

# Procedimiento para la gestión de microrrutras de residuos sólidos urbanos con recicladores del municipio de Puerto López, Meta (Colombia)<sup>1</sup>

## Procedure for Managing Urban Solid Waste Micro-Routes with Recyclers in the Municipality of Puerto López, Meta (Colombia)

<https://doi.org/10.15332/24224529.10388>

Artículos

Diego Alexander Suárez Moreno<sup>2</sup>

Martha Custodia Lamprea Zona<sup>3</sup>

Juan Camilo Cardona Castaño<sup>4</sup>

Recibido: 21/10/2024

Evaluado: 04/12/2024

Aceptado: 28/02/2025

Citar como:

Suárez Moreno, D. A., Lamprea Zona, M. C., & Cardona Castaño, J. C. (2024). Procedimiento para la gestión de microrrutras de residuos sólidos urbanos con recicladores del municipio de Puerto López, Meta (Colombia). *CITAS*, 10(2), 39-65. <https://doi.org/10.15332/24224529.10388>



### Resumen

La gestión de residuos sólidos debe realizarse con base en aspectos técnicos y sociales que permitan tomar decisiones efectivas sobre el diseño de rutas y el desarrollo de mecanismos para su aprovechamiento. Para diseñar un procedimiento de gestión de residuos sólidos urbanos adecuado se utilizaron sistemas de información geográfica y el conocimiento de los recicladores del municipio de Puerto López, Meta; esto resultó en una integración significativa

---

<sup>1</sup> Origen del proyecto, fuente de financiación: fue un trabajo de tesis de pregrado en la Universidad Santo Tomás, sin financiamiento.

<sup>2</sup> Consultor independiente en temas de SIG y funcionario de Llanogás SA ESP. Correo electrónico: [diegosuarez442@gmail.com](mailto:diegosuarez442@gmail.com); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5470-835X>

<sup>3</sup> Profesor de tiempo completo de la Universidad Santo Tomás (Bogotá). Correo electrónico: [marthalamprea@usta.edu.co](mailto:marthalamprea@usta.edu.co); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8173-9477>

<sup>4</sup> Profesor de cátedra de la Universidad Autónoma de Querétaro (Cadereyta de Montes). Correo electrónico: [juan.cardona@uaq.mx](mailto:juan.cardona@uaq.mx); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9631-9870>

en la toma de decisiones para identificar las zonas del municipio adecuadas para una gestión efectiva de los residuos sólidos urbanos. Finalmente, el proceso brindó valiosas enseñanzas sobre cómo los recicladores y el conocimiento técnico sobre el territorio se pueden unir para beneficiar la toma de decisiones y contribuir a la construcción de escenarios de sostenibilidad en el municipio.

**Palabras claves:** actores claves, conocimiento local, gestión ambiental, recicladores de oficio, planeación ambiental urbana.

## Abstract

The generation of solid waste must be managed by considering both technical and social aspects to make effective decisions about route design and the development of mechanisms for waste utilization. Starting from the need to design an appropriate procedure, Geographic Information Systems (GIS) and the knowledge of recyclers in the municipality of Puerto López, Meta were utilized. This led to a significant integration in decision-making to identify the areas within the municipality suitable for effective urban solid waste management. Ultimately, the process provided valuable insights into how recyclers and technical knowledge of the territory combined to make decisions and contribute to building sustainability scenarios within the municipality.

**Keywords:** stakeholders, local knowledge, environmental management, informal recyclers, urban environmental planning.

## Introducción

Los procesos de separación selectiva de los desechos sólidos en la fuente son aspectos cruciales en el mundo actual, debido al aumento de volúmenes de desperdicios y la creciente preocupación por la preservación y el cuidado del entorno natural (Sarmah et ál., 2019). El manejo inadecuado de los contaminantes sólidos causado por la falta de gestión comunitaria, política e institucional tiene efectos irreversibles en los ecosistemas y en el bienestar de las poblaciones debido a la contaminación atmosférica, hídrica y del recurso edáfico, dado que estos recursos naturales reciben residuos que no se recuperan (Castro et ál., 2020; Dereci y Karabekmez, 2022).

Para enfrentar este desafío en el municipio de Puerto López (Meta) se diseñaron trece microrrutas de recolección, esto no solo impacta positivamente en la gestión de los residuos sólidos, sino que promueve también una gestión más sostenible de estos y proporciona un valioso apoyo al trabajo de los recicladores, una labor a menudo subestimada pero crucial para la gestión y preservación del medio ambiente. Para lograr el diseño de las microrrutas se utilizó un sistema de información geográfica (SIG) y repositorios de datos espaciales. Estas herramientas permiten el registro, almacenamiento, manipulación y visualización

de información espacial, por lo que fueron esenciales para la delimitación de rutas de recolección de residuos aprovechables.

En los siguientes apartados se describirán los distintos geoprocesos realizados en la base de datos espacial y las microrrutas de recolección diseñadas; así mismo se evaluarán los resultados en términos de eficiencia y efectividad en la recolección de residuos aprovechables desde el conocimiento de los recicladores de oficio, quienes participaron en la investigación y aportaron un saber clave en el diseño de las microrrutas. Todo esto condujo a la creación de las 13 microrrutas que han permitido reducir los tiempos y movimientos en la recolección de material aprovechable mientras facilitan una gestión más eficiente de estos residuos al ofrecer una delimitación precisa de las rutas. Esto no solo mejora la eficiencia y efectividad, también reduce los impactos negativos asociados con la gestión de residuos. El objetivo del estudio es diseñar un procedimiento de gestión de microrrutas de residuos sólidos urbanos a partir de las herramientas de sistemas de información geográfica (SIG) con el conocimiento de los recicladores de oficio del municipio de Puerto López, Meta (Colombia).

## **Fundamentación teórica**

La gestión de los contaminantes generados por las ciudades es uno de los desafíos ambientales más significativos a nivel mundial en la actualidad (Usaquén y Sánchez, 2014; Déniz y Verona, 2017; Cardona et ál., 2021). En Colombia se produjeron aproximadamente doce millones de toneladas de residuos sólidos en 2019, de los cuales, entre el 40 % y el 55 % son recuperables mediante una adecuada gestión de residuos (Franco et ál., 2018; Monterrosa, 2019; Sánchez et ál., 2019; Castro et ál., 2021a).

La gestión de residuos sólidos en Colombia presenta un desafío importante que requiere un enfoque logístico integral, que incluya rutas de recolección, una mayor cobertura de servicios y la capacitación de las comunidades para empoderarlas y abordar el problema de los residuos sólidos (Vargas y Hoguín, 2020; Hurtado y Batioja, 2022). El crecimiento demográfico y la expansión urbana en las ciudades han complicado aún más la gestión de residuos (Banco Mundial, 2018).

