





Manejo de residuos sólidos urbanos en grandes metrópolis: una revisión

Abigail García-Valerio¹ , Salvador Adame Martínez ²

¹Doctorante en Urbanismo en la Facultad de Planeación Urbana y Regional de la Universidad Autónoma del Estado de México (*Autor correspondiente: agarcia017@alumno.uaemex.mx)

² Doctor en Ciencias, Profesor-Investigador de tiempo completo en la Facultad de Planeación Urbana y Regional de la Universidad Autónoma del Estado de México.

Histórico do Artigo: Submetido em: 01/10/2020 – Revisado em: 10/11/2020 – Aceito em: 26/12/2020

RESUMEN

El manejo de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) representa un reto ambiental, económico, social y territorial en las metrópolis donde se generan cuantiosas cantidades de residuos debido al proceso de urbanización, incremento de población, cambios de hábitos de consumo, entre otros factores. Ante esta situación el manejo integral ha sido considerado parte de la solución por lo que ha sido incorporado en las políticas y programas de gestión ambiental en el quehacer de los Estados, con el fin de disminuir los impactos negativos al sistema urbano. Por esta razón, el objetivo de esta investigación es realizar un análisis sobre el manejo de los RSU a través de una revisión exhaustiva de la creciente literatura internacional como nacional para conocer la eficiencia del manejo en diversas metrópolis a partir del auge del Desarrollo Sostenible. Para ello se procesó información no estructurada en el software Publish or Perish 6, mediante el método de análisis cientométrico, después se seleccionaron los artículos más relevantes y se clasificaron en seis indicadores base de análisis y como resultado se elaboró una línea del tiempo que permite visualizar el manejo desde el año 1900 en tres regiones del mundo, y una trayectoria evolutiva del manejo de los RSU a partir del impulso del Desarrollo Sostenible en 1990. Finalmente, se observó que un enfoque integral puede lograr la cooperación entre los participantes de toda la cadena, desde el productor hasta el consumidor final, y con ello coadyuvar a la disminución de amenazas a la sostenibilidad del sistema urbano metropolitano

Palabras-Claves: Manejo, Residuos Sólidos Urbanos, Metrópolis

Urban solid waste management in big metropolises: a review

ABSTRACT

The management of Urban Solid Waste (MSW) represents an environmental, economic, social and territorial challenge in metropolises where large amounts of waste are generated due to the urbanization process, population increase, changes in consumption habits, among other factors. Faced with this situation, comprehensive management has been considered part of the solution, which is why it has been incorporated into environmental management policies and programs in the work of the States, in order to reduce the negative impacts on the urban system. For this reason, the objective of this research is to carry out an analysis on the management of MSW through an exhaustive review of the growing international and national literature in order to know the efficiency of management in various metropolises from the rise of Sustainable Development. For this, unstructured information was processed in the Publish or Perish 6 software, using the scientometric analysis method, then the most relevant articles were selected and classified into six analysis base indicators and as a result a timeline was developed that allows visualization management since 1900 in three regions of the world, and an evolutionary trajectory of MSW management from the drive for Sustainable Development in 1990.

Finally, it was observed that a comprehensive approach can achieve cooperation between the participants of the entire chain, from the producer to the final consumer, and thereby contribute to the reduction of threats to the sustainability of the metropolitan urban system.

Keywords: Management, Urban Solid Waste, Metropolies.

García-Valerio, A., & Adame, S. (2020). Manejo de residuos sólidos urbanos en grandes metrópolis: una revisión. *Meio Ambiente (Brasil)*, v.2, n.5, p.78-95.



1. Introducción

Desde la antigüedad, las ciudades ya generaban residuos producto de las actividades económicas de la época, éstos resultaban ser fácilmente degradados por la naturaleza sin mayor complicación (Morris, 1979); tras el paso de la revolución industrial las formas de producción evolucionaron y con ello los bienes y servicios se transformaron, lo que causó la generación de residuos más complejos, tanto en su composición como en cantidad y por ende una degradación lenta y difícil.

Especialmente en las metrópolis industriales se generaron problemáticas relacionadas con la higiene de la ciudad, incluido el manejo de los residuos y sus vertederos; sobre todo en ciudades con gran crecimiento demográfico, por ejemplo, Londres en el año 1801 “primer escenario de este hecho”, presentó las más altas cifras y cambios en la composición de los residuos generados por sus 864,845 habitantes y que posteriormente se incrementaron a 4,232,118 en 1891 (Choay, 1976). También en Londres; el servicio de aseo sólo contemplaba la recolección de residuos y la eliminación de estos, éste último generalmente se realizaba a las afueras de los centros urbanos. La preocupación sobre los residuos radicaba principalmente en la higiene y embellecimiento de la ciudad, sin considerar el manejo integral (Currie, 1976) y los impactos negativos que se generaban ambiental y socialmente.

