

Gestión de los residuos en aglomerados urbanos: flujo de materiales, escenarios e indicadores de sustentabilidad. El caso de la región del Gran Buenos Aires
Daniela López De Munain, Carlos Alberto Ruggerio
Ambiente en Diálogo, (2), e018, abril-julio 2021
ISSN 2718-8914 | <http://ojs.opds.gba.gov.ar/index.php/aed/index>
Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (OPDS)
Buenos Aires | Argentina

Gestión de los residuos en aglomerados urbanos: flujo de materiales, escenarios e indicadores de sustentabilidad. El caso de la Región del Gran Buenos Aires

Waste management in urban agglomerates: flow of materials, scenarios and sustainability indicators. The case of the Greater Buenos Aires Region

Recibido: 26/03/21 | Aprobado: 23/06/21



Daniela López de Munain

Área de Ecología, Instituto del Conurbano
UNGS | Argentina
ddemunain@campus.ungs.edu.ar
ORCID: 0000-0001-8037-9978



Carlos Alberto Ruggerio

Área de Ecología, Instituto del Conurbano
UNGS | Argentina
cruggerio@campus.ungs.edu.ar
ORCID: 0000-0001-9674-4781

Resumen: Los residuos constituyen el principal metabolito de las ciudades, por lo que su correcta gestión disminuye impactos negativos ambientales, económicos y sociales. En el presente trabajo se analiza la gestión de los Residuos Sólidos Urbanos en la Región del Gran Buenos Aires desde la perspectiva del Metabolismo Social con el objetivo de evaluar sus potencialidades y debilidades, y de generar alternativas de gestión que contribuyan a la sustentabilidad de la región. Se aplicó el método de Análisis de Flujo de Materiales para elaborar escenarios de gestión y se utilizaron indicadores de sustentabilidad para evaluar cada uno de ellos. Los resultados indican que el principal flujo de residuos es la generación doméstica (79,6 %); el principal destino es la disposición final en rellenos sanitarios (82,2 %) y la recuperación se estima en un 13,7 % del

Abstract: Waste is the main metabolite of cities, so its correct management reduces negative environmental, economic and social impacts. In this paper, the management of Urban Solid Waste in the Greater Buenos Aires Region is analyzed from the perspective of Social Metabolism with the aim of evaluating its potentialities and weaknesses and generating management alternatives that contribute to the sustainability of the region. The Materials Flow Analysis method was applied to develop management scenarios and sustainability indicators were used to evaluate each one of them. The results indicate that the main waste stream is domestic generation (79.6 %); the main destination is final disposal in sanitary landfills (82.2 %) and recovery is estimated at 13.7 % of the total. The development of alternative scenarios and the application of

total. El desarrollo de escenarios alternativos y la aplicación de los indicadores evidencia mejoras sustantivas en la gestión al ampliar la recuperación y el reciclado de materiales, e incorporar el compostaje de la fracción orgánica. El enfoque teórico-metodológico utilizado en este trabajo permitió identificar fortalezas y debilidades de la gestión y evidencia la importancia de la concientización y participación activa de la población, incluso por sobre soluciones técnicas.

Palabras Claves: metabolismo social, análisis de flujo de materiales, escenarios de gestión de rsu, indicadores de sustentabilidad.

the indicators show substantial improvements in management by expanding the recovery and recycling of materials and incorporating the composting of the organic fraction. The theoretical-methodological approach used in this work allowed to identify strengths and weaknesses of the management and shows the importance of the awareness and active participation of the population, even over technical solutions.

Keywords: social metabolism, material flow analysis, mswm scenarios, sustainability indicators.

1. Introducción

Las ciudades se encuentran en expansión y para el año 2030 se proyecta que un 60,4 % de la población vivirá en ámbitos urbanos (UN Habitat, 2020). Uno de sus principales metabolitos físicos son los residuos, y su incorrecta gestión deriva en impactos ambientales negativos como la contaminación del suelo (Pillai & Peter, 2014), del agua (UNEP, 2005) y del aire (Ojeda-Benitez et al., 2000), junto con amenazas a la salud de la población por la proliferación de vectores (McDougall et al., 2003) y el Cambio Climático por la emisión de Gases de Efecto Invernadero (Laurent et al., 2014). Los aglomerados urbanos, entendidos como un continuo urbano que abarca más de una jurisdicción departamental, local y/o provincial (INDEC, 2020), enfrentan en materia de residuos situaciones como la heterogeneidad normativa, la circulación y disposición de residuos a través de distintas jurisdicciones y la irregular distribución de impactos, entre otros.

Ante la necesidad de abordar la problemática desde enfoques que atiendan a la complejidad de los territorios, se busca incorporar nuevas teorías y metodologías para su estudio. Uno de ellas es el enfoque del Metabolismo Social, que permite analizar un sistema (en este caso, un aglomerado urbano), considerando sus flujos de entrada, salida y los procesos que ocurren en su interior (Toledo, 2013). Aplicado a los estudios sobre la gestión de los residuos, posibilita indagar en las prácticas que

se realizan y sus resultados, y la relación entre las distintas partes del sistema y su área de influencia. Entre las herramientas para su aplicación, se encuentra el Análisis de Flujo de Materiales (MFA), utilizada para cuantificar los flujos, *stocks* y procesos dentro de un sistema definido en tiempo y espacio (Brunner & Rechberger, 2017). Su uso junto con el concepto de Metabolismo Social, y otras perspectivas semejantes como el Metabolismo Urbano, puede observarse en Chertow & Eckelman (2009); Guibrunet et al. (2017); Liang & Zhang (2012); Wang et al. (2018); Xiao et al. (2015). Además, ha sido utilizada para la elaboración de escenarios de gestión, como en Dos Muchangos et al. (2017); Makarichi et al. (2018); Stanisavljevic et al. (2015).

El uso de indicadores de sustentabilidad, a su vez, contribuye a evaluar los impactos sociales, ambientales y económicos de la gestión (Di Pace & Crojethovich, 1999). Entre los estudios que recurren a su aplicación podemos destacar a Desmond (2006); Guerrero & Erbiti (2004); Makarichi et al. (2018); Zaccariello et al. (2015). Otras investigaciones desde este marco conceptual y metodológico, aplicados a casos latinoamericanos, son los de Alfonso Piña & Pardo Martínez (2014) y Guibrunet et al. (2017), siendo las áreas de estudio la ciudad de Bogotá, en Colombia, y Santiago de Chile y la ciudad de México, respectivamente.

Los trabajos sobre la gestión de residuos en aglomerados urbanos de la Argentina tienen un carácter descriptivo (FIUBA, 2011; Gutiérrez, 2014), estudian un tipo de residuos y generador específico (Bielsa et al., 2016), con un enfoque económico (Farreras & Lauro, 2016), o se centran en determinados circuitos (Suárez, 2016). Un antecedente desde el abordaje de Metabolismo Social y el uso de MFA es el trabajo de Ruggerio et al. (2015), que analiza el flujo de materiales de la Región del Gran Buenos Aires, aunque los resultados son aproximados y se remarca la necesidad de avanzar en la profundización de estos estudios, especialmente, porque han evidenciado un potencial para analizar las fortalezas y debilidades de los sistemas de gestión y para generar alternativas que propendan a la sustentabilidad.