En respuesta a estos desafíos, en el 2016 Colombia promulgó el Decreto 596, que regula la actividad de aprovechamiento y establece el proceso de formalización de los recicladores de oficio en el país (Tovar, 2018). La implementación de estrategias que fomenten la recuperación, la reutilización y la recirculación de residuos es esencial para abordar estos desafíos (Caldera et ál., 2020). En este sentido, se ha establecido un enfoque integral que busca mejorar la

### **CITAS**

gestión de residuos sólidos en Colombia, y que involucra a las comunidades generadoras de desechos para fortalecer la capacitación y concientización sobre la separación adecuada en la fuente, y promover así la participación de los recicladores de oficio en el sistema de gestión de residuos (Tovar, 2018; Ardila, 2018; Joya y Vargas, 2019; Suárez, 2020).

El conocimiento local, por su parte, y como lo establece McCall y Minang (2021), proporciona un marco estratégico para llegar a las comunidades y comprender fenómenos propios de ellas. Sin embargo, existen obstáculos en la llegada y definición de significados comunitarios, así como en la percepción del trabajo colectivo entre las comunidades y los individuos que las componen.

Desde otra perspectiva, el conocimiento local permite un punto de partida entre las iniciativas académicas y aquellas que están enraizadas en las comunidades y necesitan ser visualizadas y desarrolladas desde esta visión (McCall y Minang, 2006). Esta perspectiva no es estratégica, sino más bien de comprensión, y permite a cada individuo, ya sea ciudadano, académico o persona con iniciativa, incorporar el conocimiento local como un mecanismo de validación y comprensión para entender las realidades que ocurren en una escala pequeña, como las comunidades locales a nivel municipal (Cardona, 2024).

## **Metodología**

### **Área y caso de estudio**

En la investigación realizada en el municipio de Puerto López (Meta, Colombia) se destacó la importancia del enfoque participativo en el desarrollo de un sistema de transectos para la recolección de residuos aprovechables en el área urbana del municipio. Se involucraron activamente recicladores locales y se utilizaron herramientas geoespaciales para optimizar la recolección. El estudio se estructuró en tres fases: recopilación de información y cartografía base, tratamiento de información y diseño de rutas de recolección. Los beneficios del estudio incluyen la optimización de rutas de recolección, la reducción de impactos ambientales, un mayor compromiso de los recicladores con la gestión sostenible y el uso de herramientas SIG, como ArcGIS, para una toma de decisiones precisa y basada en datos.

### **Fases del proyecto**

En la etapa inicial se recopiló información y se adquirió cartografía básica para implementar en la herramienta geoespacial, con lo que se estableció una base sólida para el sistema de recolección de residuos. En la segunda fase se procesó la información recopilada mediante geoprocursos para depurar datos y obtener

información relevante, así se aseguró la calidad de los datos para las rutas de recolección. Finalmente, se diseñaron las microrrutras de recolección; en esta fase se utilizó la información geográfica para identificar las mejores rutas y puntos de recolección, teniendo en cuenta la ubicación de los recicladores y los centros poblados del municipio.

### **El enfoque participativo**

Esta investigación combina un enfoque participativo con herramientas de geoprocetamiento, lo que permite la validación de la información mediante el conocimiento local, y se alinea con el Decreto 596 de 2016, que dignifica el oficio de reciclador. El enfoque participativo, más que una simple estrategia, es un marco teórico que integra el conocimiento local y la colaboración de partes interesadas para abordar de manera integral los problemas socioambientales.

Este enfoque facilitó la comprensión de cómo contribuyen las pequeñas acciones individuales en la reducción de la producción de residuos sólidos, y coadyuvó a tener una visión más completa de los desafíos asociados. Además, permitió establecer comunicación y colaboración con actores institucionales que conformaron un grupo focal para desarrollar propuestas y resolver los problemas identificados.

### **Grupo focal**

La participación de 30 recicladores locales en el proyecto fue crucial en la fase de intervención, ya que aportaron su experiencia en la gestión de residuos sólidos. Su conocimiento sobre prácticas, lugares y horarios de generación de residuos ayudó a diseñar rutas de recolección más efectivas y adaptadas a las necesidades comunitarias. Este enfoque participativo permitió una comprensión profunda de la situación local y facilitó la identificación de soluciones sostenibles para el manejo de los residuos. El saber local de los recicladores resultó indispensable para abordar la problemática de manera colectiva y efectiva.

*Intervención con el grupo de recicladores de oficio:* en esta fase de la investigación, para desarrollar el trabajo colectivo con los recicladores de oficio, fue necesario establecer vínculos con la *Asociación Recuperarte*, que ha operado en el municipio de Puerto López, por más de dos décadas. Esta asociación agrupa a aproximadamente 100 recicladores de oficio y gestiona la compra y comercialización de residuos recuperables. El llamado realizado por la asociación fue un factor clave para la vinculación tanto del proceso investigativo como de la Universidad Santo Tomás. Como resultado, se llevaron a cabo tres encuentros con treinta recicladores de oficio, quienes participaron en el diseño de los transectos de gestión de residuos sólidos de manera voluntaria e informada, lo que facilitó el proceso de intervención.

## **Análisis de la información**

En el desarrollo del proyecto se empleó un SIG para realizar el análisis de la información. En la primera parte de esta investigación se recopilaron datos y se obtuvo una cartografía base; para esto se utilizaron como fuente de información la malla vial y los centros poblados proporcionados por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Posteriormente, se procedió al tratamiento de la información recolectada; en este punto se ejecutaron los procesos geoespaciales necesarios para depurar los datos irrelevantes y generar nueva información significativa para la elaboración de las rutas del sistema de recolección. Una vez completado este paso, se procedió a la construcción de las microrrutas que funcionan como un sistema de recolección de material aprovechable; de esta manera se optimiza la recolección por parte de los recicladores del municipio. Este enfoque metodológico permitió aprovechar eficientemente los recursos geográficos y generar rutas efectivas para la recolección de residuos aprovechables.

## **Resultados**

Esta investigación inició con el análisis del marco normativo que regula la labor de los recicladores informales en Colombia y su participación en los programas de gestión de residuos en las áreas urbanas. De acuerdo a esto, se identificó como legislación clave el Decreto 596 de 2016 de Minvivienda (2022), pues este establece los requisitos técnicos, administrativos, comerciales y financieros que las asociaciones de recicladores deben cumplir en un plazo de cinco años para obtener el reconocimiento como prestadores del servicio público (figura 1). El principal objetivo de este decreto es formalizar la actividad de los recicladores, para transformarlos de trabajadores informales a empresas de servicios públicos debidamente constituidas. Esta transición debe realizarse en un periodo de cinco años y debe seguir las ocho fases estipuladas en la normativa.

En el marco de este proyecto, se trabajó en cumplir con los requisitos mencionados en el Decreto 596 de 2016. Una de estas fases incluye la implementación de sistemas de georreferenciación para supervisar las rutas de recolección de residuos aprovechables en el área urbana del municipio correspondiente; para cumplir este requisito se utilizaron las herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Así mismo, la fase seis se enfocó en aspectos técnicos, como la definición de las microrrutas para la recolección de los residuos aprovechables dentro de las zonas de prestación establecidas en la fase dos, las cuales deben coincidir con la base de datos de usuarios caracterizados en la fase cuatro. Esta medida permitió a la Superintendencia de Servicios Públicos

Domiciliarios identificar a los usuarios que reciben el servicio y verificar el cumplimiento de las rutas establecidas.