La urbanización y la aglomeración contribuyeron a la concentración de la población en otras metrópolis y por ende también el incremento de Residuos Sólidos Urbanos (RSU), además los estilos de vida urbanos favorecieron el aumento de inorgánicos, que usualmente no se descomponen rápidamente y ocupan un mayor volumen en los sitios de disposición final (Escobar, 2002). Este fenómeno se agudizó a partir del año 1900 teniendo diez ciudades con más de un millón de habitantes, tales como Nueva York, Londres y París (Naredo, 2000). En 1950, ya había dos megaciudades con 10 millones de habitantes; en 1970 las tres megaciudades con una población mayor de 10 millones estaban en Japón y Estados Unidos; en el 2012 aumentó a treinta (sobre todo en países en desarrollo) (Abdoli, Rezaee & Hasanian, 2016), y se pronostica un incremento para el 2030 de 12 megaciudades (ONU, 2019).

La ONU (2019) pronosticó cambios en la producción de RSU *per cápita* principalmente en zonas urbanas; considerando que al interior de estas áreas existen cientos de centros o distritos dónde sólo pocos tienen acceso a sistemas sanitarios, alcantarillado y gestión de RSU, aunado que las autoridades locales poseen escasa capacidad para gestionar los problemas medioambientales. Esto se ve reflejado en el incremento de los RSU ya que hasta hace tres décadas la generación de RSU significaba entre 0.2 y 0.5 kg/día/per cápita, para el año 2010 representaba 0.92 kg/día/per cápita (PNUMA, 2010) y en los últimos años se ha registrado 1.2 kg/día/per cápita y se calcula que para el 2025 habrá incrementado un 18% generado sobre todo en grandes ciudades (Kaza et al., 2018)

En la primera década del siglo XXI se identificó que la gestión de RSU era un problema sensible en los países en desarrollo (Manaf et al., 2009); y que ha ido evolucionado en forma paralela al sistema económico; a los procesos de industrialización, los patrones de consumo y las preferencias de los consumidores, lo que ha provocado la generación vertiginosa de enormes cantidades de RSU. Tal es el caso de América Latina; una de las regiones a nivel mundial con mayor urbanización e incremento poblacional en las grandes ciudades (Terraza, 2009) y por tanto altas concentraciones de RSU. En el año 2000, ya había 50 urbes con más de un millón de habitantes, cuatro de ellas superaban los diez millones; cómo la Ciudad de México y São Paulo que contaban con aproximadamente 18 millones de habitantes, Buenos Aires, 12 millones, y Río de Janeiro, con más de 10.5 millones (Satterthwaite, 2002). De acuerdo con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) entre 1950 y 2014, la región Latinoamericana se urbanizó a una tasa sin precedentes, acrecentando su población urbana del 50 al 80 por ciento (BID, 2020). Aún bajo estas circunstancias los gobiernos están obligados a ofrecer un servicio de limpia eficiente y una disposición final que evite impactos irreversibles al ambiente y a la salud (Bianchi et al., 2016), así como a conservar los recursos naturales, a través del establecimiento de políticas de prevención y gestión de RSU (Suárez & Junco, 2012).

No obstante, desde la década de los 70, existía ya una preocupación por las amenazas a la salud y al ambiente provocadas por las actividades antropogénicas, por lo que los distintos gobiernos se reunieron para firmar la *Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano* (en Estocolmo, 1972) en donde se acordó la defensa y mejora del ambiente para las presentes y futuras generaciones como meta esencial de la humanidad (ONU, 1972); posteriormente a mediados de los 80 se reconoció que los RSU eran un problema global. No solo un peligro para el ambiente, sino que cada vez es más una amenaza para la salud humana y el modo de vida; además de originar graves problemas sociales (Neves & Castro, 2012) especialmente en las metrópolis (Tavallaei et al., 2015), aceptando que, el aumento exponencial de la población, el crecimiento económico y la rápida urbanización (Bianchi et al., 2016), han llevado a un aumento drástico de los RSU (Krongkaew, Palita & Somrat, 2015).

