

# Recolección de Residuos Sólidos Urbanos en Argentina. Revisión Bibliográfica

Carlos MARCOS  
marcoscarlooseduardo@gmail.com

Fernanda MARTINEZ MICAKOSKI  
fer\_micakoski@yahoo.com

Luciana PEREZ ANGUEIRA  
lucianaperezangueira@hotmail.com

Adhemar ENRIETTI  
adhemarenrietti@yahoo.com.ar

Gonzalo GASSELE  
gasselegonzalo@hotmail.com

Emanuel ARQUÉ  
ciberema@gmail.com

Christian MOLINA  
christian0092@gmail.com  
Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Trenque Lauquen

## Resumen

En el marco del proyecto de investigación “Optimización de las rutas de recolección de residuos sólidos urbanos en la ciudad de Trenque Lauquen” de la Universidad Tecnológica Nacional, es de interés conocer los artículos de investigación científica asociados a la gestión de residuos sólidos en la Argentina, con especial foco en la problemática del ruteo para su recolección. El presente documento es una revisión bibliográfica que clasifica los artículos de investigación disponibles en los repositorios digitales de manera que el lector pueda individualizar con rapidez aquellos que se relacionan con su campo de interés. Cada categoría es descripta brevemente con algunos ejemplos claves tomados de la tabla que contiene el total de referencias vinculadas a esa temática que se encuentra al concluir la misma.

## 1. Introducción

El proyecto de investigación consiste en un desarrollo experimental de optimización de las rutas de recolección de los residuos sólidos urbanos (RSU) y su transporte a las plantas de tratamiento y disposición final en la ciudad de Trenque Lauquen.

En el marco de dicho proyecto es de interés conocer los artículos de investigación científica asociados a la gestión de residuos sólidos en la Argentina, con especial foco en la problemática de su recolección que nos permita recoger experiencias locales.

Para ello se realizó una búsqueda de aquellas publicaciones que estuvieran vinculadas a nuestro país y cuya consulta se pueda hacer en forma virtual.

Las publicaciones clasificadas están referidas a los distintos aspectos que forman parte de la gestión de residuos sólidos urbanos: dimensionamiento de los residuos, contenedores domiciliarios, recolección, depósitos, reciclaje y lugares de disposición final.



Figura 1. Artículos publicados por período.

El interés sobre esta temática en nuestro país ha venido creciendo en las últimas dos décadas y se puede visualizar en base a la cantidad de artículos publicados desde el año 1997 a la fecha (ver Figura 1).

Las investigaciones realizadas sobre casos reales se distribuyen a lo largo del país, siendo la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y distritos de la Provincia de Buenos Aires, Córdoba y Entre Ríos los que concentran la mayor cantidad de artículos.

El problema del ruteo para recolectar la basura en general recae sobre los propios conductores de los

camiones, lo que suele traer aparejados inconvenientes en la confiabilidad del servicio debido a que, por diversos motivos, en reiteradas ocasiones se “saltean” algunas cuadras, aumentan los costos debido a que las trayectorias no son óptimas, el crecimiento de las ciudades obliga a modificar los trayectos tradicionales y alterar su frecuencia, etc. Para los Municipios, la recolección de los residuos constituye el 80% de los costos asociados al servicio [55, 56], por lo tanto, es de vital importancia su optimización.

Para diseñar un recorrido efectivo, se debe poder dimensionar el volumen de residuos a recolectar, la ubicación, cantidad y capacidad de los contenedores donde se almacenarán hasta su retiro, la frecuencia con la que se deben recolectar, las normativas vigentes de acuerdo con cada tipo de residuo, los trayectos posibles en base a las restricciones de circulación, horarios disponibles, acuerdos sindicales, nivel de tráfico, capacidad de los puntos de transferencia, ubicación de los depósitos, etc. Por lo tanto, poder acceder rápidamente a la bibliografía existente sobre esta temática y de algún modo facilitar el contacto con los investigadores que las llevaron a cabo en nuestro país facilita enormemente la tarea para cada persona interesada en esta temática.

Dado la cantidad de enfoques posibles para abordar el problema se ha clasificado la información de los artículos en categorías, mencionándose ejemplos de los artículos más significativos que abordan dicha temática. Al finalizar cada categoría se puede encontrar un cuadro individualizando los artículos asociados a cada tema.

Las categorías en que se ha clasificado la información de las publicaciones son: Objetivos, Tipo de residuos, Tipo de ruteo, Tipo de caso, Ubicación, Variables en la resolución, Método de resolución y Software.