Por otro lado, en la fase cinco, la asociación debe contar con supervisores y sistemas de control operativo que garanticen la correcta prestación del servicio a los usuarios, además de incorporar el oficio de reciclador para dignificar esta labor y que sean considerados en los planes de desarrollo, elementos clave para la formulación de estrategias de gestión de residuos tanto a nivel urbano como rural.

### Figura 1

*Fases del Decreto 596 del 2016*

FASE	TÓPICO	ASPECTO
Fase 1	registro	registro único de prestadores (RUPS)
Fase 2	técnico	definir el área de prestación
	técnico	registro de toneladas transportadas
	técnico	registro de toneladas área de prestación
	comercial	registro de toneladas aprovechadas
	comercial	registro factura de comercialización de material aprovechable
	técnico	registro de estaciones de clasificación y aprovechamiento (ECAS)
	técnico	registro de vehículos para el transporte
Fase 3	comercial	condiciones uniformes del servicio público de aseo (CCU)
Fase 4	comercial	portafolio de servicios
	administrativo	plan de fortalecimiento empresarial
	comercial	base de datos de usuarios
	comercial	página web
Fase 5	técnico	registro de calibración de básculas
	técnico	supervisores y sistema de control operativo
	técnico	programa de prestación del servicio
Fase 6	administrativo	personal por categoría de empleo
	técnico	microrutas de recolección
	administrativo	certificación de competencias laborales
Fase 7	comercial	registro de peticiones, quejas y recursos (PQR)
	técnico	planes de emergencia y contingencia
Fase 8	financiero	información financiera
	técnico	mapa del área de prestación en sistema de referencia magna-sirgas

Fuente: Decreto 596 de 2016 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

Así, la actividad de aprovechamiento se compone de tres procesos fundamentales: la recolección, el transporte y la clasificación y pesaje de los residuos sólidos. La recolección se refiere a recoger los residuos generados en una determinada área geográfica y trasladarlos a una zona específica para su procesamiento. El transporte, por su parte, implica el traslado de los residuos recolectados hasta el lugar donde se les clasifica y pesa. Durante este proceso es esencial tomar medidas adecuadas para garantizar la seguridad y la higiene en el manejo de los residuos sólidos.

CITAS

e-ISSN: 2422-4529 |  <https://doi.org/10.15332/24224529>

Vol. 10 N.º 2 | julio-diciembre de 2024







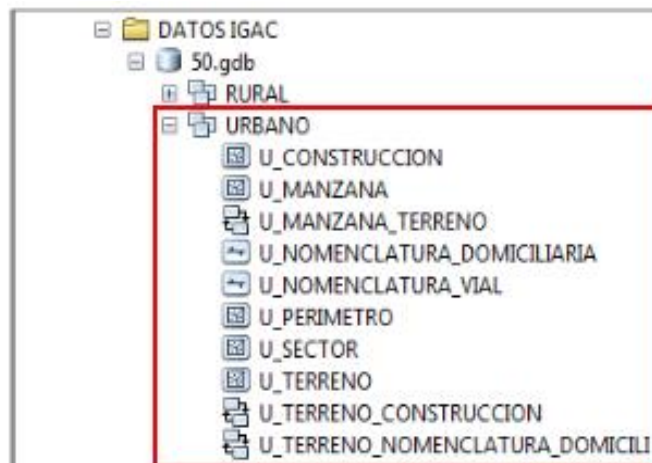
adquirir información geográfica precisa y actualizada del área de estudio. Para ello, se utilizó el geoportal de datos abiertos del IGAC, específicamente en la sección de catastro.

A través de esta plataforma se accedió a la base de datos catastrales por departamento, lo que permitió descargar la información cartográfica necesaria para el proyecto. La cartografía base es esencial en cualquier proyecto que requiera la representación gráfica de un territorio, y en este caso, proporcionó una representación precisa y actualizada del municipio, lo que facilitó el análisis y la planificación de las distintas fases del proyecto (figura 3). Es importante destacar que el uso de información geográfica precisa y actualizada es fundamental para garantizar la efectividad y calidad de cualquier proyecto relacionado con la gestión territorial. Esto asegura una toma de decisiones más sólida y minimiza los riesgos asociados a la planificación y ejecución de proyectos de esta índole.

Con base en lo expuesto, en el estudio Castro et ál. (2021b), fue fundamental utilizar la cartografía base y las líneas base de trabajo comunitario, así como sistemas de información geográfica, para tomar decisiones informadas y desarrollar acciones efectivas que permitan lograr la meta dentro de la gestión territorial. Esto está sujeto a ajustes y adecuaciones según sea necesario, y en este estudio, la cartografía base y las bases de datos institucionales en Colombia permitieron una aproximación primaria al objeto de estudio, lo que ayudó a la comprensión y análisis de la información.

### Figura 3

*Visualización feature class 50.gdb*



Fuente: elaboración propia.

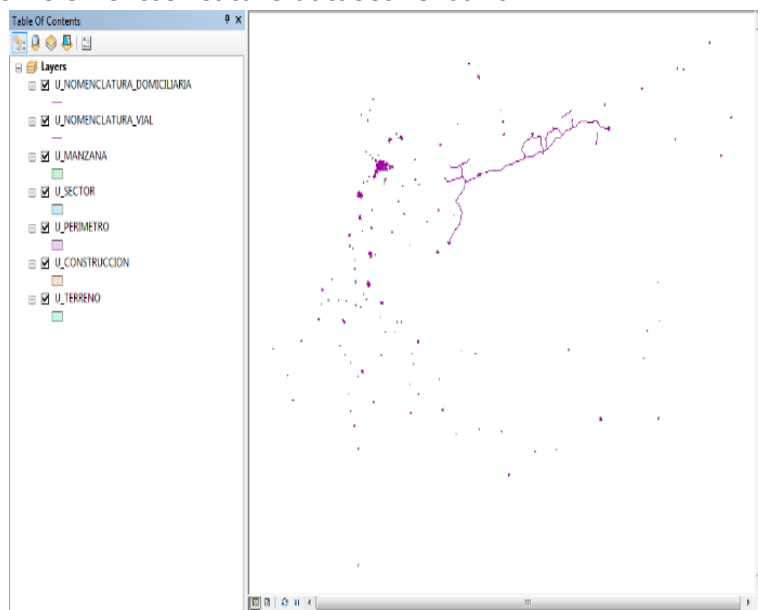
En el *dataset* “Urbano” solo se encuentran 7 clases de elementos, lo que sugiere que los otros tres están vinculados y forman parte de una interacción entre

uno o varios objetos (figura 4). Estas relaciones se establecen con el propósito de evitar posibles errores topológicos durante el proceso de digitalización.

Si bien ArcCatalog es una herramienta valiosa para gestionar, organizar y visualizar los atributos y geometrías de los archivos geográficos, no permite la edición ni la ejecución de otros procesos geoespaciales. Por esta razón, es necesario recurrir a ArcMap para completar la organización de la información y prepararla para su posterior importación en la GDB que se creará. Para obtener una visión completa de todos los elementos del *dataset* “Urbano” se recomienda utilizar el visor de mapas de ArcMap.

