% (1.4 MtCO<sub>2</sub>e) al considerarse todos los gases de efectos invernaderos (GEI) (CO<sub>2</sub>e) en 2015, según la distribución de las emisiones brutas (Mi Ambiente+, 2015). Las bases de datos antes mencionadas pueden tener una variación en cuanto a los datos, ya que Climate Watch es una plataforma de visualización de datos GEI internacional, mientras que el INGEI es el reporte nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Ambas bases de datos indican que el sector residuos es una de las áreas de menor emisión en comparación con los sectores de energía y Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra (AFOLU por sus siglas en inglés). Sin embargo, el sector es complejo y requiere de un gran esfuerzo multisectorial para

lograr la descarbonización debido a los residuos. El sector se encuentra segmentado en diferentes instituciones del Estado, con un marco regulatorio debilitado e institucionalmente no regulado.

El problema con el manejo inadecuado de los residuos es más grave en zonas urbanas por la cantidad de población, comercio y desarrollo industrial entre otros, provocando la contaminación del suelo, agua y medio ambiente. Esto crea riesgos de salud pública, a personas, infraestructura e inundaciones en los sectores residenciales. Los cambios en el estilo de vida, la mala planificación, la falta de disponibilidad de infraestructura y la poca disposición de los gobiernos locales ha aumentado la complejidad de la gestión de residuos sólidos en Honduras. Gran parte de los municipios del país trabajan el sector residuos sin políticas, estrategias y planes de acción, lo que dificulta una buena gestión coordinada y fortalecimiento institucional.

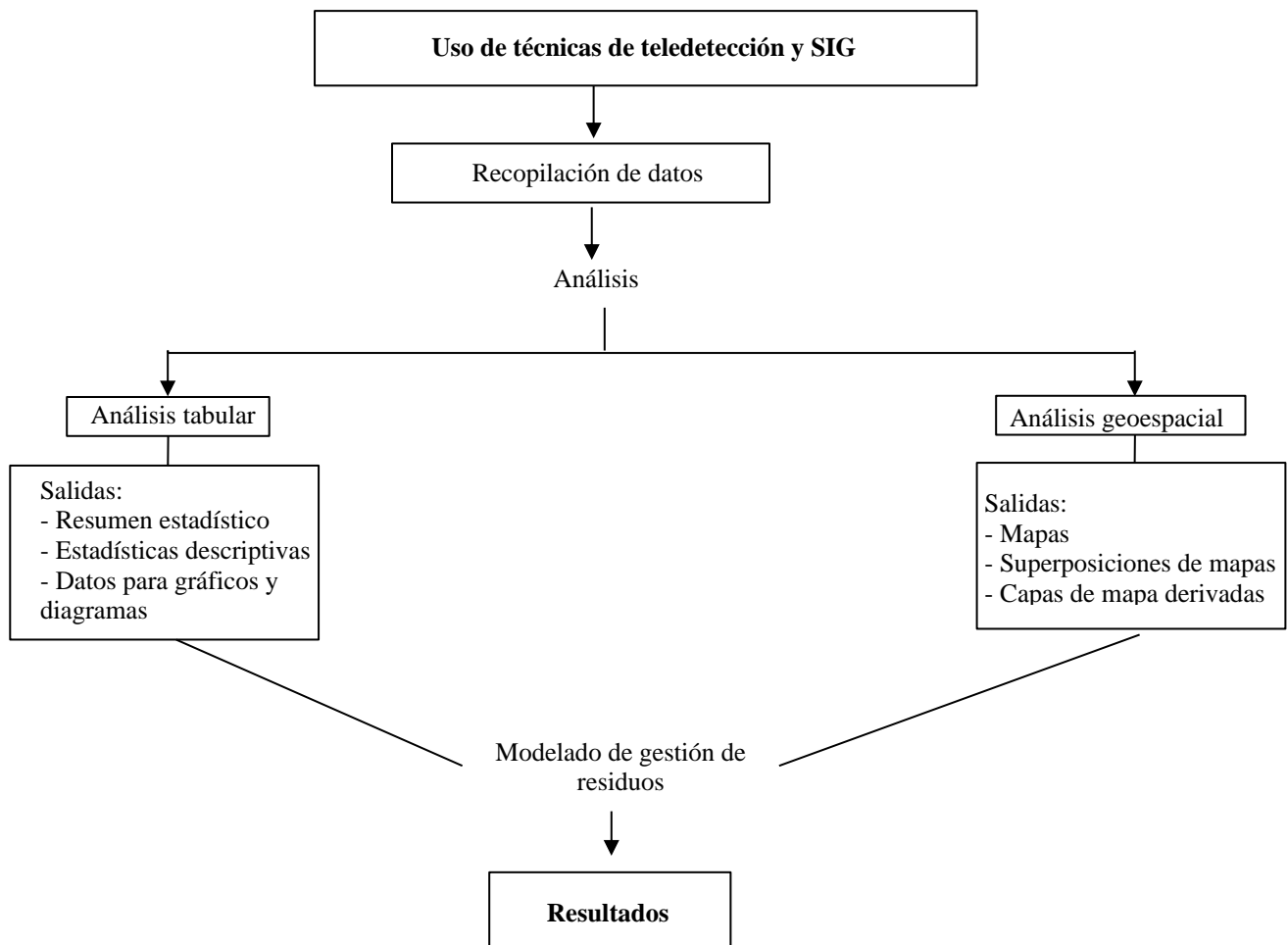
## Aplicaciones de teledetección y sistemas de información geográfica