El objetivo del presente trabajo fue analizar la Gestión de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) en la Región del Gran Buenos Aires (RGA) desde el abordaje del Metabolismo Social y utilizando el Análisis de Flujo de Materiales

(MFA). Asimismo, se desarrollaron diferentes hipótesis de escenarios de gestión que se ponderaron con la aplicación de indicadores de sustentabilidad. Con los resultados obtenidos se apuntó a contribuir al conocimiento respecto a las potencialidades que este marco teórico y metodológico puede ofrecer para el estudio de la gestión de los residuos sólidos en aglomerados urbanos latinoamericanos.

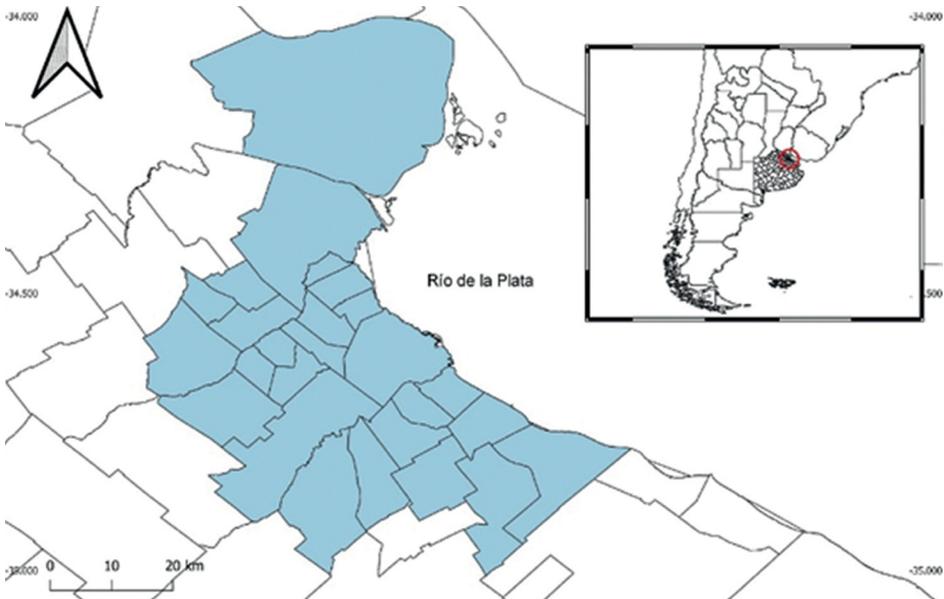
2. Materiales y métodos

En primer lugar, se realizó un análisis cualitativo de la gestión de los Residuos Sólidos Urbanos en el área de estudio. En segundo lugar, se elaboró un análisis cuantitativo para la elaboración del escenario base de gestión y el planteo de escenarios alternativos. Finalmente, se aplicaron indicadores de sustentabilidad para evaluar los escenarios alternativos propuestos.

2.1. Área de estudio

El área de estudio seleccionada es la Región del Gran Buenos Aires (RGBA), formada por la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA) y los 24 partidos que la rodean (INDEC, 2003) (Figura 1). Es el principal aglomerado del país, concentra un 45 % de la población y es sede de actividades políticas, económicas e industriales. Se toma como referencia el año 2018 como representativo del periodo 2016-2019, ya que no se produjeron cambios significativos en la gestión de los Residuos Sólidos Urbanos en este periodo.

Figura 1. Área de estudio.
Región del Gran Buenos Aires.



2.2. Análisis cualitativo y cuantitativo para el armado de escenarios

2.2.1. Escenario base

Con base en la teoría del Metabolismo Social (Toledo, 2013), se realizó un análisis cualitativo de la gestión. Se relevó información secundaria sobre normativa, etapas, procesos y actores de la gestión de los RSU. Asimismo, se generó información primaria a través de entrevistas a informantes clave, como funcionarios del área de residuos de municipios y referentes del sector del reciclaje.

Para el análisis cuantitativo, se utilizó la herramienta del Análisis de Flujo de Materiales (MFA), siguiendo los lineamientos de Brunner & Rechberger (2017). Se establecieron los límites del sistema, los flujos de entrada y de salida, y los procesos para el armado del modelo. Los límites del sistema responden a la delimitación geográfica de la Región del Gran Buenos Aires (INDEC, 2003). Los flujos de entrada son la Generación Doméstica (GD), Grandes Generadores (GG),¹ y Espacio Público (EP), y los de salida la Comercialización de materiales recuperados, y de Materiales recuperados reutilizados en la construcción/mejoramiento de suelos. El cálculo del modelo se realizó con base en información secundaria, artículos académicos y reportes referidos al área de estudio, datos de organismos oficiales y provistos por los municipios en sitios web oficiales y noticias. También, se relevó información primaria por medio de entrevistas a informantes clave. La información recopilada es procesada con el software *Stan 2* de la Universidad de Viena (Cencic & Rechberger, 2008) para la elaboración de los diagramas cuantitativos: se representaron los flujos de entrada de residuos al sistema, los procesos que implican la manipulación de los residuos (con y sin *stocks*), los flujos de residuos entre procesos y los flujos de salida de los materiales tratados, recuperados y/o comercializados. A continuación, se detallan los métodos según las distintas etapas y generadores identificados.

2.2.1.1. Generación

Para el cálculo de la Generación Doméstica, se utilizó el número de habitantes según la proyección para el año 2018

1. Incluye Generadores Especiales, de acuerdo con la Ley 1854/05 de CABA.

de INDEC (INDEC, 2015), junto con el valor de Producción *Per Cápita* (PPC) presentado en el estudio de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires (FIUBA) sobre CABA (FIUBA, 2010) según Nivel Socioeconómico (NSE) bajo, medio y alto. Se aproximó esta dimensión teniendo en cuenta el máximo nivel de instrucción alcanzado por los jefes de hogar de acuerdo con el censo nacional del año 2010. Se agruparon los porcentajes de cada categoría y por municipios, según el siguiente criterio: NSE bajo (Inicial, Primario completo, Primario incompleto); NSE medio (Secundario completo, Secundario incompleto, Superior no universitario incompleto, Universitario incompleto); NSE alto (Superior no universitario completo, Universitario completo). La generación por parte de Grandes Generadores es un promedio de los valores presentados por Bielsa et al. (2016) y Ruggiero et al. (2015) en estudios sobre la Región del Gran Buenos Aires. En relación con su composición, se tuvo en cuenta las proporciones por tipo de material plasmadas en FIUBA (2016) y Bielsa et al. (2016) (Tabla 1). El flujo de Espacio Público incluye a los residuos derivados de la actividad de Construcción y demolición (C&D) y de poda, formados por escombros, ramas, madera, tierra, entre otros. Al respecto, se tuvo en cuenta a la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA), ya que en los municipios de Buenos Aires estos se gestionan en el marco de los residuos de Generación Domiciliaria (Ruggiero et al., 2015).

Tabla 1. Composición promedio de RSU de Generación Doméstica y Grandes Generadores. Con base en Bielsa et al., (2016); FIUBA, (2016).