#### Figura 4

*Visualización elementos feature dataset “Urbano”.*



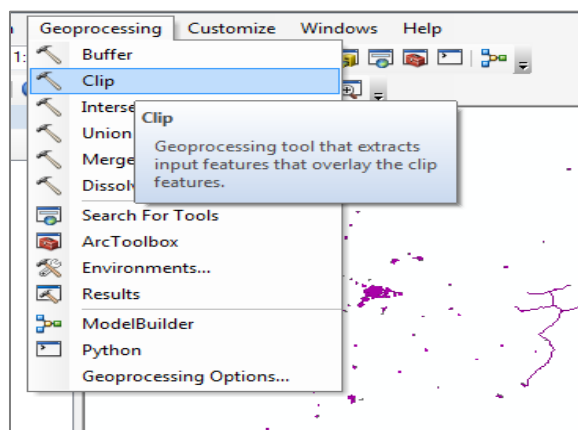
Fuente: elaboración propia.

Las investigaciones de Del Carmen-Niño et ál. (2023) y de Herrera et ál. (2023) han planteado la técnica de cartografía base para la gestión urbana de residuos sólidos, abriendo nuevas perspectivas en la forma de planear su recolección a nivel de ciudad. En esa investigación sucedió lo mismo, pues se abordó el tema desde una perspectiva social y se involucraron aspectos técnicos y de *software*, pero a nivel municipal.

## Depuración de información

**Figura 5**

*Herramienta Clip*



Fuente: elaboración propia.

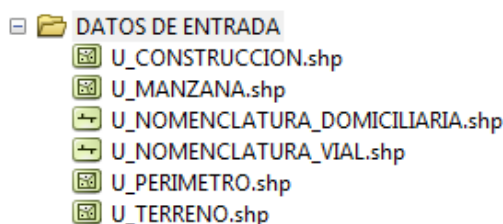
La función *Clip* es una herramienta que permite recortar áreas en forma de polígono y delimitar una capa con líneas, utilizando como referencia el contorno definido por otra capa (figura 5). En este caso se aplicó esta herramienta para recortar todas las capas urbanas usando el polígono que representa el perímetro urbano del municipio en cuestión, denominado “U\_Perimetro”. El objetivo de esta operación es eliminar toda la información que no será relevante para el proyecto. Los resultados del recorte, generados como nuevos archivos *shapefile* (SHP), se almacenaron en una carpeta separada para mantenerlos diferenciados de los datos originales proporcionados por el IGAC. Esta carpeta se denominó “Datos de entrada”, en referencia a los datos base utilizados en el proyecto.

Es imprescindible realizar una conversión del sistema de coordenadas para la información base que se ha separado del resto de los datos departamentales. Los archivos descargados del IGAC están en coordenadas geográficas, pero según las directrices de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), se requiere trabajar con coordenadas planas, considerando las zonas del sistema de referencia oficial del país: Magna Sirgas (Marco Geocéntrico Nacional de Referencia, densificación del Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas). A continuación, se presentan las coordenadas elipsoidales correspondientes al sistema de referencia nacional (figura 6).

## Cambio del sistema de conversiones

**Figura 6**

Visualización carpetas "Datos de entrada".



Fuente: elaboración propia.

En el territorio colombiano se han establecido cinco puntos de origen para la referencia de coordenadas. Estos puntos comparten una latitud común de 4° 35' 46.3215" N, y están separados entre sí por tres grados de longitud (figura 7). Para asegurar una referencia precisa de las coordenadas es esencial utilizar el punto de origen correspondiente a la zona geográfica específica del país. En el siguiente mapa se muestran las distintas zonas donde debe emplearse cada uno de estos puntos de origen para garantizar así una correcta referencia de coordenadas.

**Figura 7**

Zonas según orígenes de coordenada para Colombia

Origen	Coordenadas Elipsoidales	
	Latitud (N)	Longitud (W)
Bogotá-MAGNA	4° 35' 46,3215"	74° 04' 39,0285"
Este Central - MAGNA	4° 35' 46,3215"	71° 04' 39,0285"
Este Este – MAGNA	4° 35' 46,3215"	68° 04' 39,0285"
Oeste – MAGNA	4° 35' 46,3215"	77° 04' 39,0285"
Oeste Oeste – MAGNA	4° 35' 46,3215"	80° 04' 39,0285"

Fuente: elaboración propia.

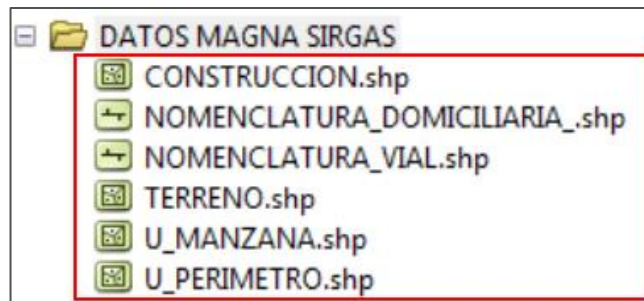
Una vez definidas las bases preliminares, se procedió a transformar las coordenadas geográficas a coordenadas planas para cada uno de los *shapefile* almacenados en la carpeta "Datos de entrada". Para distinguir los datos transformados de los originales, se creó una nueva carpeta denominada "Datos Magna Sirgas", donde se almacenaron los archivos resultantes. La conversión se realizó mediante la herramienta "Proyecto", ubicada en la sección "ArcToolbox - Data Management Tools - Projections and Transformations".

Tras completar la conversión de coordenadas para cada *shapefile* en la carpeta "Datos de entrada", se generó la carpeta "Datos Magna Sirgas", que

contiene todos los elementos proyectados correspondientes al área de estudio (figura 8). En este caso, se utilizó la zona “MAGNA\_Colombia\_Bogotá”, que corresponde a la ubicación geográfica del casco urbano.

### Figura 8

*Carpeta "DATOS MAGNA SIRGAS" con los shapefile proyectados.*



Fuente: elaboración propia.

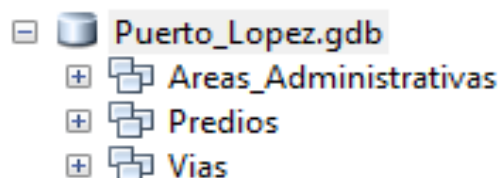
### Creación de File Geodatabase (GDB)

Una vez depurados y proyectados los datos según la zona geográfica del casco urbano del municipio, se procede a crear e importar los archivos a una *File Geodatabase* (GDB). Para crear la GDB, se accede a ArcCatalog, se hace *clic* derecho en la carpeta donde se desea crear la GDB, se selecciona “New” y luego “File Geodatabase”. Los pasos detallados para crear una GDB en ArcCatalog son los siguientes: después de crear la geodatabase, se le asigna el nombre “Puerto\_Lopez.gdb”.

A continuación, se procede a crear los *feature dataset*, que permiten organizar los *feature class* en función de entidades que tienen una relación entre sí, estructurando la información de manera lógica. Para crear un *feature dataset*, se hace *clic* derecho sobre la geodatabase “Puerto\_Lopez.gdb”, se selecciona “New” y luego “Feature Dataset” (figura 9).