En lo que concierne a la diferenciación de los contenedores por tipo de residuo no se incluyó como categoría porque las publicaciones describen la recolección basados en un único tipo de contenedor por trayecto, ya sea para residuos diferenciados o no, por lo tanto, no hay diferencias respecto a las soluciones a las que arriban en base a este tópico.

De manera similar, la posibilidad de contar con un único o múltiples recolectores (personas o vehículos) es abordado como si fuera uno solo por ruta o zona de manera que no tienen impacto en las conclusiones más allá de evaluar distintos horarios para la recolección de manera de poder reutilizarlos cuando no son suficientes para hacer todos los recorridos en simultáneo.

Tampoco se clasifican los artículos en base a poseer un solo o múltiples lugares de disposición o depósito por ruta ya que en caso de existir más de uno los autores plantean una zonificación en base a la cercanía de cada depósito.

## 2. Objetivos

La gestión de residuos sólidos urbanos posee varias áreas a resolver, donde el ruteo es una muy importante pero no la única. Se consideran 7 subdivisiones principales:

**Dimensionamiento de los residuos:** Esto impactará en los trayectos, ya que comparando la capacidad de los recolectores y el volumen a recoger determinará la frecuencia, y los sitios de inicio y descarga de manera de minimizar, por ejemplo, la longitud del trayecto total. La metodología utilizada para obtener el dimensionamiento tiene dos enfoques: relevamientos estratificados de los residuos en viviendas para luego estimar el volumen total, y la medición en el punto de acopio de los residuos de toda la ciudad para luego estimar el volumen por vivienda y/o habitante.

En [1] encontramos un muestreo estratificado de ciudades medias de la provincia de Buenos Aires. El dimensionamiento se realiza sobre bolsas individuales atendiendo a la composición socioespacial de cuatro ciudades seleccionadas. El relevamiento se realiza en cuatro meses del año para captar la estacionalidad de los residuos y los resultados se detallan en reciclables orgánicos e inorgánicos, no reciclables y peligrosos. Se realiza una estimación del volumen generado por kg/día/hab. En [3] se encuentra una influencia definida del nivel socioeconómico de las viviendas en la composición de sus residuos en el norte del país y se hace una comparativa con otros estudios del resto del país. En [20] se dimensiona la generación diaria de residuos patógenos diferenciando por establecimientos de salud.

**Dimensionamiento económico de los residuos:** Cuando se desea evaluar la viabilidad de implementar un servicio diferenciado de recolección de residuos resulta muy interesante analizar el impacto económico, tanto positivo como negativo, que es posible obtener reciclando los materiales desechados.

En [17] se realiza una cuantificación económica tanto de la inversión como de los gastos corrientes para la gestión de los RSU en una ciudad de 750 viviendas y el recupero posible a partir de los residuos reciclables. En [25] se estiman para la ciudad de Avellaneda (Buenos Aires) los costos anuales no solo de la recolección, traslado y disposición final sino también otros costos asociados.

**Evaluación de eficiencia:** como todo servicio que se desea optimizar, es necesario definir métricas que permitan evaluar la evolución del proceso a medida que se introducen cambios, o realizar un benchmarking con otros servicios de similares características. Para ello necesitamos medir la eficiencia de cada etapa de la gestión de los residuos. En [36] se utiliza la técnica no paramétrica de evaluación de eficiencia DEA (Data Envelopment Analysis) para generar una herramienta de comparación de los servicios entre distintos municipios.

**Localización de contenedores / puntos de acumulación:** Una forma de innovar en la recolección puede ser que se evite recoger los residuos en cada

domicilio y se opte por fijar puntos de acumulación donde los ciudadanos o un servicio previo de recolección masiva reúna los residuos para ser retirados definitivamente. En [48, 51, 54, 56] se optimiza la localización de los contenedores de diversos tipos, con diferencias en las capacidades y el espacio que ocupan. En [55] se determinan los puntos de acumulación de las hojas y otros residuos que manualmente se barren en las calles para luego ser retiradas por los camiones.

**Localización de lugar de tratamiento/disposición final:** No es un tema menor la elección del lugar de tratamiento o disposición final, ya que su ubicación puede impactar directamente en los costos de la recolección. En [44] se evalúa la ubicación de una planta de tratamiento de los envases de residuos agroquímicos de 21 municipios del sudoeste de la provincia de Buenos Aires.

**Normativas:** Existen numerosas normativas respecto de la gestión de residuos sólidos, de ámbito nacional, provincial y municipal. Todo diseño debe poder encuadrarse dentro del marco legal. En [22] podemos encontrar las normativas para 12 provincias de la Argentina. En [32] se enumeran los marcos legales para residuos peligrosos y residuos biopatógenos por jurisdicción de Argentina. En [38] se realiza una interpretación de la legislación vigente en Córdoba para incluir los Residuos de Aparato Eléctrico y Electrónico.