Materiales	Generación Doméstica	Grandes Generadores
Plásticos	12,6%	30,0%
Papel y cartón	14,4%	21,0%
Vidrio	3,9%	4,0%
Metales	1,7%	10,0%
Orgánicos	43,6%	25,0%
Textiles	4,7%	5,0%
C & D y poda	9,7%	Sin datos
Otros	9,9%	5,0%

2.2.1.2. Tratamiento

Para conocer la fracción de la Generación Doméstica que ingresa al circuito de recuperación, se optó por obtener un porcentaje de recuperación basado en información secundaria referida a la cantidad de materiales recuperados y la generación calculada por municipio. Cabe aclarar que no se encontró tal información para todos los municipios, por lo que se extrapoló el valor para toda el área de estudio. La eficiencia de las plantas se estima en un 80 % con base en informantes clave, siendo un promedio del valor de las plantas de tratamiento de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, y de un 88 % el valor de la planta de áridos, de acuerdo con la misma fuente. El valor de recuperación asociado a Resiparque y la planta de Tratamiento Mecánico-Biológico (MBT) fue provisto por informantes clave de CEAMSE. La cantidad de materiales de Grandes Generadores que ingresan al circuito de recuperación se estimó con base en el valor propuesto en Bielsa et al. (2016).

2.2.1.3. Disposición final

Finalmente, las cantidades de RSU dispuestos en rellenos sanitarios provienen de la estadística de CEAMSE para el año 2018 (CEAMSE, 2019). En el caso de basurales a cielo abierto, su cálculo se basó en la diferencia entre la generación, los valores de disposición final y de recuperación.

2.3. Escenarios alternativos

Con base en la información recopilada y su análisis, se establecen los siguientes escenarios alternativos de la gestión.

2.3.1. Escenario 1

- Incorporación de un 11,5 % de los residuos de Generación Doméstica al circuito de recuperación y reciclado tanto del Resiparque de CEAMSE como del resto de los destinos sustentables de la provincia de Buenos Aires. Se tomó como referencia el valor potencialmente reciclable presentado en FIUBA (2016) para la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- 42 % de la Generación Doméstica se trata mediante compostaje domiciliario (FIUBA, 2016), con una eficiencia de un 75 % (Jantz, 2020).

- Recuperación de residuos de C&D de Espacio Público provenientes de los partidos del Gran Buenos Aires, estimando un 4,8 % FIUBA (2016). No se incluyen los residuos de poda en este caso, ya que se incorpora su proporción en el porcentaje plausible de ser recuperado vía compostaje.
- La recuperación de los residuos reciclables de Grandes Generadores aumenta un 50 %.

2.3.2. Escenario 2

Se tienen en cuenta las mismas condiciones del escenario 1, sumando:

- Compostaje de los residuos orgánicos de Grandes Generadores (estimados en un 25 % de su composición según la Tabla 1) con una eficiencia del 50 %, con base en Jantz (2020).
- Aumento del 75 % de la recuperación de materiales reciclables de Grandes Generadores.

Para ambos escenarios, se considera el valor de generación y el método de cálculo de desvío a basurales utilizados en el escenario base.

2.4. Indicadores de sustentabilidad

Con el fin de evaluar la sustentabilidad de la actual gestión y de los escenarios propuestos, se seleccionaron una serie de indicadores que abarcan las dimensiones ambientales, económicas y sociales.

2.4.1. Cantidad de residuos dispuestos en relleno sanitario

La disminución de la cantidad de residuos dispuestos representa una mejora en la gestión en la medida que el destino de los materiales sea la recuperación, mayor eficiencia en los tratamientos o menor generación, y da lugar a la mitigación de impactos. La unidad de medida es kt dispuestas.

2.4.2. Emisiones de gases de relleno sanitarios

Mediante este indicador se busca expresar cuantitativamente las emisiones de gases asociadas a la descomposición de materiales de los residuos dispuestos en relleno sanitario, particularmente

metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂), ambos Gases de Efecto Invernadero que contribuyen al Cambio Climático. Para su cálculo se utilizó el software *Landgem Version 3.02* de la EPA (EPA, s. f.), utilizado en estudios sobre la gestión de residuos, la elaboración de escenarios de gestión y la evaluación de sus impactos (Makarichi et al., 2018). Al igual que el indicador anterior, la disminución de residuos dispuestos en rellenos sanitarios presenta una situación favorable, ya que la cantidad de emisiones disminuye.

Cabe destacar que las instalaciones de CEAMSE cuentan con un sistema para la captación, extracción y tratamiento de los gases de relleno para su posterior uso en la generación de energía eléctrica (Lozupone, 2019). En este caso, se estimaron las emisiones de las toneladas dispuestas, sin descontar la cantidad de gases captados por este proceso, dado que no se cuenta con información suficiente y porque se busca cuantificar lo que sucede con los residuos que llegan a esta instancia, independientemente del tratamiento de los gases generados.

2.4.3. Cantidad de residuos en basurales a cielo abierto

Los residuos dispuestos en basurales, además de generar impactos negativos en el ambiente por la contaminación de suelos, agua, aire y la amenaza que representan a la salud, dan lugar al descontento social que puede derivar en conflictos ambientales. Por lo tanto, si la cantidad de residuos en basurales disminuye, además de minimizar impactos ambientales, se evita el malestar en la población y se favorece la calidad de vida. Se mide en kt dispuestas.

2.4.4. Costos de la disposición final de residuos

Este indicador, de índole económico, estima el ahorro o aumento de costos de la disposición final de residuos en los distintos escenarios. Solamente se tiene en cuenta el costo unitario de esta etapa, ya que las otras etapas de la gestión presentan situaciones heterogéneas en el área de estudio seleccionada. El valor utilizado es el provisto por ONU Ambiente (ONU Medio Ambiente, 2018), estimado en US\$ 17,6 por tonelada dispuesta. De esta manera, una disminución en la cantidad de residuos dispuestos en relleno sanitario implica un ahorro en términos monetarios para los municipios de la región.

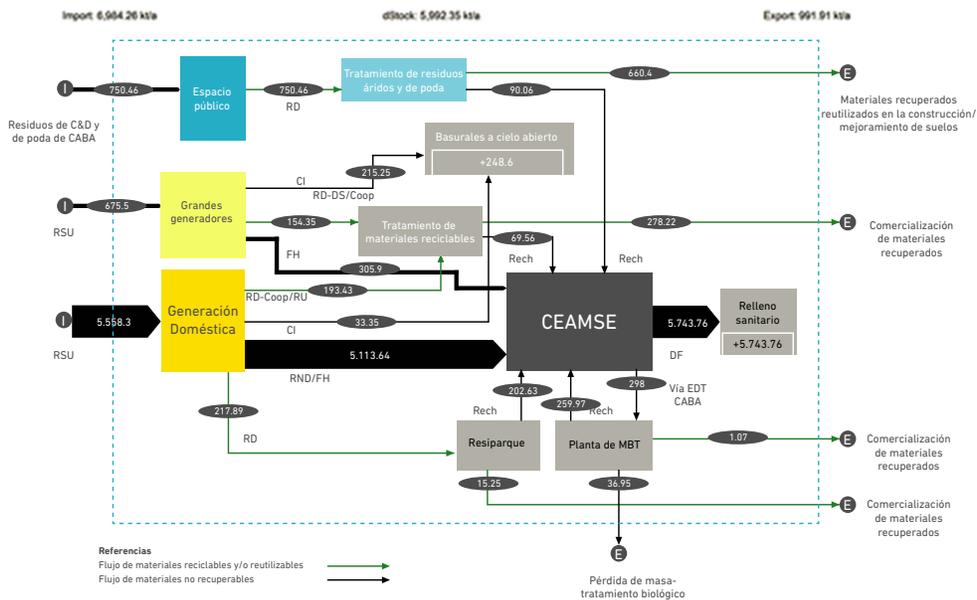


Figura 3. Diagrama cuantitativo del escenario base de la gestión de RSU en la Región del Gran Buenos Aires.