### Figura 9

*Feature dataset GDB "Puerto\_Lopez.gdb".*



Fuente: elaboración propia.

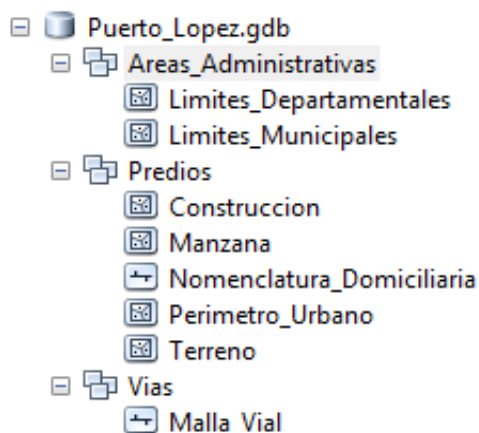
## El conjunto de datos

El conjunto de datos “Areas\_Administrativas” (figura 10) proporciona información en forma de polígonos que representa los límites administrativos de los departamentos de Colombia y los municipios del departamento del Meta. Estos datos se utilizarán para visualizar el mapa de ubicación en las salidas gráficas de las rutas de recolección. Por otro lado, el conjunto de datos “Predios” incluye los archivos catastrales del IGAC, que ofrecen detalles sobre la propiedad del terreno, la nomenclatura domiciliaria, las construcciones, las manzanas y los perímetros. Estos *feature class* están interrelacionados y se complementan entre sí.

Finalmente, el conjunto de datos “Vías” se refiere a la red de carreteras y calles del área urbana del municipio, información esencial para el diseño de las rutas de recolección. En la fase 2 del proyecto se realizará el tratamiento de la información, con el objetivo de crear una geodatabase (GDB) que permita elaborar un diseño detallado de las rutas de recolección.

**Figura 10**

“Puerto\_Lopez.gdb”.



Fuente: elaboración propia.

La implementación de una GDB ofrece múltiples ventajas para el proyecto. Al centralizar toda la información en un único archivo, se previene la desorganización y la pérdida de datos. Además, facilita el manejo y almacenamiento de la información, ya que los archivos dentro de esta tienen un tamaño reducido en comparación con los archivos *shapefile*. Esto contribuye a un mejor rendimiento y optimización del proyecto.

Con base en todo lo sistematizado, cabe destacar que hasta este punto ya se tiene una aproximación desde esta investigación a las rutas, el rendimiento y la optimización de cómo se deben realizar. Sin embargo, este proceso de diseño de

rutas no ha tenido un visto bueno o una validación social con los recolectores de residuos sólidos urbanos, lo cual es planteado como una prioridad en los estudios de Carvajal et ál. (2022), quienes establecen la necesidad de involucrar aspectos técnicos y de toma de decisiones institucionales o de problemáticas de política pública que deben ser consultados a nivel ciudadano. Desde esta investigación se buscó esa articulación que también plantean Patiga Tapia et ál. (2024), relacionada con la necesidad de ir en paralelo en una construcción con las comunidades para generar marcos de gestión pública y gestión ambiental que permitan mitigar un problema ambiental ocasionado por los residuos sólidos en un territorio determinado. Por estas razones, este proyecto tiene como focos la planificación y el protocolo de tener un plan estratégico y seguir un mecanismo para minimizar la generación de residuos sólidos; esta idea es expuesta en los estudios de Herrera et ál. (2023), quienes establecen la necesidad de que los residuos sólidos urbanos tengan una mirada social y una planificación que puede estar dentro de los ejes gubernamentales y salir de los mismos para generar procesos de gobernanza.

### **Diseño de rutas de recolección**

Tras completar el procesamiento de la información cartográfica base, se avanzó a la siguiente etapa del proyecto, que consistió en el trabajo de campo con los recicladores del municipio. El primer paso fue delimitar el sistema de transectos de recolección existentes y que la asociación utilizaba en el área de estudio. Para organizar eficazmente esta tarea se establecieron dos mesas de trabajo y se programaron cinco jornadas.

Durante estas jornadas se proporcionó a los recicladores un mapa detallado del área urbana, conforme a la clasificación urbana del núcleo poblado. Se les pidió que trazaran visualmente las calles que recorrían habitualmente durante la recolección de materiales reciclables, con el objetivo de obtener una representación gráfica clara de las rutas actuales y su extensión. Este ejercicio, que también fue documentado en los estudios de Larrea Botero (2022), permitió recopilar información precisa sobre las rutas de recolección existentes, que posteriormente se utilizó para diseñar rutas más eficientes que reducen los tiempos de recolección y transporte de los materiales reciclables.

### **Trabajo de intervención con las comunidades**

En esta investigación se adoptó un enfoque participativo para abordar la problemática, con el objetivo de visibilizar y reconocer la valiosa labor de los recicladores de oficio. De esta manera, se establecieron puentes de comunicación con actores institucionales para fomentar el trabajo colaborativo, lo cual permitió



una exploración exhaustiva de las limitaciones que surgen cuando no existe un sistema de recolección de residuos que garantice el bienestar de la población.

El enfoque participativo permitió integrar a los recicladores de oficio como actores clave en el proceso de investigación; su conocimiento y experiencia local son de gran valor y enriquecieron significativamente la comprensión de la problemática, y al mismo tiempo facilitaron la identificación precisa de las limitaciones y desafíos que enfrentan a diario. Esta colaboración con actores institucionales fue crucial para establecer una comunicación fluida y construir un trabajo conjunto, y proporcionó acceso a información valiosa, así como el respaldo necesario para llevar a cabo el estudio de manera efectiva. A través de un enfoque multidisciplinario se exploraron integralmente las implicaciones y consecuencias de la falta de un sistema adecuado de recolección de residuos.

De igual forma, el uso de este enfoque posibilitó una comprensión profunda de las dificultades que enfrenta la población debido a la ausencia de un sistema eficiente de recolección de residuos y que están relacionadas con la salud, el medio ambiente, la calidad de vida y el bienestar general de las comunidades. También fue de gran ayuda en la identificación de soluciones y propuestas concretas basadas en el conocimiento local y la participación de recicladores y otros actores involucrados. Este estudio ha generado propuestas y acciones concretas para mejorar la situación actual y avanzar hacia una gestión de residuos más efectiva y sostenible.

Por otro lado, se implementaron actividades de acompañamiento a los recicladores, con el objetivo de comprobar la veracidad de la información construida en las cartas y planos urbanos temáticos y certificar que las calles señaladas sí se estuvieran recorriendo durante el proceso de recolección de materiales reciclables (figura 11). Durante el acompañamiento en campo se trazaron las rutas mediante GPS en la aplicación *offline* Maps. La combinación de los datos obtenidos de los mapas temáticos y la validación realizada en terreno de las rutas permitió obtener el resultado deseado: un conocimiento preciso de las rutas recorridas por los recicladores afiliados a la *Asociación Recuperarte* en el área urbana (figura 12). Este enfoque garantizó la precisión de la información geográfica recopilada y validó la eficacia de las rutas establecidas.