**Recolección:** Este es el objetivo más frecuente por ser el de mayor impacto. Se lo subdivide a su vez en cuatro enfoques:

*Microemprendimientos y cooperativas:* incorporando sectores privados en la recolección puede mejorar la eficiencia del proceso. En [7] se focaliza en los microemprendimientos locales en la provisión de servicios ambientales urbanos en Buenos Aires y en Rosario y, por otra, se consideran dos casos donde el microcrédito ha contribuido a fortalecer la oferta atomizada de servicios ambientales urbanos.

*Recorrido:* Con foco en el ruteo. En [9, 11, 15, 18, 23] se optimiza la prestación del servicio de recolección diferenciada y transporte de los residuos patógenos generados en la ciudad de Río Cuarto (Córdoba) con foco en el costo del transporte. En [13] el objetivo consiste en minimizar la distancia recorrida y disminuir el desgaste de los camiones al realizar la recolección en la zona sur de la Ciudad de Buenos Aires. En [29] se busca encontrar entre todas las posibles formas de recorrer una ruta óptima en cantidad de kilómetros aquella que implique la menor cantidad de giros en las esquinas. En [30, 43] se manejan prohibiciones de giros en algunas esquinas con semáforos, prohibiciones de giros en U, la selección del punto de inicio de la ruta, la inclusión de bandas perimetrales alrededor del sector a recolectar, y el sentido de circulación de las calles para la ciudad de Morón (Buenos Aires). En [39] se aborda el diseño de rutas en la ciudad de Bariloche, incorporando restricciones como desniveles y calles sin retorno que impiden el paso de los camiones.

*Zonificación:* un recurso habitual para simplificar grandes superficies a recolectar es particionar la misma. En [41] se genera una zonificación para la ciudad de San Miguel de Tucumán buscando minimizar la cantidad de camiones recolectores, y dividir el municipio en zonas similares, definiendo similitud entre zonas como el parecido entre los resultados de resolver el problema del cartero chino mixto en cada uno de los subgrafos asociados.

**Relevamiento de servicio existente:** una forma de obtener información necesaria para dimensionar las variables que se utilizarán en el diseño o para comparar la solución propuesta con la existente requiere de un relevamiento previo. En [9] se relevan los kg/día de residuos patógenos en 34 instituciones de salud de la ciudad de Río Cuarto. En [10] se relevaron los residuos de medicamentos que generan el 70% de las farmacias de Comodoro Rivadavia diferenciándolos por peligrosidad. En [12] podemos encontrar las toneladas de residuo municipal y privado de recibidos por el CEAMSE, el cálculo de la producción de RSU per cápita de la Ciudad de Buenos Aires y su evolución entre 1991 y 2001. En [13] se describen las zonas en que se divide la Ciudad de Buenos Aires para la recolección de residuos, tiempo de recolección y limpieza por contenedor, horarios de inicio y finalización del servicio, cantidad de contenedores por zona, cantidad de camiones y su capacidad de carga. En [22] se puede hallar el porcentaje de gasto de RSU / total presupuesto anual Municipal para 13 ciudades del país, porcentaje de municipio con planes implementados por tipo de residuos, residuos en Tn/año en relación con la cantidad de habitantes de 20 municipios, entre otros. En [28] se calcula el costo logístico de la recolección de residuos diferenciados para la Ciudad de Córdoba, la generación en kg per cápita diaria de residuos, composición de los RSU. En [33] se describe la composición de RSU vertidos en Mar del Plata de entre 2012 y 2014, en kg/mes, % y composición recuperada del total de residuos domiciliarios. En [55] se encuentra la cantidad de barrenderos manuales y manzanas asignadas para las tres zonas en que se divide el servicio en la ciudad de Trenque Lauquen.

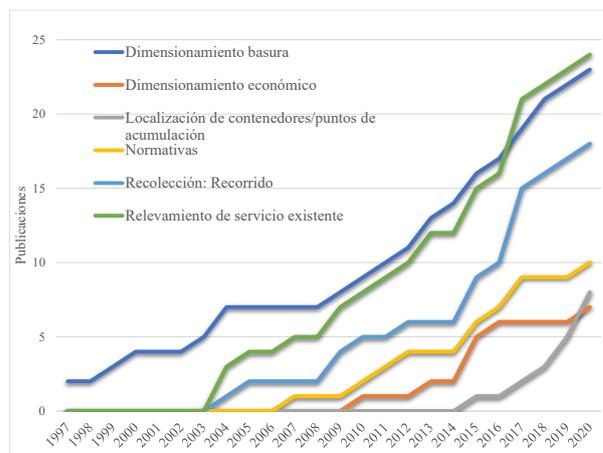


Figura 2. Publicaciones por Objetivos.