Respecto al tratamiento y recuperación de materiales, el modelo planteado muestra que en la RGBA se recupera alrededor de un 13,7 % de los residuos generados. Un 9,5 % se asocia al tratamiento de residuos de Espacio Público, y un 4,2% corresponde al tratamiento de materiales reciclables. El principal flujo de recuperación de la Generación Doméstica es el vinculado a la recolección diferenciada, a los materiales dispuestos en centros de recepción (Puntos Verdes, Copuntos, etcétera) y la recolección puerta a puerta a cargo de Recuperadores Urbanos. En relación con los residuos enviados a las Plantas Sociales de Resiparque, estos derivan de la recolección diferenciada, pero no se pudo identificar cuáles son los municipios que actualmente envían su fracción seca. En el caso de la Planta de MBT, recibe 1.000 toneladas diarias de la fracción húmeda de CABA (CAC, 2013). Si se comparan las cantidades anuales recuperadas entre estas instalaciones, se observa que el número de materiales comercializados proveniente de la gestión en Resiparque es superior al de la Planta de MBT (15,3 kt versus 1,07 kt) y más eficiente en relación con el material ingresado (217,9 kt versus 298 kt). El flujo de recuperación de Grandes Generadores equivale a un 23 %. De acuerdo con Sarandón & Schamber (2019), unos 432 establecimientos de la provincia de Buenos Aires presentaron sus Planes de Gestión requeridos por las Resoluciones 137, 138 y 139 de OPDS para finales de 2017. Se alienta a que el servicio de la gestión de la fracción seca sea asignado a los Destinos Sustentables,

que son aquellas cooperativas de recuperadores urbanos anotadas en el Registro de Tecnologías de OPDS (OPDS, s. f.). Actualmente, se encuentran registradas 55 cooperativas, de las cuales 41 se localizan en la RGBA.

Finalmente, se estima que la cantidad de residuos dispuestos en relleno sanitario es de un 82,2 %. Los partidos de la RGBA disponen sus residuos en el relleno sanitario Norte III de CEAMSE, excepto La Matanza, cuyo destino es el Relleno Sanitario de González Catán. Por otra parte, el valor asociado a la disposición en basurales a cielo abierto asciende a un 3,6 %. La cantidad calculada de este proceso es de 248,6 kt/año. En Ruggerio et al. (2015) se estima que su valor es de 888 kt para la RGBA. En el presente estudio, hay flujos que no han sido cuantificados por falta de información, y su estimación se basó en la diferencia con respecto a otras corrientes, por lo que puede haber una subestimación del valor real. De acuerdo con datos de ACUMAR, en la zona que comprende a la cuenca Matanza-Riachuelo y parte de la RGBA hay unos 297 sitios de disposición entre las categorías basurales, micro basurales y puntos de arrojado (ACUMAR, 2018). Tanto el Atlas de la basura (FADU, 2008) como el trabajo de Miño (2012) sobre basurales dan cuenta de su presencia en todos los partidos de la RGBA.

3.1.1. Escenario 1

La Figura 4 presenta el diagrama cuantitativo asociado al escenario 1 alternativo. La cantidad de residuos enviado a disposición disminuye (3.209,59 kt), al igual que el valor en basurales a cielo abierto (176,48 kt), y las salidas asociadas a recuperación aumentan (1894,0 kt) respecto al escenario base. Los flujos que se agregan en este escenario son los residuos orgánicos de la Generación Domiciliaria para compostaje y el envío de residuos de Construcción y demolición de los partidos de la Región del Gran Buenos Aires para su tratamiento.

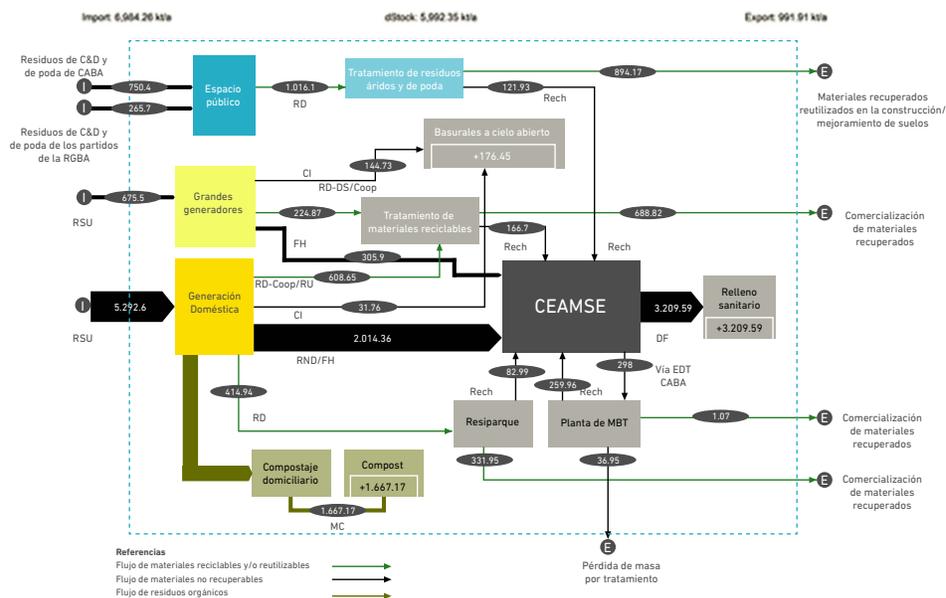


Figura 4. Diagrama cuantitativo del escenario 1 de la gestión de los RSU en la Región del Gran Buenos Aires.

En este escenario, se observa que la recuperación de materiales asciende a un 27,1 %. Por su parte, el compostaje representa un 23,9 % de residuos orgánicos que son reaprovechados, siendo este último el principal flujo de recuperación debido a la presencia predominante de residuos orgánicos en la Generación Doméstica. En este punto, dada la relevancia de esta corriente en términos de proporción, resulta interesante destacar el trabajo realizado para indagar sobre la viabilidad de su realización en la región (Jantz, 2020) y de proyectos que lo impulsen, como el manual publicado por el Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (OPDS, 2020).

Este escenario también incorpora a los residuos de construcción y demolición para su tratamiento en plantas específicas. Además de la planta de áridos ubicada en el Centro de Reciclaje de CABA, existen otras iniciativas en la RGBA: en Berazategui (Municipalidad de Berazategui, 2020), en Morón (Municipalidad de Morón, s. f.), y en San Isidro (Municipalidad de San Isidro, 2018). Del mismo modo, algunos municipios presentan estrategias para el acondicionamiento de los residuos de poda para convertirlos en chips, como San Isidro (Perfil, 2018), Berazategui (Municipalidad de Berazategui, 2020) y Vicente López (Municipalidad de Vicente López, 2019). Por lo tanto, esta corriente también presenta un relevante potencial de recuperación.