Estos hallazgos presentados están conectados con los estudios de Severiche et ál. (2023), quienes han planteado la necesidad de intervención en la construcción de ideas que apunten a la sostenibilidad. En esta investigación, la respuesta del grupo focal de recicladores de oficio fue positiva frente la propuesta de diseñar y hacer un procedimiento de rutas de recolección de residuos, no solo como una estrategia de mejora pública sino también como una oportunidad de mejorar la labor del reciclador de oficio. Andrade y Arbeláez (2024) también

simplifican este concepto al plantear que la realidad de los recicladores de oficio es compleja, ya que no hay políticas públicas que los amparen o mecanismos jurídicos que contribuyan a la asociatividad y generen estrategias en el terreno de la recuperación de residuos sólidos; este fue uno de los problemas que se trató de subsanar en este estudio.

**Figura 11**

*Delimitación de rutas*



Fuente: elaboración propia con participación de la comunidad.

**Figura 12**

*Mapa temático con las rutas actuales que cubre la asociación en Puerto López*



Fuente: elaboración propia.

## CITAS

e-ISSN: 2422-4529 | <https://doi.org/10.15332/24224529>

Vol. 10 N.º 2 | julio-diciembre de 2024

## **Diseño de las microrrutas**

Para el proceso de diseño y delimitación de las microrrutas para la recolección de residuos aprovechables en el área urbana se utilizó la información recopilada durante el trabajo de campo y diversas herramientas de geoprocésamiento.

En primer lugar, se llevó a cabo la delimitación de los barrios del municipio, lo que proporcionó una comprensión clara de los límites geográficos dentro del casco urbano. Sin embargo, el mapa barrial se encontraba en formato PDF, por lo que fue necesario convertirlo a formato TIFF para poder visualizarlo en ArcMap. Posteriormente, se realizó su georreferenciación y se procedió a la digitalización de los elementos, específicamente los barrios del municipio.

Una vez se tuvieron los límites geográficos establecidos, se procedió al diseño de las rutas de recolección, considerando los barrios urbanos. El proceso consistió en agrupar los barrios cercanos para crear las microrrutas, y a partir de las microrrutas cercanas se formaron las microrrutas en todo el municipio. Este diseño y delimitación de las rutas se llevó a cabo con el apoyo de diversas herramientas proporcionadas por los sistemas de información geográfica, como la edición de geometrías, la creación y edición de tablas de atributos, la creación de nuevos elementos y la aplicación de geoprocésos específicos de los SIG.

En total, se diseñaron y delimitaron 13 microrrutas en el área urbana. Es importante destacar que este diseño y delimitación se realizó siguiendo las directrices establecidas por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios en su Resolución 20174000237705 del 5 de diciembre de 2017; esta resolución exige el registro de microrrutas siguiendo indicaciones y criterios específicos. Así, el diseño y delimitación de las 13 microrrutas cumplió con los estándares y normativas necesarios para su posterior implementación en el municipio (figura 13).

### **Figura 13**

*Consulta de la norma*

Microrruta	Tipo de microrruta	Fecha de entrada en operación	Dirección del predio de inicio de la microrruta	Hora de inicio de la microrruta	Dirección del predio de finalización de la microrruta	Hora de finalización de la microrruta	Distancia en vía pavimentada de la microrruta (km)	Distancia en vía no pavimentada de la microrruta (km)	Frecuencia (veces/semana)	Días de frecuencia	Estación de transferencia	Tipo de barrido
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Fuente: elaboración propia con datos de la Resolución 20174000237705 de 05/12/2017, consultada el 12 de mayo de 2021.

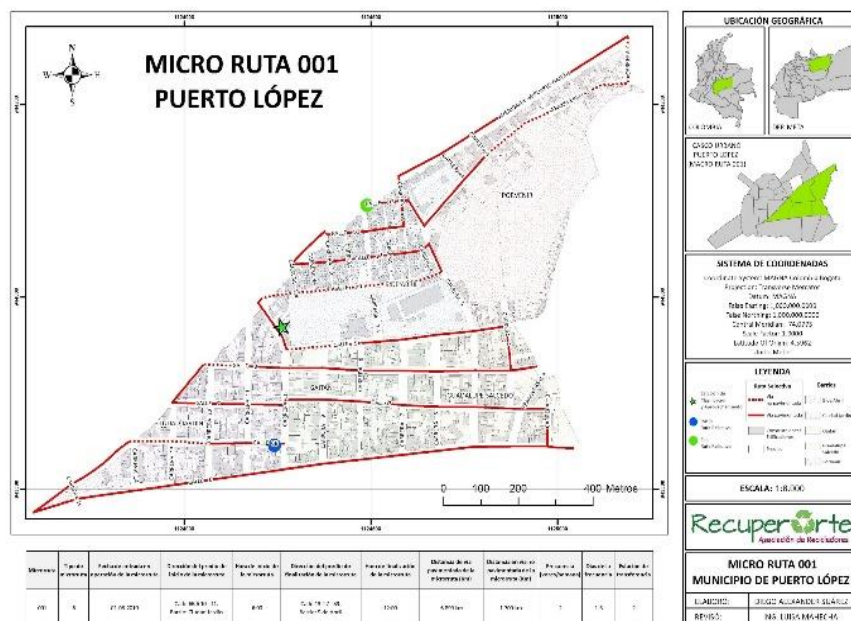
Para llegar al diseño de las microrrutas fue necesario conectar con el conocimiento local como estrategia, por esta razón se vincularon los recolectores de oficio. Estos se mostraron satisfechos con el proceso y manifestaron que era la primera vez que se sentían incluidos en una toma de decisiones que podría beneficiarlos. Desde la perspectiva de Domínguez Angarita (2023), este proceso de vinculación con las minorías es una alternativa igualitaria para tomar decisiones consultadas con los grupos objeto de la solución de un problema público, como la gestión ineficiente de residuos sólidos.

### Registro de información de rutas

Después de llevar a cabo los geoprocursos necesarios en la GDB y de considerar las directrices de la SSPD, se procede a registrar la información de las microrrutas para poder suministrarla al Sistema Único de Información (SUI). El objetivo principal de este registro es cumplir con los requisitos establecidos por la SSPD en cuanto al registro de información de microrrutas. La información registrada incluye detalles como el número de la microrruta, la fecha de registro, los barrios que cubre la ruta, el nombre de la persona encargada de la recolección y la cantidad de residuos aprovechables recolectados por día. Al completar este proceso se obtiene un registro completo y detallado de las microrrutas en el municipio (figura 14), lo que permitirá un mejor control y seguimiento del proceso de recolección de residuos aprovechables en la zona urbana del municipio.

**Figura 14**

*Mapa de las trece rutas propuestas para la gestión de residuos en Puerto López*



Fuente: elaboración propia

La figura 14 muestra el diseño de las 13 rutas que fueron establecidas para la gestión de residuos sólidos, con el fin de fomentar el desarrollo sostenible y reducir el impacto ambiental causado por la alta generación de residuos en el municipio. Estas rutas contribuyen significativamente al trabajo de los recicladores de residuos sólidos, quienes actualmente son subvalorados a pesar de su papel fundamental en la gestión y cuidado del medio ambiente.