Si bien ninguno de los 8 objetivos se ha amesetado lo largo del tiempo, los vinculados con el ruteo de los recolectores y de la geolocalización de los contenedores son

los que han crecido fuertemente en los últimos años (ver Figura 2).

**Tabla 1. Objetivos**

Objetivos	Publicaciones
Dimensionamiento: residuos	[1-6, 8, 16-17, 20-21, 24-25, 27-28, 33, 38, 40, 42, 47-48, 50, 53]
económico	[17, 25, 28, 33-34, 38, 53]
Evaluación de eficiencia	[36]
Localización de contenedores	[28, 45, 48, 51-52, 54-56]
Localización de lugar de tratamiento / disposición final	[44]
Normativas	[12, 17, 20, 22, 28, 32, 38, 40, 46, 53]
Recolección: Microemprendimientos y cooperativas	[7-8]
Recorrido	[9, 11, 13, 15, 18, 23, 29-31, 37, 39-41, 43-44, 48-49, 55]
Zonificación	[41]
Relevamiento de servicio existente	[6, 8-10, 12-14, 17, 20, 22, 24, 26, 28, 33, 38, 41-42, 44, 46-47, 50, 55]

### 3. Tipo de residuos

En general se piensa en los residuos domésticos, pero también es necesario diseñar los trayectos para residuos comerciales/industriales y los considerados como peligrosos. Dentro de los residuos domésticos, también se encuentran los reciclables que podrían tener diferente frecuencia, puntos de recolección y lugar de transferencia que los residuos orgánicos. El 67% de las publicaciones se refieren a residuos domésticos y el 18% a peligrosos, en su mayoría a residuos patógenos, aunque también se encuentran casos de envases de agroquímicos.

A partir del año 2004 se encuentran publicaciones referidas a los residuos peligrosos y crece en forma acumulada de manera similar a las de residuos domésticos hasta 2014 donde nuevamente estos últimos acaparan una mayor atención.

En [9-11, 15, 18, 20, 23] podemos encontrar casos de residuos patógenos de centros de vinculados a la salud de las ciudades. En [38] se aborda la recolección de residuos eléctricos y electrónicos. En [40, 44] el foco se encuentra en los envases vacíos de agroquímicos.

**Tabla 2. Tipo de residuos**

Residuos	Publicaciones
Domésticos	[1-7, 12-14, 16-17, 21, 25-35, 37, 39, 41-43, 45-48, 51-52, 54-56]
Peligrosos	[9-11, 15, 18, 20, 23, 38, 40, 44]
No especificado / No claro	[8, 22, 24, 36, 42, 50]
Comerciales e Industriales	[16, 32]

### 4. Tipo de ruteo

Mayoritariamente dependiendo del tipo de residuo, del cliente y de la diferenciación en el origen, los ruteos suelen basarse en nodos o arcos. Este último es habitual en la recogida de los residuos domiciliarios donde el contenedor es individual para cada domicilio.

A partir del año 2015 comienzan a plantearse soluciones para ciudades de nuestro país mediante ruteo por arcos, acompañados de adelantos tecnológicos que facilitan el cómputo de los algoritmos necesarios para esta tarea. El ruteo por nodos retomó impulso de la mano de la diferenciación de basura en contenedores comunitarios en la última década.

El ruteo por arcos ha sido utilizado preferentemente en ciudades de hasta 150.000 habitantes (Censo 2010), con excepción de la ciudad de San Miguel de Tucumán con una población de 550.000 habitantes.

**Tabla 3. Tipo de ruteo**

Ruteo	Publicaciones
Por nodos	[9, 11, 13, 15, 18-19, 23, 30, 33, 40, 44-45, 48-49, 52, 55]
Por arcos	[28-29, 39, 41, 43]

### 5. Tipo de caso

Los casos pueden ser reales o ficticios. Más del 90% de los casos analizados se refieren a casos reales de nuestro país lo que los hace muy valiosos cuando se los consulta para plantear soluciones posibles de implementar. A su vez, son interesantes los planteos sobre cómo simplificar o idealizar ciertos aspectos de manera de ajustarlos a modelos matemáticos que tengan soluciones en tiempos viables.

**Tabla 4. Tipo de caso**

Caso	Publicaciones
Real	[1-30, 32-33, 37-56]
Ficticio	[31, 34-36]

Los 4 casos ficticios que se encuentran en las publicaciones conforman en realidad un testeo previo en escenarios ficticios acotados para luego ser aplicados en casos reales que fueron publicados con posterioridad.