3.1.2. Escenario 2

En la Figura 5 se presenta el resultado para el escenario 2. En este caso, además del aumento de la recuperación de materiales reciclables de Grandes Generadores, se suma el compostaje de su fracción orgánica.

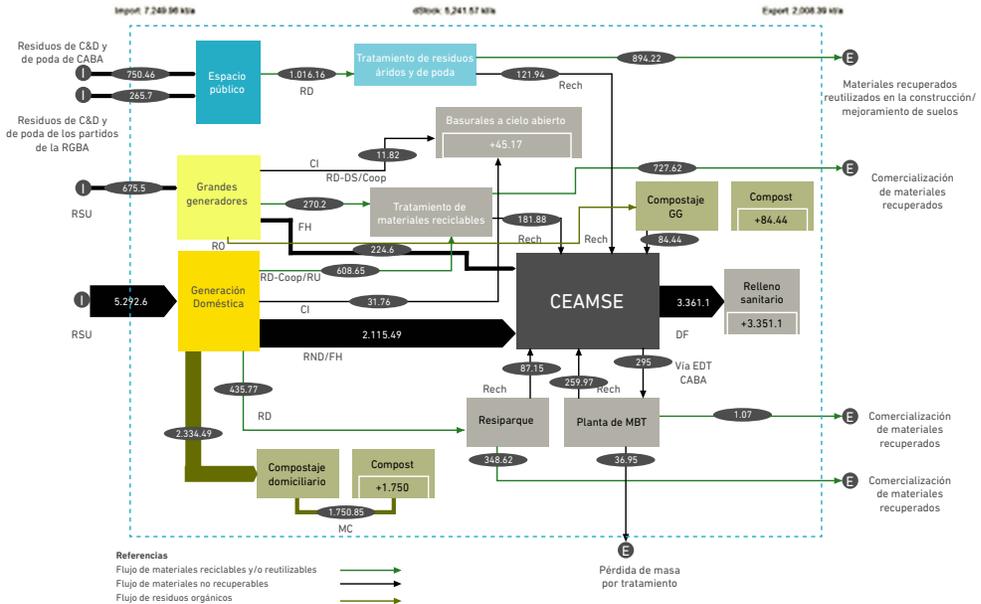


Figura 5. Diagrama cuantitativo del escenario dos de la gestión de los RSU en la Región del Gran Buenos Aires.

Las salidas del sistema alcanzan un 28,2 % de la generación, siendo el flujo de materiales reciclados el que presenta un leve aumento. Para el caso del compostaje de residuos orgánicos de Grandes Generadores, si bien las condiciones de los establecimientos incluidos en esta categoría pueden dificultar la disponibilidad de espacio para la realización del compostaje (por ejemplo, si se considera edificios de oficinas o industrias sin espacios verdes y/o para la instalación de composteras), una de los principales actores en este sentido son los clubes de campo y countries. Este tipo de establecimientos suelen contar con grandes espacios verdes, una población permanente y, además, con materiales derivados de la actividad de poda y mantenimiento de sus espacios. Asimismo, en el área de estudio hay sectores en los cuales se concentran este tipo de urbanizaciones, particularmente en la zona norte. Según Sarandón & Schamber (2019), de la cantidad de planes de gestión de residuos presentados por Grandes Generadores desde el año 2014 al 2017, el 68 % corresponde a este tipo de Gran Generador. Por lo tanto, se considera que hay potencial para la actividad de compostaje principalmente de estos Grandes Generadores.

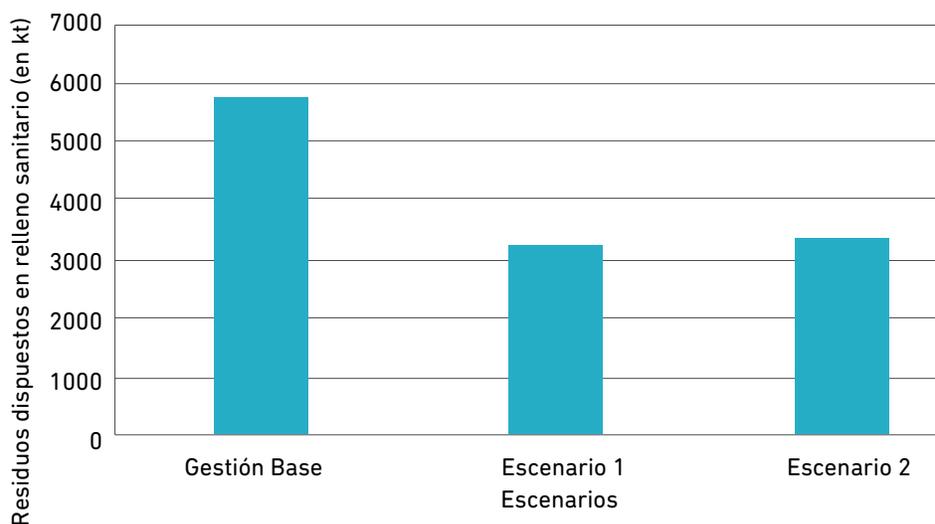
3.2. Indicadores

A continuación, se muestran los resultados de la aplicación de los indicadores de sustentabilidad al escenario actual de gestión y escenarios alternativos.

3.2.1. Cantidad de residuos dispuestos en relleno sanitario

El indicador da cuenta del descenso del envío de residuos a relleno sanitario en los escenarios alternativos, principalmente, entre el escenario base y el escenario 1. Este hecho puede relacionarse, centralmente, con el compostaje de la fracción orgánica de la Generación Doméstica, debido al porcentaje que se considera es enviado a compostaje y no a disposición final (42 %), junto con el aumento de la incorporación de materiales reciclables a la recuperación. Sin embargo, se observa una leve suba en la cantidad de residuos dispuestos en el escenario 2, cuya explicación puede relacionarse con los rechazos del tratamiento de los distintos materiales que ingresan al circuito de recuperación (Figura 6).

Figura 6. Indicador Cantidad de residuos dispuestos en relleno sanitario (en kt) por escenario.



3.2.2. Emisiones de gases de relleno

La aplicación de este indicador permite observar la disminución de las emisiones de gases de relleno en los escenarios 1 y 2 en comparación con el escenario base. Al igual que en el indicador anterior, el escenario 2 presenta un leve aumento debido a la suba de residuos dispuestos en relleno sanitario, en contraste con el escenario 1 (Figura 7).