A partir de esta situación surge uno de los instrumentos de mayor impacto con relación al tema de los RSU, esto es la Agenda 21 (Sato & Dos Santos, 1997), que instituyó los principios primordiales y el programa de acción para alcanzar el desarrollo sostenible. resaltando la necesidad de cambiar los modelos insostenibles de producción y consumo; procurando resolver las causas y considerar el concepto de gestión integral del ciclo de vida como una herramienta para conciliar el desarrollo con la protección ambiental, y centrar los programas en tres áreas principales: minimización de RSU; maximización del reciclado; y ampliación de los servicios relacionados con el manejo de residuos. La Agenda 21 pasó a formar parte del manejo integral de RSU en el ámbito internacional.

El concepto de sostenibilidad en el manejo de los RSU se ha implementado primero en forma teórica y posteriormente de manera práctica en el desarrollo de proyectos, a partir de mecanismos de seguimiento que permiten alcanzar la sostenibilidad urbana no sólo para responder a una necesidad y evitar la contaminación ambiental por el manejo inadecuado de los RSU, sino también al cumplimiento de las políticas nacionales e internacionales; puesto que la gestión de los RSU es una cuestión de carácter local, nacional, así como internacional. Ante este escenario, muchos países con base en el concepto de sostenibilidad han establecido programas a partir de la separación en la fuente, aprovechamiento de los RSU antes de la disposición final; para restar la problemática de su gestión en las metrópolis.

Por esta razón, el objetivo de la presente investigación es realizar una revisión y análisis de literatura nacional e internacional que han contribuido a la eficiencia del manejo de los residuos sólidos urbanos en las grandes metrópolis a partir del auge del desarrollo sostenible; enmarcada en torno al concepto de los Residuos Sólidos Urbanos.

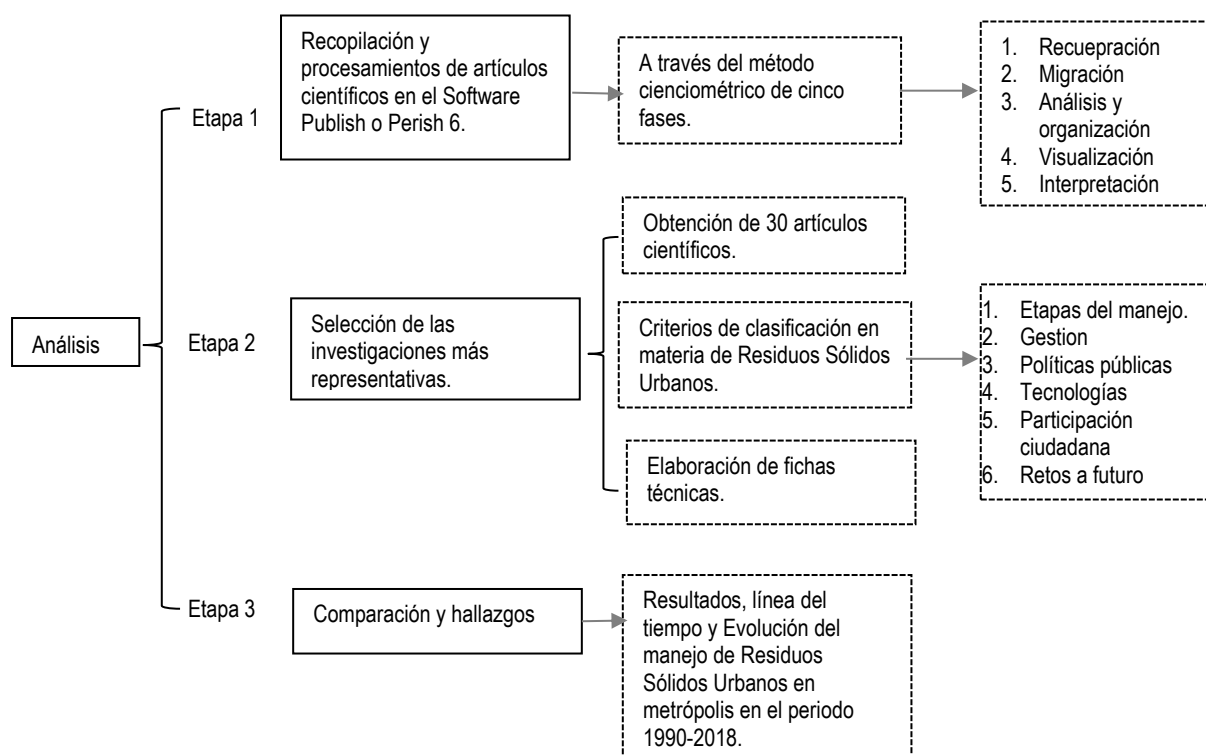
De acuerdo con la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) los residuos son el resultado de las actividades de producción y consumo que ya no tienen ningún valor económico, o que no existe un mercado para los subproductos recuperados (OCDE, 2016). En particular, los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) son considerados sustancias no peligrosas generadas por las actividades rutinarias de la vida humana (Tchobanoglous, 2004). Las fuentes generadoras de RSU suelen ser sectores domésticos (viviendas unifamiliares y múltiples), industriales, comerciales e institucionales (tiendas, restaurantes, mercados, oficinas, hoteles, imprentas, talleres de reparación de automóviles, instalaciones médicas y otras instituciones) (Ungureanu et al., 2018), jardines y calles (Krongkaew, Palita & Somrat, 2015); residuos de limpieza urbana, como barrido, aseo de aceras y vías públicas (Neves & Castro, 2012).