### 6. Ubicación

El valor de clasificar los artículos por ubicación consiste en encontrar casos que se aproximen al tipo de problemática que estamos intentando resolver. Por ejemplo, ¿cuál es el concepto de “mejor ruta” si nos encontramos en un terreno con desniveles? ¿Cuáles son las limitaciones que debe contener nuestro modelo si nos referimos a una pequeña ciudad del interior del país o a una capital de provincia? ¿Es el tipo de residuo, y su correspondiente volumen a transportar, homogéneo en los grandes centros urbanos?

En [32] se abordan normativas para la gestión de residuos biopatogénicos en todas las jurisdicciones del país. En [22] se realiza un diagnóstico sobre la gestión de los residuos sólidos urbanos en 20 municipios de 11 provincias.

**Tabla 5. Ubicación**

Provincia	Publicaciones
Buenos Aires	[1-2, 5, 16, 21, 30-31, 33, 40, 43-45, 48-52, 54-56]
CABA	[7, 13, 19, 46]
Chaco	[8]
Chubut	[10]
Córdoba	[9, 11, 14-15, 17-18, 23, 28, 38]
Corrientes	[47]
Entre Ríos	[20, 27, 29, 53]
Jujuy	[3-4]
Misiones	[6]
Río Negro	[37, 39, 42]
Santa Fe	[7, 24]
Tucumán	[41]

## 7. Variables en la resolución

Las variables en la resolución están compuestas tanto por las variables objetivo como aquellas que imponen restricciones o limitaciones a los modelos. En el caso de los artículos cuyo objetivo es realizar un análisis descriptivo, las variables en la resolución se refieren a las que forman parte del relevamiento efectuado.

**Tabla 6. Frecuencia de las variables en la resolución**

Grupo	Variable	Frec.
1	Longitud total de recorrido	13
	Kgs. de basura / día / habitante	12
	Ubicación de los contenedores	12
	Costos de inversión	12
2	Costos de recolección	8
	Capacidad de los recolectores	7
	Capacidad de los contenedores	7
	Restricciones en la circulación	7
	Distancia de los usuarios a los contenedores	7
	Recupero de materiales y ahorro energético	6
3	Tiempo de cómputo para hallar una solución	3
	Cantidad de recolectores por ruta/zona	2
	Residuos plásticos	2
	Desgaste de los camiones	2
	Equiparación de longitud de rutas	2
	Posicionamiento geolocalizado	2
	Compacidad/Solapamiento	2
4	Programas e instituciones estatales o mixtas de microcrédito	1
	Ventana de tiempo	1
	Equiparación de tiempo de recorrido	1
	Equiparación de volumen recolectado	1

Atendiendo a la frecuencia con que aparecen en las publicaciones las variables podemos conformar 4 grupos (ver **Tabla 6**) cuya utilización se ha mantenido a lo largo del tiempo.

**Tabla 7. Frecuencia de las variables en la resolución**

Grupo	Publicaciones
1	[1-3, 5-6, 9, 11, 13, 15, 17-19, 22-25, 27-30, 33-35, 38-41, 44-45, 47-48, 51-52, 54-56]
2	[5, 9, 11, 13, 17-20, 22-23, 27, 29, 32-35, 38-40, 43-45, 47-48, 50-52, 54-56]
3	[4, 13, 19, 21, 30, 37, 43, 47-49, 55-56]
4	[7, 30, 41, 55]

## 8. Método de Resolución

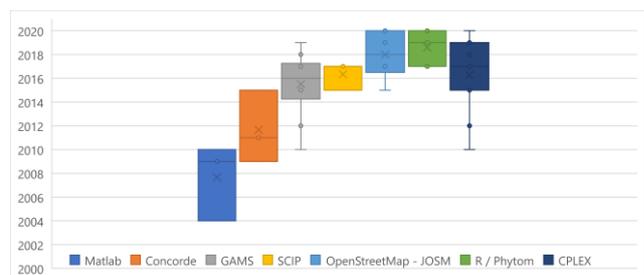
Los métodos de resolución son variados ya que no existe una metodología única para resolver adecuadamente este tipo de problemas. Hay métodos que pudiendo resolver el problema de forma óptima incurren en un tiempo de cómputo que no es aceptable. Por este motivo las principales metodologías de resolución se resumieron en técnicas de programación lineal, heurísticas y otro método que permite alcanzar una solución en un tiempo adecuado.