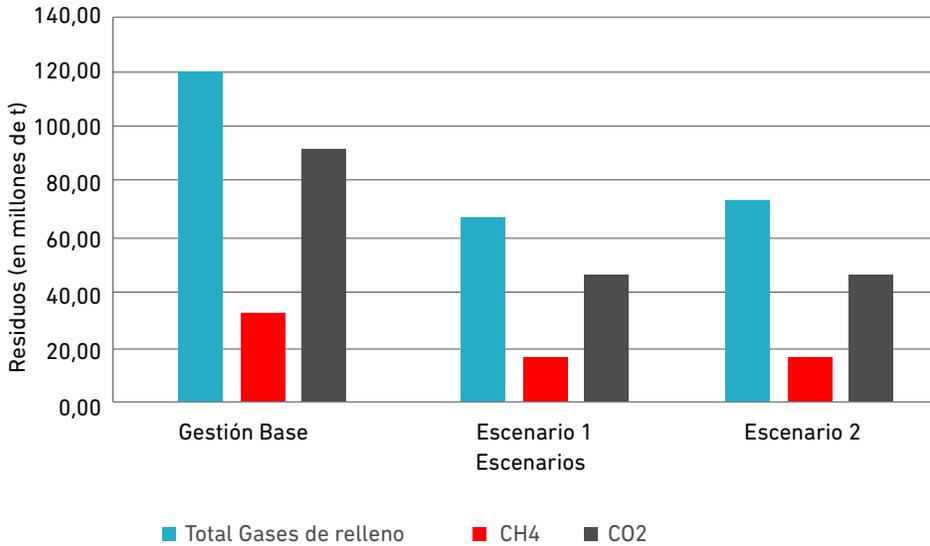
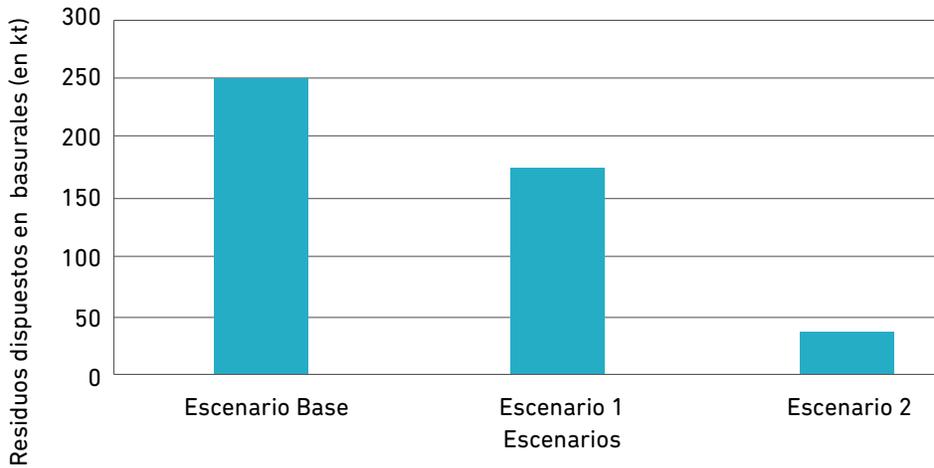


Figura 7. Indicador Emisiones de gases de relleno (en millones de toneladas) según escenario.

3.2.3. Cantidad de residuos en basurales a cielo abierto

El indicador refleja el descenso de la cantidad de residuos dispuestos en basurales, especialmente entre los escenarios 1 y 2. La diferencia mayor entre ambos escenarios puede deberse particularmente a una disminución del desvío a basurales por el aumento de materiales reciclables ingresados al circuito de recuperación y al compostaje de los residuos orgánicos de Grandes Generadores (Figura 8).

Figura 8. Indicador Residuos dispuestos en basurales (en kt) según escenarios.



3.2.4. Costos de la disposición final de residuos

La información sobre los costos de disposición final de residuos provista por el indicador muestra el descenso relacionado con la menor cantidad de residuos enviada a relleno sanitario que ocurre en los escenarios 1 y 2.

La disposición final en el escenario base tiene un costo estimado de US\$ 101.232.489, mientras que en los escenarios 1 y 2 disminuyen hasta US\$ 56.585.071,7 y US\$ 59.254.430, respectivamente. La ligera suba en la disposición final del escenario 2 por sobre el escenario 1 también se ve reflejada en este indicador.

3.2.5. Análisis de los resultados de los indicadores

Los resultados de los indicadores muestran que hay una mejora en el desempeño de la gestión en términos de mitigación de impactos negativos ambientales, sociales y económicos cuando se incrementa la recuperación y el reciclado de materiales. Aquellos vinculados a la disposición final en rellenos sanitarios presentan una ligera suba en el escenario 2 con respecto al escenario 1, pero siguen obteniendo mejores resultados que los del escenario base. En el caso de la disposición en basurales a cielo abierto, el indicador muestra cambios positivos en los escenarios alternativos de gestión.

4. Conclusiones

Por medio del uso del Metabolismo Social y del Análisis de Flujo de Materiales, fue posible presentar un escenario actual de la gestión de los Residuos Sólidos Urbanos en la Región del Gran Buenos Aires y elaborar una propuesta de escenarios alternativos atendiendo a las características, actores e instalaciones del aglomerado urbano. Adicionalmente, se pudo evaluar la sustentabilidad de algunos de los aspectos de la gestión y elaborar una comparación entre escenarios mediante indicadores de sustentabilidad.

Focalizando en los resultados de los modelos, se puede concluir que la RGBA presenta un importante potencial para la recuperación de materiales y así evitar la disposición final en rellenos sanitarios. Los avances en materia normativa y en la adquisición y uso de instalaciones para el tratamiento de distintas corrientes dan cuenta de una creciente acción en pos de una gestión integral y sustentable de los residuos. Además de los materiales reciclables, el tratamiento y la reutilización de materiales de la actividad de construcción y demolición implica el reaprovechamiento de una fracción que,

al ser homogénea en su composición a la hora de su descarte, presenta una elevada eficiencia y una fácil reincorporación en sus circuitos. Más allá de los aspectos técnicos, y como se desprende del escenario propuesto, el impulso del compostaje domiciliario representa una de las principales iniciativas para la disminución del envío de residuos a disposición final, junto con los aspectos sociales y culturales que implica esta actividad, ligada a prácticas agroecológicas y de huertas urbanas.

Los resultados obtenidos evidencian los beneficios de fortalecer los programas y actividades tendientes a concientizar a la población sobre la importancia de la separación en origen para contribuir a la recuperación y al reciclado de materiales. En la misma línea, se considera oportuno afianzar el trabajo con Grandes Generadores y Generadores Especiales a través de la presentación de sus Programa de Gestión Integral de RSU y el trabajo con Destinos Sustentables. Sobre este último punto, el fortalecimiento y la formalización del trabajo cooperativo resulta fundamental, tanto para la mejora de las condiciones laborales de quienes realizan esta actividad como para su continuidad en los procesos de recuperación de materiales. Retomando la cuestión técnica y vinculándola con la actividad de los recuperadores, un resultado a destacar es aquel que da cuenta de los valores de recuperación de la planta de MBT *versus* el Resiparque. Queda evidenciado en ambos modelos que la iniciativa del Resiparque sigue siendo más eficiente y, sin dudas, representa aspectos inclusivos en materia social.

Los indicadores de sustentabilidad seleccionados fueron útiles para conocer aspectos de la gestión actual de RSU en el área de estudio, y fue posible un cálculo aproximado con la información relevada y analizada en esta investigación. Los obstáculos y limitaciones que se tuvieron están ligados a la falta de información oficial, principalmente cuantitativa, sobre la recuperación de materiales a escala municipal, la existencia de basurales a cielo abierto, la cantidad de cooperativas de recuperadores urbanos presentes en el área y la gestión llevada a cabo por los GG y los GE.