El manejo y disposición de los residuos es un desafío debido al aumento de la población, cambios en el estilo de vida y una mayor generación de desechos. Por consiguiente, se da un incremento en los requisitos de tierra para la eliminación de desechos. Los problemas de acceso de datos, enrutamientos óptimos para la fase de transporte, selección de tecnologías de tratamiento de la gestión de residuos sólidos urbanos (RSU) podrían resolverse eficazmente mediante el uso de una serie de técnicas geoespaciales: detección remota (DR) y Sistemas de Información Geográfica (SIG).

<sup>1</sup> Autor correspondiente: [larissaguiselesierra@gmail.com](mailto:larissaguiselesierra@gmail.com), Universidad Tecnológica Centroamericana, Campus Tegucigalpa, Honduras

Disponible en: <http://dx.doi.org/10.5377/innovare.v12i1-1.16013>

© 2023 Autores. Este es un artículo de acceso abierto publicado por UNITEC bajo la licencia <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



**Figura 1.** Metodología general adoptada en la aplicación de SIG y teledetección en la modelización de la gestión de residuos.

Estas técnicas brindan un apoyo importante para resolver el problema de la ubicación efectiva de los contenedores de basura. Los beneficios probables de usar DR y SIG en la organización de RSU son múltiples. Ghose et al. (2006) desarrolló un enfoque de enrutamiento óptimo para encontrar formas de acumulación de residuos y transporte de RSU en la India. De forma similar, se han utilizado mapas temáticos de SIG de uso de la tierra y características socioeconómicas para encontrar los sitios apropiados para construir las plantas de tratamiento de contaminantes de fuentes difusas. Recientemente, Sharma et al. (2012) desarrolló con éxito técnicas geoespaciales para evaluar la tasa de utilización de la tierra con una población en crecimiento.

Se requiere un sitio de disposición adecuado para la eliminación de los grandes volúmenes de residuos sólidos. Sin embargo, encontrar suficientes sitios de eliminación de desechos no es fácil con la creciente población y la rápida urbanización. Es importante una planificación adecuada y una visión a largo plazo de los planes organizados por fases

y teniendo en cuenta los previsible aumentos de la cobertura del servicio y la disposición de infraestructura suficiente para su tratamiento. Se deben tener en cuenta criterios basados en aspectos ambientales, sociales y económicos. La aplicación de estos criterios es una responsabilidad compartida de distintas áreas, departamentos y unidades municipales relacionadas directa e indirectamente con la gestión de RSU.

Un problema frecuente en el análisis es la falta de datos de calidad públicos de las instituciones del Estado. Las estrategias regionales de gestión de residuos implican datos distribuidos, mientras que estudios a pequeña escala requieren de información puntual. La información confiable es vital en los estudios, ya que estos deben proporcionar resultados fiables. Con la materialización de técnicas de teledetección y SIG, los estudios se han convertido más confiables, ya que estas técnicas permiten la captura y transmisión de la información requerida de manera confiable y adecuada. Estas técnicas son útiles para adquirir información directamente desde el sitio remoto a un costo

bastante bajo. Se han desarrollado diferentes métodos para usar herramientas geoespaciales como por ejemplo: (1) enrutamiento óptimos para encontrar las zonas de mayor acumulación de residuos y prestar un mejor servicio y estrategias para transportar los RSU a un menor costo y ser más eficiente, (2) usar SIG para facilitar la reducción de los costos en la fases de recolección y transporte de RSU, (3) creación de mapas temáticos SIG de uso de la tierra y características socioeconómicas para encontrar los sitios apropiados y construir plantas de tratamiento de contaminantes de fuentes difusas, (4) evaluar posibles rellenos sanitarios considerando diferentes criterios, i. e., ubicación, aptitud del sitio y adecuación pública. En general, el método de selección de sitios de eliminación de desechos basado en SIG incluye dos pasos principales de selección, como la omisión de áreas de relleno inapropiadas y la clasificación de las áreas restantes.