2. Métodos

Esta investigación se analizó de forma sistemática en tres etapas (Figura 1); en la primera etapa se utilizó el programa libre Publish or Perish 6, el cual realiza una búsqueda exhaustiva de artículos científicos en diversas fuentes de datos y buscadores: Google Scholar, Web of Science, Scopus, Crossref entre otros; medidos por indicadores de especial interés como el Índice de Hirsch, número de citaciones, cantidad de publicaciones del autor y particularmente en este caso relacionados con el concepto de Residuos Sólidos Urbanos (RSU),

Metrópolis y Desarrollo Sostenible en el periodo 1990 -2018. De tal manera que el software procesó los artículos científicos a modo de información no estructurada (minería de datos) mediante el método de análisis cuantitativo de cinco fases: i) Recuperación; el cual consistió en seleccionar las fuentes de información y las bases de datos apropiadas para la búsqueda de los artículos científicos; ii) Migración; del universo de investigaciones publicadas, el programa depuró y normalizó los indicadores obtenidos del punto anterior; iii) Análisis y organización; se determinó e identificó los parámetros para la clasificación de las publicaciones, iv) Visualización; se generaron esquemas y cuadros que reflejaron los resultados del análisis; finalmente v) Interpretación; el cual arrojó el informe completo de las métricas calculadas a través de una lista formateada de resultados, lo que permitió elegir las publicaciones más representativas. Derivado del tratamiento de esta etapa, se reconocieron 30 artículos de investigación con las características solicitadas.

Figura 1 - Esquema metodológico



Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, en la segunda etapa los 30 artículos obtenidos se clasificaron en seis criterios: 1) Etapas del manejo; comprende alguna o todas las fases del manejo de RSU; es decir, generación y composición, recolección, tratamiento, transferencia y disposición final. 2) Gestión; considerada como el conjunto de operaciones administrativas, financieras basadas en un esquema jerárquico del manejo de RSU y el servicio de limpieza. 3) Políticas públicas; contempla estrategias y acciones llevadas a cabo por los gobiernos mediante planes, programas y proyectos piloto, así como disposiciones legales. 4) Tecnologías; propone un conjunto de procedimientos, técnicas y/o instrumentos con potencial para disminuir o tratar los residuos de manera amigable. 5) Participación ciudadana; iniciativas y actividades desempeñadas por la sociedad civil, además de la inclusión de actores sociales en la toma de decisiones o demanda de modificaciones en el manejo de los RSU; y 6) Retos a futuro; se trata de nuevos planteamientos con visión a mediano y largo plazo, integración

de previsiones que mejoren las estrategias actuales del manejo de RSU. Después, se elaboró para cada criterio una ficha técnica que involucró la zona de estudio, año de la investigación, objetivo general y las estrategias y metodología utilizada. En seguida fueron incorporados en una base de datos para su análisis como indicadores representativos de cada investigación. Finalmente, en la tercera etapa se recopilieron los hallazgos principales de cada investigación, y la comparación de los resultados derivados.

Este tipo de análisis permite identificar de manera rápida y eficiente información de metrópolis de todo el mundo, a la vez que proporciona una mirada a través del tiempo de cómo se han manejado los RSU mediante diversas acciones técnicas, tecnológicas, sociales y políticas con atención especial en la sostenibilidad. A continuación, se describen los elementos encontrados en cada uno de los criterios analizados.