Las técnicas heurísticas y evolutivas se utilizaron en publicaciones entre los años 2004 y 2010, mientras que el método AUGMECON2 aparece entre 2018 y 2020. Los métodos de programación lineal aparecen desde 2009 a la fecha.

**Tabla 8. Método de Resolución**

Método	Publicaciones
Programación Lineal Entera (IPL)	[13, 19, 28-30, 39, 43, 45, 51, 55-56]
Programación Lineal Entera Mixta	[18, 23, 31, 34-35, 40-41, 48, 54]
Téc. heurísticas: Evolutivas	[9, 11, 15, 18, 52]
Téc. heurísticas: Búsqueda Tabú	[11, 15, 18]
Técnicas heurísticas: Otras	[41, 44, 48-49, 52, 55-56]
Augmented $\epsilon$ -constraint method	[45, 48, 51, 56]

## 9. Software



**Figura 3. Evolución del software utilizado**

El software utilizado se ha ido renovando acompañado del poder de cálculo del hardware disponible y los objetivos de las investigaciones (ver **Figura 3**).

**Tabla 9. Software**

Software	Publicaciones
CPLEX	[18, 23, 29, 31, 41, 44-45, 48-49, 51, 54, 56]
GAMS (General Algebraic Modeling System)	[18, 23, 31, 34-35, 40, 44-45, 48-49]

OpenStreetMap y Java OpenStreetMap Editor	[29, 39, 41, 51, 54-55]
R / Phytón	[39, 41, 51-52, 55]
Concorde	[13, 19, 29]
Matlab	[9, 15, 18]
SCIP	[30, 39, 43]

## Referencias

Las referencias vinculadas a los artículos analizados se enumeran de la 1 a la 56 en orden cronológico de publicación. A partir de la referencia 57 se refieren a otro tipo de bibliografía citada en este documento pero que no forman parte de la revisión bibliográfica.