Los puntos que quedan abiertos para profundizar en otras investigaciones son la aplicación de indicadores que cubran otros aspectos de la gestión, el desarrollo de nuevos escenarios con variaciones en los flujos

y procesos, y la profundización en el estudio del desempeño de la recuperación de corrientes como la de construcción y demolición y la de poda, entre otras. Asimismo, se considera oportuno remarcar la necesidad de analizar otras corrientes que no fueron consideradas de manera diferencial en este trabajo, como la de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEEs), Aceite Vegetal Usado (AVU), pilas y baterías (más ampliamente, los Residuos Especiales de Generación Universal) y neumáticos.

5. Agradecimientos

Se agradece la colaboración de Brian Castelo en la búsqueda de fuentes de información y a los distintos entrevistados que proporcionaron información para la elaboración del trabajo; a informantes clave de CEAMSE, de la Dirección General de Reciclado y del Centro de Reciclaje del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires. Esta investigación se realizó en el marco del proyecto "Innovación en las estrategias de reciclado de residuos, las articulaciones entre sectores público, privado y cooperativo y los circuitos y encadenamientos productivos y tecnológicos, en el marco de la gestión de los conflictos ambientales" (PICT 2016/2012), financiado por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT). ●

Bibliografía

- Alfonso Piña, W. H. y Pardo Martínez, C. I. (2014). Urban material flow analysis: An approach for Bogotá, Colombia. *Ecological Indicators*, 42, 32–42. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.10.035>
- Bielsa, R., Faitani, N., Flores, P., Galván, S. L., Lopez de Munain, D., Lusich, S., Sosa, V. y Tapia, J. (2016). *Desafíos tecnológicos hacia una gestión sustentable de los residuos sólidos urbanos de generadores especiales en la Región Metropolitana de Buenos Aires*. <http://www.ciecti.org.ar/wp-content/uploads/2016/09/CIECTI-Proyecto-UNGS.pdf>
- Brunner, P. y Rechberger, H. (2017). *Handbook of Material Flow Study for Environmental, Resource, and Waste Engineers* (2° edition). Estados Unidos: CRC Press.
- CAC. (2013). Estudio de Diagnóstico y formulación de propuestas para la gestión de los Residuos Sólidos Urbanos del Área Metropolitana de Buenos Aires. *Revista de la Construcción*.
- Cencic, O. y Rechberger, H. (2008). Material flow analysis with software Stan. *Environmental Engineering and Management Journal*, 18(1). https://www.researchgate.net/publication/284663142_Material_flow_analysis_with_Software_STAN
- Chertow, M. R. y Eckelman, M. J. (2009). Using material flow analysis to illuminate long-term waste management solutions in Oahu, Hawaii. *Journal of Industrial Ecology*, 13(5), 758–774. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2009.00159.x>
- Desmond, M. (2006). Municipal solid waste management in Ireland: Assessing for sustainability. *Irish Geography*, 39(1), 22–33. <https://doi.org/10.1080/00750770609555864>
- Di Pace, M. y Crojethovich, A. (1999). La sustentabilidad ecológica en la gestión de residuos sólidos urbanos. *Informe de investigación*, (3). Universidad Nacional de General Sarmiento. <https://doi.org/10.1002/dac.2753>
- Dos Muchangos, L. S., Tokai, A. y Hanashima, A. (2017). Application of material flow analysis to municipal solid waste in Maputo City, Mozambique. *Waste Management and Research*, 35(3), 253–266. <https://doi.org/10.1177/0734242X16678067>
- EPA. (s. f.). *Landgem versión 3.02*. <https://www3.epa.gov/ttn/catc/dir1/landgem-v302.xls>
- FADU. (2008). *Atlas de la Basura AMBA 2008*. Recuperado de <http://web.archive.org/web/20120310190913/http://ceamse.gov.ar/wp-content/uploads/2009/08/Microsoft-Word-atlas-basura.pdf>
- Farreras, V. y Lauro, C. (2016). Valoración económica de los efectos de la contaminación por vertido de residuos

- sólidos urbanos. El caso del aglomerado urbano del Gran Mendoza, Argentina. *Gestión y Ambiente*, 19(2), 211–227.
- FIUBA. (2010). *Estudio de Calidad de los Residuos Sólidos Urbanos 2009*. Recuperado de <https://www.ceamse.gov.ar/wp-content/uploads/2012/06/Resumen-Ejecutivo-ECRSU-2009.pdf>
 - FIUBA. (2011). *Estudio de calidad de los Residuos Sólidos Urbanos del Área Metropolitana de Buenos Aires*. Recuperado de <https://www.ceamse.gov.ar/wp-content/uploads/2012/06/Tercer-Informe-ECRSU-AMBA.pdf>
 - FIUBA. (2016). *Estudio de calidad de los Residuos Sólidos Urbanos de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires - Año 2015*. Recuperado de [http://www.fi.uba.ar/sites/default/files/Estudio de calidad RSU.pdf](http://www.fi.uba.ar/sites/default/files/Estudio%20de%20calidad%20RSU.pdf)
 - Guerrero, E. y Erbiti, C. (2004). Indicadores de sustentabilidad para la gestión de los residuos sólidos domiciliarios. Municipio de Tandil, Argentina. *Revista de Geografía Norte Grande*, 32, 71–86. <https://repositorio.uc.cl/bitstream/handle/11534/10478/000381205.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
 - Guibrunet, L., Sanzana Calvet, M. y Castán Broto, V. (2017). Flows, system boundaries and the politics of urban metabolism: Waste management in Mexico City and Santiago de Chile. *Geoforum*, 85, 353–367. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2016.10.011>
 - Gutiérrez, R. (2014). *Gestión de residuos sólidos urbanos en la región metropolitana de Buenos Aires. Modelos y prácticas*. Buenos Aires: Universidad Nacional de San Martín.
 - Jantz, M. N. (2020). *El Tratamiento de los Residuos Sólidos Orgánicos Domésticos como Estrategia para la Mitigación del Impacto Ambiental Negativo de la Gestión de Residuos en Áreas Urbanas*. Los Polvorines: Universidad Nacional de General Sarmiento.
 - Laurent, A., Bakas, I., Clavreul, J., Bernstad, A., Niero, M., Gentil, E., Hauschild, M. Z. y Christensen, T. H. (2014). Review of LCA studies of solid waste management systems - Part I: Lessons learned and perspectives. *Waste Management*, 34(3), 573–588. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.10.045>
 - Liang, S. y Zhang, T. (2012). Comparing urban solid waste recycling from the viewpoint of urban metabolism based on physical input-output model: A case of Suzhou in China. *Waste Management*, 32(1), 220–225. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2011.08.018>
 - Lozupone, M. (2019). *La gestión de los RSU en los municipios argentinos. Un estudio desde la economía circular hacia la sustentabilidad integral*. Recuperado de <http://fcece.org.ar/wp-content/uploads/informes/gestion-rsu-municipios-argentinos.pdf>