2.1 Etapas del manejo

Este criterio incluye investigaciones de alguna etapa o todas las etapas de manejo de los RSU; es decir, desde la generación hasta la disposición final atravesando por fases intermedias cómo la separación en la fuente, barrido, recolección, transporte, acopio – transferencia, aprovechamiento, tratamiento y confinamiento (Tchobanoglous, 2004) en metrópolis con gran crecimiento poblacional. En este caso se encontró que, Gomez et al. (2009); caracterizaron los RSU generados en los hogares en tres niveles socioeconómicos en tres periodos diferentes del año; Neves & Castro (2012) analizaron la separación y recolección de materiales reciclables a través de un diagnóstico básico. Duran-Moreno et al. (2013) caracterizaron RSU y con base en los resultados estudiaron la composición de éstos. Wen et al. (2014) analizaron y compararon diversos sistemas de clasificación de residuos a nivel macro. Tanaka (2014), describió cada una de las etapas de manejo a partir de las leyes que se habían promulgado en ese rubro.

El manejo de residuos sólidos en áreas urbanas es considerado uno de los grandes retos de la actualidad enfrentados por las administraciones públicas de las metrópolis. Por ejemplo, entre las etapas del manejo de RSU, uno de los temas cruciales es la clasificación de residuos; entendida como el proceso por el cual se le asignan a una o más clases según sus propiedades, características, o criterios a los RSU. Los sistemas de clasificación son decisivos en todas las partes interesadas, incluidos los productores, los recicladores y administradores y planificadores encargados del servicio de limpieza; de tal manera que proporcionen una mejor distribución de los puntos de recolección y mejorar la calidad de productos reciclables (Bautista & Pereira, 2006).

2.2 Gestión

Lin et al. (2006) investigaron las estrategias implementadas y su impacto en los sistemas de gestión de RSU para dar atención de manera regional. Por su parte, Sakai et al. (2011) estudiaron las características y constitución de las políticas de gestión y las medidas tomadas para reducir la generación y tratamiento de residuos. Delzeit & Weitzel (2011) analizaron la huella ecológica de agua y residuos en las megaciudades emergentes a través de la gestión, mientras que Neto & Moreira (2012), realizaron un estudio comparativo entre los arreglos de gestión de residuos sólidos en distintas regiones metropolitanas y Kumar et al. (2017) analizaron los desafíos, barreras y oportunidades asociadas con la mejora de la gestión de RSU.

Las anteriores investigaciones mostraron que el incremento en la producción de RSU representa un problema principalmente en metrópolis, donde se encuentra una alta densidad de población urbana con un patrón de consumo creciente y heterogéneo (Ungureanu et al., 2018). También se evidenció que los países de bajos ingresos producen más residuos orgánicos (aproximadamente el 64% en peso de los RSU), que en los de altos ingresos, menos del 28% (Krongkaew, Palita & Somrat, 2015). Por esta razón, la gestión es considerada como el conjunto de operaciones que se realizan desde que se generan hasta la última fase de su disposición bajo un esquema jerárquico y centralizado cuyo éxito depende de las capacidades y acciones del gobierno en

curso de la zona (Vásquez, 2011); es decir, la gestión de residuos sólidos urbanos (GRSU) también es entendida como la planificación, organización, dirección, coordinación, control de las diferentes acciones relacionadas con la generación, recolección, transporte y disposición final de los RSU bajo los recursos y limitaciones institucionales que presenta el sector público para abordarlo (UNEP/ISWA, 2015). Además, el concepto de gestión es considerado uno de los instrumentos más eficientes para el desarrollo sostenible en áreas que se encuentran bajo presión antrópica debido a la generación de RSU (Ianoş et al., 2012) y que también sirve como punto de referencia para el progreso de las políticas de Reducción, Reutilización y Reciclaje (3R).

2.3. Políticas

Fischer (2010) analizó las emisiones de gases de efecto invernadero a partir de los objetivos establecidos y resultados obtenidos de la gestión de RSU. Por otra parte; Guibrunet, Calvet & Castán (2017), desarrollaron un análisis comparativo de la influencia de los patrones de urbanización y la política local en la configuración de los flujos del manejo de RSU utilizando el metabolismo urbano como base para relacionar la circulación del material con el papel de diferentes actores en la recolección. Mientras que Ungureanu et al. (2018), midieron el progreso hacia el desarrollo sostenible a través de ocho planes regionales y anuarios estadísticos nacionales para una nueva gestión de residuos. Finalmente, Prabhat & Chettyappan (2019), mencionan que, las políticas para gestionar los RSU son moldeados por la conciencia de los habitantes y el compromiso por parte de los gobiernos y las metas expresadas en los Objetivos de Desarrollo Sostenible a partir de los principios de las 3R; lo que agiliza las políticas existentes de prevención en la fuente.