- [1] García, M. C., & Velázquez, G. A. (1997). Propuesta de gestión municipal de residuos sólidos domiciliarios en ciudades medias de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Espacio y Desarrollo*, 9, 47-62.
- [2] Menna, M., Jacob, S. B., Noguera, O., Plaza, G., Di Velz, H., Cid, J. C., & Pacheco, O. (1997). Muestreo piloto de residuos sólidos domiciliarios de la ciudad de Mar del Plata. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 1, n.º 2.
- [3] Alonso, M. S., Lozano, A. R., Apaza, A. M., & Vilte, E. D. (1999). Producción de residuos plásticos en diferentes zonas de San Salvador de Jujuy. 3.
- [4] Alonso, M. S., Vilte, E. D., Apaza, A. M., & Lozano, A. R. (2000). Residuos plásticos de Jujuy: Caracterización en pesos y volúmenes. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 4.
- [5] Jacob, S. B., Menna, M., Plaza, G., Pacheco, O., Branda, J., & Murcia, G. (2003). Reformulación del sistema de manejo de residuos. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 7.
- [6] Berent, M. R. (2004). Mejoramiento en la gestión de residuos sólidos urbanos en pequeñas ciudades del NEA. El caso de Leandro N. Alem, Misiones. *Cuaderno Urbano*, 4(4), 43-74.
- [7] Chidiak, M., & Bercovich, N. (2004). Microcrédito y gestión de servicios ambientales urbanos: Casos de gestión de residuos sólidos en Argentina. CEPAL.
- [8] Klees, D., & Fortuny, J. M. (2004). Recolección y selección de residuos sólidos urbanos. *Recuperación de materiales*.
- [9] Mendez, A., Pontin, M., Ziletti, M., Carnero, M., & Hernández, J. (2004). Recolección de residuos patógenos. Un enfoque evolutivo híbrido. *Mecánica Computacional*, XXIII, 11, 3079-3089.
- [10] Kurdelas, R., Botha, M., Guerreiro, M. D. N., Condina, L., Morales, M., Salas, V., Fernández, M., Gamarra, K., García, Á., Rossi, A., Rowlands, M., Paredes, S., & Vidal, S. (2005). Residuos de Medicamentos en Comodoro Rivadavia, Argentina. *acta farmacéutica bonaerense*, 24, 5.
- [11] Méndez, A., Pontin, M., & Ziletti, M. (2005). Heurísticas para la resolución de un problema de ruteo de vehículos periódico real. 10.
- [12] Vallejos, V. H., & Pohl Schnake, V. (2007). La gestión integral de residuos sólidos urbanos en la provincia de Buenos Aires. IX Jornadas de Investigación del Centro de Investigaciones Geográficas y del Departamento de Geografía (La Plata, 2007).
- [13] Bonomo, F., Duran, G., Larumbe, F., & Marengo, J. (2009). Optimización de la Recolección de Residuos en la Zona Sur de la Ciudad de Buenos Aires. 19.
- [14] Carli, Á. D., Alperin, S., Bonino, E., & Bertotti, J. (2009). El sistema de disposición de residuos en Freyre, Córdoba, Argentina. Espacio para una intervención educativa. *Revista de Educación en Biología*, 12(2), 27-35.
- [15] Méndez, A., Palumbo, D., Carnero, M., & Hernández, J. L. (2009). Algoritmos Meméticos Aplicados a la Resolución de un Problema de Ruteo de Vehículos Periódico. *Mecánica Computacional*, 28(32), 2675-2685.
- [16] Murcia, G., Branda, J., Menna, M., & Garín, E. (2009). Cuantificación de residuos sólidos urbanos y evaluación económica de su gestión descentralizada en la ciudad de Mar del Plata – Argentina. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 13.
- [17] Brignone, M. C. (2010). Desarrollo de Propuesta de Gestión de Residuos Sólidos Urbanos para San Agustín, Córdoba, Argentina.
- [18] Méndez, A., Simón, S., Palumbo, D., Chiachera, E., & Carnero, M. (2010). Dos Enfoques para la Solución del Problema de Ruteo de Vehículos (CVRP): Aplicación a un Caso Real de Recolección de Residuos. *Mecánica Computacional*, 29(95), 9367-9377.
- [19] Bonomo, F., Duran, G. A., Larumbe, F. D., & Marengo, J. L. (2011). A method for optimizing waste collection using mathematical programming: A Buenos Aires case study.
- [20] Irazoqui, M. J., & Schwörer, Y. S. (2011). Gestión de residuos patógenos en Paraná: Estado del arte y propuesta para una gestión integral sostenible. 10.
- [21] Barbosa, S., & Asteasuain, M. (2012, diciembre 31). Análisis Estadístico de los Residuos Sólidos Domiciliarios de Bahía Blanca.
- [22] Schejtman, L., & Irurita, N. (2012). Diagnóstico sobre la gestión de los residuos sólidos urbanos en municipios de la Argentina. 54.
- [23] Simón, S., Demaldé, J., Hernández, J., & Carnero, M. (2012). Optimización de Recorridos para la Recolección de Residuos Infecciosos. *Información tecnológica*, 23(4), 125-132.
- [24] Gándara, M. P., & Guerrero, E. M. (2013). Indicadores Ambientales para la gestión de los residuos sólidos domiciliarios en Rosario, Argentina – Estructplan.
- [25] Risetto, M. Á., Sánchez, G., Sozzani, L., & Longo, G. (2013). Evaluación de un proyecto ambiental para la implementación de un nuevo modelo de gestión de los residuos sólidos urbanos.
- [26] Saidon, M. (2013). Resultados evidenciados en un programa de reciclado de residuos domiciliarios en Quilmes (Argentina).
- [27] Caracterización de los Residuos Sólidos Urbanos Domiciliarios de Pueblo General Belgrano, Entre Ríos, Argentina (2010/2011). (2014).
- [28] Asis Rüeck, J. A., & Brandán Campanera, L. (2015). Optimización de la logística del transporte de residuos diferenciados en la ciudad de Córdoba.
- [29] Bertero, F. A., & Nasini, G. L. (2015). Optimización de recorridos en ciudades. Una aplicación al sistema de recolección de residuos sólidos urbanos en el Municipio de Concordia. 86.