- Makarichi, L., Techato, K. y Jutidamrongphan, W. (2018). Material flow analysis as a support tool for multi-criteria analysis in solid waste management decision-making. *Resources, Conservation and Recycling*. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.07.024>
- McDougall, F., White, P., Franke, M. y Hindle, P. (2003). *Integrated Solid Waste Management: a Life Cycle Inventory*. Estados Unidos: Blackwell Science.
- Miño, M. L. (2012). *Detección de basurales ilegales, rellenos sanitarios, ex basurales, tosqueras y chatarrerías en el Gran Buenos Aires, mediante teledetección y sistemas de información geográfica* [Universidad Nacional de Córdoba]. Recuperado de <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/11543>
- Ojeda-Benitez, S., de Vega, C. A. y Ramírez-Barreto, M. E. (2000). The potential for recycling household waste: A case study from Mexicali, Mexico. *Environment and Urbanization*, 12(2), 163–173. <https://doi.org/10.1177/095624780001200213>
- Pillai, S. y Peter, A. E. (2014). Soil Pollution near a Municipal Solid Waste Disposal Site in India. *International Conference on Biological, Civil and Environmental Engineering (BCEE)*. <https://doi.org/10.15242/iicbe.c0314080>
- Ruggiero, C. A., Tapia, J., & Caprile, D. (2015). El flujo de materiales en la gestión de residuos de la región del Gran Buenos Aires. En Suárez, F. y Schamber, P. (Comps), *Recicloscopio IV. Miradas sobre dinámicas de gestión de residuos y organización de recuperadores*. Los Polvorines: Universidad Nacional de General Sarmiento.
- Sarandón, F. y Schamber, P. (2019). Fortalezas, debilidades y oportunidades de la política de gestión diferenciada de residuos para grandes generadores del área metropolitana de Buenos Aires (2013-2017). ¿Promoción del reciclaje inclusivo o más de lo mismo? *Gestión y Análisis de Políticas Públicas*, 21, 61–79. <https://doi.org/10.24965/gapp.v0i21.10559>
- Stanisavljevic, N., Vujovic, S., Zivancev, M., Batinic, B., Tot, B. y Ubavin, D. (2015). Application of MFA as a decision support tool for waste management in small municipalities - case study of Serbia. *Waste Management and Research*, 33(6), 550–560. <https://doi.org/10.1177/0734242X15587735>
- Suárez, F. M. (2016). Circuitos productivos regionales. Encadenamientos económicos en la recuperación de materiales reciclables. Las transmutaciones. En *La Reina del Plata. Buenos Aires: sociedad y residuos*. Los Polvorines: Universidad Nacional de General Sarmiento.

- Toledo, V. M. (2013). El metabolismo social: una nueva teoría socioecológica. *Relaciones*, 136, 41–71. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rz/v34n136/v34n136a4.pdf>
- Wang, Y., Chen, P. C., Ma, H. wen, Cheng, K. L. y Chang, C. Y. (2018). Socio-economic metabolism of urban construction materials: A case study of the Taipei metropolitan area. *Resources, Conservation and Recycling*, 128, 563–571. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.08.019>
- Xiao, L., Lin, T., Chen, S., Zhang, G., Ye, Z. y Yu, Z. (2015). Characterizing Urban Household Waste Generation and Metabolism Considering Community Stratification in a Rapid Urbanizing Area of China. *PLoS ONE*, 10(12), 1–16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0145405>
- Zaccariello, L., Cremiato, R. y Mastellone, M. L. (2015). Evaluation of municipal solid waste management performance by material flow analysis: Theoretical approach and case study. *Waste Management and Research*, 33(10), 871–885. <https://doi.org/10.1177/0734242X15595284>

Fuentes documentales

- ACUMAR. (2018). *Línea de Base 2017: Cantidad de Sitios por Tipología y Municipios*. Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo. Recuperado de <http://datos.acumar.gob.ar/dataset/linea-de-base-de-basurales-2017/archivo/edd3dee7-f3ef-4e84-8660-e331f64b3115>
- CEAMSE. (2019). *Cómputos – CEAMSE*. Recuperado de <https://www.ceamse.gov.ar/estadisticas/>
- INDEC. (2003). *¿Qué es el Gran Buenos Aires?* Recuperado de <http://www.indec.mecon.gov.ar>
- INDEC. (2015). *Estimaciones de población por sexo, departamento y año calendario*. Recuperado de https://sitioanterior.indec.gob.ar/ftp/cuadros/poblacion/proyeccion_departamentos_10_25.pdf
- INDEC. (2020). *Aglomerados de la Argentina de 500.000 habitantes y más*. Aglomerados de La Argentina de 500.000 Habitantes y Más. Recuperado de https://www.indec.gob.ar/ftp/cuadros/poblacion/aglomerados_argentina_500_mil.pdf
- Municipalidad de Berazategui. (2020). *Berazategui cuenta con un centro de gestión sustentable*. Noticias. Recuperado de <https://www.berazategui.gov.ar/noticias/2412-berazategui-cuenta-con-un-centro-de-gestion-sustentable-2>
- Municipalidad de Morón. (s. f.). *Morón Verde*. Recuperado de <http://www.moron.gob.ar/moronverde/>

- Municipalidad de San Isidro. (2018). El municipio lanzó un innovador servicio de higiene urbana. Recuperado de <https://www.sanisidro.gob.ar/novedades/el-municipio-lanzó-un-innovador-servicio-de-higiene-urbana>
- Municipalidad de Vicente López. (2019). *Vicente López Publicaciones*. Facebook. Recuperado de <https://www.facebook.com/VivamosVL/posts/el-equipo-de-poda-y-arbolado-se-encuentra-trabajando-en-una-poda-liviana-de-acue/2302649713100986/>
- ONU Medio Ambiente. (2018). *Perspectiva de la Gestión de Residuos en América Latina y el Caribe*. Recuperado de http://www.wasteexpo.com.br/assets/palestra_jordipon.pdf%0A24/02/2020
- OPDS. (s.f.). *Centros de Tratamiento de Residuos Reciclables*. Recuperado de http://www.opds.gba.gov.ar/contenido/centros_de_tratamiento_de_residuos_reciclables_en_el_marco_de_las_resoluciones_13713_13813
- OPDS. (2020). *Manual de compostaje domiciliario*. Recuperado de [https://www.opds.gba.gov.ar/sites/default/files/029_ManualCompostDomiciliario_AGO20\(1\).pdf](https://www.opds.gba.gov.ar/sites/default/files/029_ManualCompostDomiciliario_AGO20(1).pdf)
- Perfil. (2018). *San Isidro sigue bajando el volumen de residuos a enterrar en el CEAMSE*. Recuperado de <https://www.perfil.com/noticias/empresas-y-protagonistas/san-isidro-sigue-bajando-el-volumen-de-residuos-a-enterrar-en-el-ceamse.phtml>
- UN Habitat. (2020). *The Value of Sustainable Urbanization - World Cities Report 2020*. Recuperado de https://unhabitat.org/sites/default/files/2020/10/wcr_2020_report.pdf
- UNEP. (2005). *Solid Waste Management*. Recuperado de <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/30733>

Glosario

C&D: Construcción y demolición

CI: Circuito ilegal

FH: Fracción húmeda

MC: Material compostable

RD: Recolección diferenciada

RD-Coop/RU: Recolección diferenciada-Cooperativas/Recuperadores urbanos

RD-DS/Coop: Recolección diferenciada-Destinos sustentables/Cooperativas

Rech: Rechazos

RND/FH: Recolección no diferenciada/fracción húmeda

RO: Residuos orgánicos

NC: No cuantificado

Vía EDT CABA: Vía Estación de transferencia de CABA