Estas investigaciones están orientadas hacia la prevención y minimización de los residuos sólidos, mediante acciones, operaciones y procesos que permiten disminuir la cantidad en cada una de sus etapas; a través de un marco regulatorio actualizado y la coordinación interinstitucional de las áreas administrativas involucradas, bajo un esquema de supervisión y vigilancia.

Habría que decir también, que la política ambiental del manejo de los RSU en países industrializados desarrolla una serie de opciones de gestión compatibles con una economía circular que se refiere a reducir las fuentes de contaminación; recuperación y reutilización de productos usados; reciclaje de materiales; así como la eliminación adecuada en vertederos (Ungureanu et al., 2018). Sin embargo, las políticas del manejo de RSU difieren en las distintas metrópolis debido a las circunstancias particulares de cada país; ya que la operación de los programas de RSU implica la vinculación en los diversos niveles de integración, tomando en cuenta criterios económicos y sociales (participación y conciencia de la población como objetivo principal). Para implementarlas es necesario complementar el marco legal con la definición clara y precisa de las competencias y las relaciones jerárquicas de los diferentes entes involucrados, al igual que las responsabilidades, los mecanismos de funcionamiento, los derechos, los deberes y las eventuales sanciones económicas y penales relacionadas con su incumplimiento (Vásquez, 2011).

2.4 Tecnologías

Los casos de estudio en diversas metrópolis están vinculados a tecnologías limpias, técnicas o procedimientos con capacidad para procesar toda clase de residuos, disminuir su impacto y generar energía y otros productos derivados de estos.

Bautista & Pereira (2005), desarrollaron un modelo matemático y algoritmos, con especial interés en la aplicación en los sistemas de soporte de toma de decisiones, la meta fue ubicar un conjunto mínimo de puntos de recolección para que cada ciudadano pudiese encontrar un punto de recolección dentro de las unidades cercanas a su hogar. Mientras que, Tang et al. (2010) propusieron un método de solución en dos pasos con eficiencia computacional mejorada a través de programación restringida por azar imprecisa-estocástica inexacta basada en superioridad-inferioridad (SI-IFSCCP; por sus siglas en inglés) para la gestión de RSU. Por

otra parte, Liao et al. (2011) desarrollaron un marco de evaluación jerárquico utilizando la técnica de Modelado Estructural Interpretativo (ISM). También Krongkaew, Palita & Somrat (2015), analizaron y compararon modelos de gestión integral de RSU bajo el concepto de residuos transformados en energía. Además de proponer una estrategia de manejo que permitiera la reducción de residuos en vertederos a través de distintas tecnologías para transformar RSU en energía útil para las ciudades. Finalmente, Blikra, Martinez-Sanchez & Thomsen (2018), evaluaron ocho herramientas de apoyo a la sostenibilidad sobre el manejo de RSU existentes para respaldar el desarrollo de un método de “ciclo de vida” para sistemas circulares en gestión de RSU.

Estas investigaciones reflejan que el confinamiento de RSU en vertederos no es la mejor solución, por lo que se ha optado por planes e instrumentos de conversión de residuos en energía mediante el uso de diversas tecnologías. Dichas técnicas son necesarias para resolver parte de la problemática, pero también se requiere la participación del usuario, incluido el método de reducción, reutilización y reciclaje (3R), junto con la separación de residuos en la fuente para lograr un Desarrollo Sostenible.

A través de tecnologías avanzadas los RSU se pueden convertir en productos intermedios y/o en energía en diversas formas, incluyendo 1) la composta (digestión aerobia), 2) incineración o combustión directa en calderas para generar vapor, 3) pirólisis para producir un gas sintético o combustible líquido, y 4) biodigestión con o sin lodo de aguas residuales con el objetivo de obtener metano y el uso de 5) plasma, tecnología con una excesiva demanda energética, para la destrucción de residuos peligrosos (Ungureanu et al., 2018).

Las tecnologías también han recurrido al uso de varias herramientas de apoyo a la toma de decisiones basadas en el análisis del ciclo de vida (ACV) para evaluar la sostenibilidad de los sistemas de gestión de residuos. Estas herramientas se han desarrollado específicamente para estudiar el rendimiento; desde la recolección, el tratamiento y la eliminación final. No obstante, aún existe la necesidad de identificar, analizar y desafiar los supuestos técnicos incluidos en las herramientas para fortalecer el modelado de ACV de residuos (Blikra, Martinez-Sanchez & Thomsen, 2018).