Esta fase de registro fue el producto final de esta investigación que tiene un alto nivel de incidencia, pues entrega un registro de información de las rutas y un oficio con las mismas a la Alcaldía municipal de Puerto López (Meta). Así mismo, el proyecto construyó las bases para una asociatividad de los recicladores y un manual de gestión de los residuos sólidos con base en estas rutas.

La participación social fue el fenómeno que incidió de manera positiva en el proceso de investigación, y al combinar el paradigma técnico y académico con la necesidad social, se estableció un diálogo que afloró en un producto final concreto: el registro de información de rutas y los diseños de las microrrutas fueron logrados desde la oportunidad para los recicladores de oficio. Esta forma de trabajo está muy presente en los estudios de Miranda et ál. (2023), quienes plantearon la gestión de residuos de una forma más inclusiva con el ciudadano. En tanto, Del Carmen-Niño et ál. (2023) destacan la importancia de elementos técnicos en lo social, sin segregar, porque lo social finalmente sustenta y valida la

CITAS

e-ISSN: 2422-4529 | <https://doi.org/10.15332/24224529>

Vol. 10 N.º 2 | julio-diciembre de 2024



necesidad de realizar una gestión de rutas en la ciudad. Para Mendoza (2023), esta es una forma de incidir desde la investigación.

## Conclusiones

Esta investigación abordó la gestión de residuos sólidos en el municipio de Puerto López (Meta), y enfrentó varios desafíos a lo largo de su implementación. Uno de los retos más significativos fue la formalización de los recicladores informales y su transición a convertirse en prestadores de servicios públicos reconocidos. Este proceso implicó cumplir con los requisitos establecidos en el Decreto 596 de 2016, lo que demandó un esfuerzo conjunto de las asociaciones de recicladores, la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios y otras entidades involucradas. La implementación de sistemas de georreferenciación y la definición de microrrutas de recolección también presentaron retos técnicos y logísticos que debieron ser superados. Asimismo, la promoción de una cultura de aprovechamiento y reciclaje en la región requirió de una labor de sensibilización y educación ambiental en las comunidades.

A pesar de los desafíos mencionados, el proyecto de gestión de contaminantes sólidos aprovechables generó diversas oportunidades para el municipio y sus habitantes, entre las que se destaca la formalización de los recicladores informales, que permitió reconocer su labor como un servicio público formalizado, lo cual no solo les brinda una mayor estabilidad laboral, sino que también contribuye a mejorar el bienestar de las personas y sus hogares.

Además, la implementación de sistemas de georreferenciación y la organización de rutas acordes al territorio para la recolección de residuos permitió optimizar los procesos de reciclaje, reducir costos y tiempos e innovar en la calidad de la prestación del servicio a la población. El adecuado manejo de los residuos sólidos también puede generar oportunidades económicas, como la creación de empleos verdes y la promoción de actividades relacionadas con el reciclaje y la economía circular. Por último, el proyecto fomentó la sensibilidad ambiental y la colaboración de las partes interesadas en el sistema de gestión de residuos, lo cual puede sentar las bases para una mayor sostenibilidad ambiental en el municipio y en la región.

En conjunto, estos resultados contribuyeron a la mejora de la problemática socioambiental ocasionada por el manejo de los residuos sólidos en el municipio, fomentaron una cultura de aprovechamiento y reciclaje y promovieron la formalización de los recicladores informales. También se sentaron las bases para realizar un mejor control y seguimiento de las rutas de recolección, de esta manera

se optimizó el servicio público de aseo y, consecuentemente, se benefició al medio ambiente.

Asimismo, la planificación para la gestión del aprovechamiento de residuos sólidos impactó positivamente en la zona de estudio, pues el municipio dio un paso valiente y determinante hacia un futuro más sostenible. A pesar de los desafíos encontrados, esta iniciativa logró una transformación en la manera en que se manejan los residuos sólidos en el municipio, con lo que se generaron oportunidades significativas y se orientó un cambio positivo en la comunidad.

Una propuesta clave implementada en este proyecto fue la creación de microrrutas de recolección de residuos, las cuales han demostrado ser una solución eficiente y efectiva para abordar la problemática de manejo de residuos a nivel local. Estas microrrutas han permitido una repartición más equilibrada de los recursos y una optimización de los procesos de recolección, reduciendo así los costos y tiempos involucrados.

Es fundamental replicar este tipo de proyectos en otras comunidades, ya que la gestión de residuos es un desafío global que requiere acciones locales. Al adoptar enfoques similares se puede construir un futuro más sostenible, donde la gestión de residuos sea eficiente, responsable y generadora de oportunidades. Esta experiencia inspira a tomar medidas concretas y a trabajar juntos para crear un mundo más limpio y saludable para las generaciones futuras.

## Referencias

- Andrade, R. A., y Arbeláez, J. S. (2024). Perfil vincular de los recolectores de café del municipio de Circasia (Quindío). *Ánfora*, 31(56), 226-257.
- Ardila, N. (2018). En cuatro municipios de Meta el manejo de residuos sólidos es crítico. *El Tiempo*. <https://www.eltiempo.com/colombia/rellenos-sanitarios-en-el-meta-309654>
- Banco Mundial. (2018). *Informe del Banco Mundial: Los desechos a nivel mundial crecerán un 70 % para 2050, a menos que se adopten medidas urgentes*. <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2018/09/20/global-waste-to-grow-by-70-percent-by-2050-unless-urgent-action-is-taken-world-bank-report>
- Carvajal, H., Teijeiro, M. y García, M. (2022). Análisis de la gestión de los residuos sólidos urbanos en Europa. *Universidad y Sociedad*, 14(1), 402-415.
- Caldera, W., Barrios, A., Garizábal, M. y Hernández, O. (2020). Responsabilidad social empresarial en las cooperativas multiactivas de Barranquilla: dimensión interna. *Criterio Libre*, 18(33), 203-222. <https://doi.org/10.18041/1900-0642/criteriolibre.2020v18n33.7537>
- Cardona, J. C., Cubides, F. A. y Lamprea, M. C. (2021). Aproximaciones al concepto de ambiente: percepciones de adolescentes. *Revista Guatemalteca de Educación Superior*, 4(1), 32-42. <https://doi.org/10.46954/revistages.v4i1.52>
- Cardona, J. C. (2024). Vínculo de un grupo de jóvenes con su espacio habitado durante la pandemia. *Prometeica - Revista de Filosofía y Ciencias*, (30), 111-130. <https://doi.org/10.34024/prometeica.2024.30.16497>