- [30] Braier, G., Duran, G., Marengo, J., & Wesner, F. (2015). Una aplicación del problema del cartero rural a la recolección de residuos reciclables en Argentina. 18.
- [31] Cavallin, A., Vigier, H. P., & Frutos, M. (2015). Logística inversa y ruteo en el sector de recolección informal de residuos sólidos urbanos. 12.
- [32] de Titto, E., Montecchia, M., Brunstein, L., & Chesini, F. (2015). Normativas para la gestión de residuos biopatógenicos en Argentina. 51.
- [33] Leis, A. N. (2015). Análisis de la gestión integral de los residuos sólidos urbanos en Mar del Plata desde un enfoque económico (Mar del Plata) [Bachelor, Universidad Nacional de Mar del Plata].
- [34] Rossit, D., Broz, D., Rossit, D., Frutos, M., & Tohmé, F. (2015, mayo 1). Modelado de una red urbana de recolección de residuos plásticos en base a optimización multi-objetivo.
- [35] Rossit, D., Broz, D., Rossit, D., Frutos, M., & Tohmé, F. (2015). Una herramienta multiobjetivo para la localización de contenedores de residuos en un área urbana (pp. 50-69).
- [36] Cavallin, A., Rossit, D., Frutos, M., & Vigier, H. (2016, noviembre 3). Eficiencia en la gestión de Residuos Sólidos Urbanos: Análisis y evaluación.
- [37] Difabio, L. A., Vivas, H. L., & Muñoz Abbate, H. (2016). Internet de las cosas aplicada a la trazabilidad de la recolección de residuos en ciudades inteligentes. X Simposio de Informática en el Estado (SIE 2016) - JAIIO 45 (Tres de Febrero, 2016).
- [38] Riva, Y. P. (2016). Desarrollo de una propuesta de gestión de los residuos eléctricos y electrónicos en la Ciudad de Córdoba, Argentina [Thesis].
- [39] Antuña, A. (2017). Optimización de la recolección de residuos en San Carlos de Bariloche.
- [40] Bandoni, A., Savoretti, A. A., Sorichetti, A. E., & Mammini, L. (2017). Diseño de un recorrido óptimo para la recolección de envases vacíos de agroquímicos en el sudoeste bonaerense. 12.
- [41] Bianchetti, M., Duran, G., Koch, I., & Marengo, J. (2017). Algoritmos de zonificación para el problema de la recolección de residuos urbanos: El caso de estudio de una ciudad argentina. 30.
- [42] Bonilla, J. (2017). Análisis sobre la gestión de la recolección diferenciada de Residuos Sólidos Urbanos en San Carlos de Bariloche. 13.
- [43] Braier, G., Duran, G. A., Marengo, J. L., & Wesner, F. (2017). An integer programming approach to a real-world recyclable waste collection problem in Argentina.
- [44] Cavallin, A., Rossit, D. G., Savoretti, A. A., Sorichetti, A. E., & Frutos, M. (2017). Logística inversa de residuos agroquímicos en Argentina: Resolución heurística y exacta. XV Simposio Argentino de Investigación Operativa (SIO) - JAIIO 46 (Córdoba, 2017).
- [45] Rossit, D. G., Tohmé, F. A., Frutos, M., & Broz, D. R. (2017). An application of the augmented  $\epsilon$ -constraint method to design a municipal sorted waste collection system.
- [46] Zeppenfeld, E. (2017). Gestión Integrada de los Residuos Sólidos Urbanos en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.
- [47] Bercheñi, V., & Gervasoni, M. J. G. (2018). Rentabilidad privada de la gestión de residuos sólidos urbanos. Ciudad de Corrientes, Argentina (2010-2020). Revista de la Facultad de Ciencias Económicas, 21(2), 65-77.
- [48] Rossit, D. (2018). Desarrollo de modelos y algoritmos para optimizar redes logísticas de residuos sólidos urbanos.
- [49] Fermani, M., Rossit, D. G., & Toncovich, A. A. (2019). Un estudio comparativo de algoritmos metaheurísticos sobre instancias reales de problemas de recolección de RSU.
- [50] Moya, E., & Dominguez Marzano, F. (2019). Residuos sólidos en Mar del Plata: Un análisis desde la contabilidad social y ambiental.
- [51] Rossit, D. G., Nesmachnow, S., & Toutouh, J. (2019). A bi-objective integer programming model for locating garbage accumulation points: A case study. Revista Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, No.93, 70-81.
- [52] Toutouh, J., Rossit, D. G., & Nesmachnow, S. (2019). Soft computing methods for multiobjective location of garbage accumulation points in smart cities.
- [53] Avalos, B. E., & Mettler, D. L. (2020). Planta de tratamiento de residuos sólidos.
- [54] Cavallin, A., Rossit, D. G., Herrán Symonds, V., Rossit, D. A., & Frutos, M. (2020). Application of a methodology to design a municipal waste pre-collection network in real scenarios.
- [55] Delle Donne, D., Di Tomaso, V., & Duran, G. (2020). Optimizing leaf sweeping and collection in the Argentine city of Trenque Lauquen. Waste Management & Research: The Journal of the International Solid Wastes and Public Cleansing Association, ISWA.
- [56] Rossit, D. G., Toutouh, J., & Nesmachnow, S. (2020). Exact and heuristic approaches for multi-objective garbage accumulation points location in real scenarios.
- [57] Clark, R. M.; Gillean, J. I. Analysis of solid waste management operations in Cleveland, Ohio: A case study. *Interfaces*. 1975, Vol. 6, Issue 1, Part 2, pp. 32-42.
- [58] Or, I.; Curi, K. Improving the efficiency of the solid waste collection system in Izmir, Turkey through mathematical programming. *Waste Management & Research*. 1993, Vol. 11, pp. 297-311.