2.5 Participación social

Varias investigaciones mostraron escenarios sobre la participación ciudadana en la gestión y manejo de los RSU; tal es el caso de Tukahirwa, Mol & Oosterveer (2013), que analizaron y compararon el alcance y éxito de las organizaciones no gubernamentales (ONG) y de la sociedad civil en la provisión de saneamiento urbano y servicios de limpia. También, Tavallaei et al. (2015), examinaron y midieron mediante métodos cualitativos la conciencia y actitud de las personas y a partir de estos resultados crear estrategias sociales, económicas y ambientales enmarcadas en el Desarrollo Sostenible. Por otro lado; Iyer (2016); analizó varios estudios de caso en el cual los ciudadanos y ONG se han coordinado para realizar diversas acciones para minimizar y administrar los RSU de manera descentralizada. La investigación de Zakianis et al. (2018), tuvo como propósito concienciar a la población y capacitarla mediante la inclusión de grupos de interés para efectuar correctamente la clasificación de residuos domésticos. Por último, Maidodo, Azizan & Rahmat (2018) identificaron una variedad de enfoques y determinaron atributos clave asociados con los efectos de la participación comunitaria en una serie de ciudades.

Las investigaciones arriba mencionadas ponen al descubierto la intervención efectiva de agentes sociales en la toma de decisiones, planificación, implementación y esfuerzos coordinados; a través de la participación ciudadana; y que existe un grado de identidad entre la población, vinculados a entidades como lo son las ONG relacionadas con la temática (Neto & Moreira, 2012).

Por ello se ha prestado atención especial al papel de las ONG en la promoción de la conciencia ciudadana sobre temas relacionados al manejo de RSU, así como la cooperación en la separación en la fuente (Ungureanu et al., 2018); debido a que esta actividad es una de las fases fundamentales del ciclo de generación, transformación y eliminación de residuos (Bautista & Pereira, 2006); además el control ambiental por parte de los ciudadanos es el nivel más alto de participación que los involucra en la toma de decisiones (Tavallaei et

al., 2015). Aquí el concepto de gestión colaborativa se considera uno de los instrumentos de mayor eficiencia para el manejo de RSU (Ianoş et al., 2012) ya que la participación de la población es fundamental para el éxito de cualquier programa de gestión integral de RSU (Neves & Castro, 2012).

2.6 Retos a futuro

Ferrara & Missios (2005), analizaron información sobre las intensidades de reciclaje en diversos programas y las opciones de financiamiento a largo plazo, sobre todo en precios de eliminación, los límites de uso de bolsas y la frecuencia de reciclaje. Wäger (2007), describió los logros de la política suiza en la gestión de RSU realizada durante 20 años lo que permitió identificar desafíos sociales a corto plazo. Por otra parte, Vásquez (2011), también describió y analizó el sistema de gestión con el objeto de proporcionar información relevante para los tomadores de decisiones y crear estrategias a largo plazo. Abdoli, Rezaee & Hasanian (2016) examinaron la situación de la gestión integral, a partir de aspectos políticos, legales, institucionales, socioculturales, financieros, económicos, técnicos y ambientales derivado de ello, determinaron las oportunidades y desafíos relacionados con los RSU. Por último, Kharlamova & Koroma (2016) abordaron la gestión de los RSU a partir de quince factores ambientales y sociales para establecer la idoneidad del sistema de limpia y rellenos sanitarios a largo plazo.

Existen diversos desafíos para las autoridades quienes son las responsables de implementar normativas, crear programas metropolitanos que reciban atención especial en los sistemas de gestión de residuos sólidos y desarrollar la infraestructura adecuada para brindar un eficiente servicio (Lin, Wang & Chenfang, 2006). Otro desafío de las metrópolis es el contenido de residuos peligrosos como pesticidas, pinturas, medicamentos y baterías; residuos sanitarios como jeringas desechables, materiales y textiles con sangre presentes en los RSU (Kumar, et al., 2017); también los residuos manejados inadecuadamente permiten que los vectores biológicos se reproduzcan más rápido lo que aumenta el riesgo de enfermedades como la malaria y el dengue (Terraza, 2009) por mencionar algunas.