## CITAS

e-ISSN: 2422-4529 |  <https://doi.org/10.15332/24224529>

Vol. 10 N.º 2 | julio-diciembre de 2024



- Castro, H., Torres, D. y Gallardo, N. (2020). Análisis de la intervención antrópica en cuerpos de agua: caso caño Banderas, en el municipio Puerto López (Meta, Colombia). *Tecnura*, 24(65), 77-84. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-921X2020000300077](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-921X2020000300077)
- Castro, H., Ávila, H. y Salcedo, O. (2021a). Gestión de residuos líquidos: análisis de la generación de avus, en restaurantes y cafeterías de la comuna cuatro de Villavicencio (Meta, Colombia). *Revista Boletín Redipe*, 10(12), 424-444. <https://doi.org/10.36260/rbr.v10i12.1599>
- Castro, H., Sánchez, J. y Rivas, E. (2021b). Efectos ambientales: análisis de los impactos presentes en un cuerpo de agua urbano en la ciudad de Villavicencio (Meta, Colombia). *Revista Boletín Redipe*, 10(12), 445-456. <https://doi.org/10.36260/rbr.v10i12.1601>
- Dereci, U. y Karabekmez, M. (2022). The applications of multiple route optimization heuristics and meta-heuristic algorithms to solid waste transportation: A case study in Turkey. *Decision Analytics Journal*, 4(1), 100113. <https://doi.org/10.1016/j.dajour.2022.100113>
- Del Carmen-Niño, V., Herrera, R., Juárez, A., Sampedro, M. y Reyes, M. (2023). Municipal solid waste collection: challenges, strategies and perspectives in the optimization of a municipal route in a Southern Mexican Town. *Sustainability*, 15(2). <https://doi.org/10.3390/su15021083>
- Déniz, J. J. y Verona, M. C. (2017). Modelos causales de indicadores en la información corporativa sobre sostenibilidad. *Criterio Libre*, 10(16), 69-88.
- Domínguez Angarita, M. (2023). *Mercado del desperdicio: una oportunidad de dignificación laboral* [Tesis de pregrado, Universidad de los Andes]. Repositorio Uniandes. <https://hdl.handle.net/1992/74367>
- Franco, L. J., Meza, M. A. y Almeida, J. E. (2018). Situación de la disposición final de residuos sólidos en el área metropolitana de Bucaramanga: caso relleno sanitario El Carrasco (revisión). *Avances Investigación en Ingeniería*, 15(1), 180-193. <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.4735>
- Gutiérrez, L. (2015). Problemática de la educación ambiental en las instituciones educativas. *Revista Científica*, 23, 57-76.
- Hurtado Granja, D. M., y Batíoja, S. P. (2022). Manejo y aprovechamiento de los residuos sólidos para el fortalecimiento de la cultura ambiental. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(2), 1071-1082. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v6i2.1940](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i2.1940)
- Herrera, M. G., Valiente, Y. M., Garibay, J. V. y Herrera, S. (2023). Manejo de residuos sólidos en la gestión municipal: revisión sistémica. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, 8(16), 150-170. <https://doi.org/10.35381/r.k.v8i16.2540>
- Joya, L. A. y Vargas, F. O. (2019). Planeación estratégica como herramienta de gerencia social para el fortalecimiento empresarial de la organización Mapronal, de acuerdo con el decreto nacional 596 de 2016, que establece la operación y el periodo de formalización de los recicladores de oficio, Bogotá-Colombia [Tesis de maestría, Corporación Universitaria Minuto de Dios]. Repositorio institucional Uniminuto. <https://repository.uniminuto.edu/handle/10656/10962>
- Larrea, M. S. (2022). Implementación de la política pública de inclusión de recicladores de oficio en Colombia: caso municipio de El Santuario, Antioquia [Tesis de pregrado, Universidad de Antioquia]. Repositorio institucional de la Universidad de Antioquia. <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/30540>
- McCall, M. y Minang, P. (2006). Assessing participatory GIS for community-based natural resource management: Claiming community forests in Cameroon. *The Geographical Journal*, 171, 340-356. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4959.2005.00173.x>

- Mendieta, L. M., Vargas, J. A. y Mendieta, A. I. (2020). Aplicación de instrumentos internacionales de Derechos Humanos a las personas privadas de la libertad en Colombia. *Derecho y Realidad*, 18(35). <https://doi.org/10.19053/16923936.v18.n35.2020.10226>
- Mendoza, C. V. (2023). Impacto de la participación ciudadana en la gestión de residuos sólidos urbanos. *I+D Internacional Revista Científica y Académica*, 2(1), 23-36.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (Minvivienda). (2022). *Decreto 596 de 2016—Gestor Normativo*. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=69038>
- Miranda, O., Oyaga, R. F., Salas, A. R., Foris, Y. e Ibarguen, J. C. (2023). Impacto ambiental del botadero de residuos sólidos a cielo abierto en el corregimiento de Córdoba, departamento del Valle del Cauca. *Ingeniería e Innovación*, 11(1). <https://doi.org/10.21897/rri.3339>
- Monterrosa- Blanco, H. (2019). Colombia podría aprovechar 40 % de las toneladas de residuos que genere anualmente. *La República*. <https://bit.ly/4hXfeRV>
- Patiga Tapia, A., Bedoya, R., Rosas, J. L. y Solís, J. A. (2024). Diseño de un programa de educación ambiental no formal para el manejo de residuos sólidos y aguas residuales en dos localidades rurales del Estado de Guerrero. *FGDP revista Feglinin*, 8(29). <https://federacionglobal.com/FEGLININ/No29/jun2024/Vol-1/index.html>
- Sánchez, M. P., Cruz, J. G. y Maldonado, P. C. (2019). Gestión de residuos sólidos urbanos en América Latina: un análisis desde la perspectiva de la generación. *Revista Finanzas y Política Económica*, 11(2), 321-336. <http://doi.org/10.14718/revfinanzpolitecon.2019.11.2.6>
- Sarmah, S. P., Yadav, R. Y Rathore, P. (2019). Development of vehicle routing model in urban solid waste management system under periodic variation: A case study. *IFAC-PapersOnLine*, 52 (13), 1961-1965. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.11.490>
- Severiche, C. A., Castellon, L. L. y Medina, J. T. (2023). Políticas públicas ambientales para la salud laboral: propuesta de un modelo en recolectores de residuos sólidos urbanos. *Criterio Libre*, 21(38). <https://doi.org/10.18041/1900-0642/criteriolibre.2023v21n38.9861>
- Suárez-Moreno, D. A. (2020). *Diseño e implementación de rutas de recolección de residuos aprovechables en el casco urbano del municipio de Puerto López* [Tesis de pregrado, Universidad Santo Tomás]. Repositorio USTA. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/28107>
- Tovar, L. F. (2018). Formalización de las organizaciones de recicladores de oficio en Bogotá: reflexiones desde la economía popular. *Íconos*, (62), 39-63. <https://doi.org/10.17141/iconos.62.2018.3230>
- Usaquén Chía, M. I. y Sánchez Muñoz, M. (2014). Determinantes de la generación de residuos sólidos en diez municipios representativos del departamento de Cundinamarca, 2007-2012. *Criterio Libre*, 12(20), 139-162. <https://doi.org/10.18041/1900-0642/criteriolibre.2014v12n20.184>
- Vargas Lasso, W. C. y Hoguín Aguirre, M. T. (2022). La contabilidad ambiental en los reportes de sostenibilidad: un análisis enfocado en ocho instituciones de educación superior en Colombia. *Criterio Libre*, 19(34), 55-83. <https://doi.org/10.18041/1900-0642/criteriolibre.2021v19n34.7948>