El uso integrado de SIG y el análisis de decisiones multicriterio se han practicado ampliamente para resolver los problemas, ya que estos enfoques permiten la combinación de fuentes de información cualitativas y cuantitativas. Por ejemplo, los beneficios, riesgos y perspectivas de los socios. La elección de un lugar adecuado para la infraestructura del relleno sanitario es uno de los principales problemas en la gestión de residuos, debido a que la filtración de los vertederos generalmente contiene grandes cantidades de contaminantes, como ser, metales pesados, cloruro, nitrato y amoniaco.

Estos contaminantes pueden llegar a los acuíferos y volverse dañinos para la salud humana. La ubicación de los rellenos sanitarios no solo es difícil y monótona, sino que también es un proceso intrincado porque considera factores económicos, técnicos, ambientales y sociales. Los factores financieros son muy importantes, ya que estos incluyen los gastos relacionados en la mejora y el funcionamiento del relleno sanitario. Se deben considerar factores ambientales en la ubicación de rellenos sanitarios, ya que estos podrían influir en la ecología y las condiciones biofísicas del área adyacente. La resistencia de la comunidad a la localización de vertederos se ha especificado como la mayor barrera para encontrar sitios de disposición final de residuos.

Los SIG son una herramienta perfecta para el manejo de grandes cantidades de información espacial de diversas fuentes. Estas herramientas pueden administrar y simular fácilmente las restricciones técnicas, sociales, económicas y ambientales requeridas. Muchos de estos atributos implican una representación espacial y los SIG tienen la capacidad de capturar, almacenar y manejar información espacialmente referenciada. Además, pueden llevar a cabo investigaciones de optimización y sensibilidad e impartir resultados de modelos fácilmente. Una metodología general adoptada en las aplicaciones de SIG y teledetección en la gestión de residuos se representa en la Figura 1. Ambas herramientas

permiten una recolección de datos, generando análisis tabular y geoespacial. Con fuentes de datos confiables, se pueden realizar modelos para la gestión de residuos que detallen las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas. Asimismo, se pueden detectar opciones de mejora en el servicio que prestan los gobiernos locales y crear estrategias adaptadas a la realidad de los territorios.

## Financiamiento

Este proyecto fue financiado por la Cooperación Alemana (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, GIZ) a través del Programa EuroClima+ y bajo la coordinación del Centro Universitario Tecnológico (CEUTEC) de la Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC) de Honduras. El mismo es parte del Programa de Jóvenes Investigadores y en relación a la Estrategia Nacional de Descarbonización y Resiliencia Climática de Honduras 2020-2050.

## Conflictos de Interés

La autora declara no tener ningún conflicto de interés. La investigación fue realizada de manera independiente y sin influencia por parte de los financiadores. Todos los resultados y conclusiones presentados en este artículo son responsabilidad exclusiva de la autora de este artículo.

## Referencias Bibliográficas

- Climate Watch. (2019). *Climate Watch Data Honduras*. [https://www.climatewatchdata.org/countries/HND?end\\_year=2019&start\\_year=1990](https://www.climatewatchdata.org/countries/HND?end_year=2019&start_year=1990)
- Ghose, M., K., Dikshit, A. K., & Sharma, S. K. (2006). A GIS based transportation model for solid waste disposal – A case study on Asansol municipality. *Waste Management*, 26(11), 1287-1293. <https://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2005.09.022>
- Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente [Mi Ambiente+]. (2015). *Inventario nacional de gases de efecto invernadero de Honduras INGEI S/2005-2015. Reporte Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. Gobierno de la República de Honduras. <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Inventario%20Nacional%20de%20Gases%20de%20Efecto%20Invernadero.pdf>
- Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente [Mi Ambiente+]. (2016). *Marco legal de los residuos sólidos*. Gobierno de la República de Honduras. <https://www3.paho.org/hon/dmdocuments/Marco%20Legal%20de%20Residuos%20Solidos.pdf>
- Sharma, L., Pandey, P. C., & Nathawat, M. S. (2012). Assessment of land consumption rate with urban dynamics change using geospatial techniques. *Journal of Land Use Science*, 7(2), 135-148. <https://dx.doi.org/10.1080/1747423X.2010.537790>

\*Recibido: 20 marzo 2023. Revisado: 22 marzo 2023. Aceptado: 12 abril 2023. Publicado: 21 abril 2023