Los autores antes citados realizaron en primera instancia diagnósticos sobre la situación actual del manejo y a partir de ahí analizaron las oportunidades y desafíos relacionados con los RSU que enfrentan las metrópolis con dinámicas complejas de tal manera que les permitan desarrollar nuevos enfoques, para responder a estas problemáticas. Estos retos promueven una perspectiva holística; considerando los aspectos ambientales, sociales, económicos y políticos, así como todas las partes interesadas en el sistema gestión integral (Abdoli, Rezaee & Hasanian, 2016).

3. Resultados

Derivado de la revisión, clasificación, comparación y análisis de las investigaciones se descubrió un panorama general del manejo y gestión de los RSU, no sólo a partir del auge del desarrollo sostenible, sino desde inicios del siglo XX, ya que cada trabajo contenía datos históricos que permitieron la construcción de una línea del tiempo (Figura 2), la cual permite visualizar las acciones y estrategias llevadas a cabo desde el año 1900 en ciudades de gran tamaño con el objetivo de dar solución a la problemática causada por los residuos. De tal manera, que se identificaron tres regiones pioneras, siendo estas: i) Asia, donde Japón encabeza la lista de casos exitosos; ii) Europa, (actualmente los Estados miembros de la comunidad europea) mediante regulaciones y normativas ampliamente reconocidas en sus principales ciudades y metrópolis y iii) América, dirigido por Estados Unidos con marcos jurídicos e institucionales en gestión de RSU en grandes ciudades y metrópolis. A continuación, se describen de manera más detallada los hallazgos encontrados en cada una de estas regiones.

3.1.1 Asia

Japón se posiciona como pionero en materia de gestión y manejo integral de RSU, ya que sus registros en relación con este tópico se remontan a principios del siglo XX (Tabata, 2013), de ahí que en la actualidad sea uno de los países a seguir su ejemplo, a pesar de contar con una alta tasa de crecimiento demográfico y desarrollo urbano al mismo tiempo. Desde el punto de vista sistemático, el manejo de RSU de Japón es uno de los más integrales, así como la legislación en materia de RSU; no solo a nivel macro sino también micro (Sakai et al., 2011; Wen et al., 2014).

De acuerdo con Tanaka (2014); Japón inició con el manejo de RSU a partir de la promulgación de la "Ley de "Eliminación de Suciedad" en 1900, con el objetivo de alejarlos de las comunidades y evitar enfermedades y epidemias, esto se originó más como un proceso de higienización y no como una gestión. Posteriormente en 1954, se introdujo la "Ley de Limpieza Pública" para garantizar un entorno de vida higiénicamente sano, a través de reglas y normas de aseo de los espacios públicos en las ciudades. Después, en 1970 se aprobó la "Ley de Gestión de Residuos", en la que se establecieron los principios básicos del manejo de los RSU de manera obligatoria.

En el año 2001 se promulgó la "Ley fundamental para establecer una sociedad sana de ciclo de materiales (3R)". Subsiguientemente se emitieron leyes específicas de reciclaje aprobadas en 2003 junto con enmiendas a la Ley de Gestión de Residuos con el propósito de reforzar las medidas de reciclaje para aplicar el concepto de responsabilidad extendida del productor. Ésta establece objetivos cuantitativos para tres indicadores: i) productividad de recursos, ii) tasa de uso cíclico y iii) monto final de disposición. Estos objetivos también se han perseguido a escala global a través del proceso del Grupo de los Ocho, similar al de la Unión Europea y Corea.

Como primera dirección, fue la promoción de políticas 3R para evitar más RSU vertidos en sitios de disposición final. Por otra parte, en términos de residuos orgánicos, este país ha adoptado diferentes enfoques y se ha apostado por instalaciones de incineración avanzadas a nivel nacional, y la prevención de la emisión de gases. Resultado de ello, las emisiones de dioxinas se han reducido considerablemente mediante el uso de la tecnología así mismo la reducción de la cantidad de residuos orgánicos incinerados (Sakai et al., 2011).

En abril del 2005 se estableció el Centro de Investigación de Manejo de Residuos Sólidos en la Universidad de Okayama; que tiene como objetivo desarrollar especialistas en gestión de RSU y evaluación de tecnología ambiental; proporcionar información y cooperación técnica a través de la colaboración entre la industria, la academia y el gobierno.; basado en tres estudios fundamentales: la investigación educativa sobre gestión de RSU en el campus, estudio de la la promoción "3R" hacia el establecimiento de un plan regional de ciclo de materiales en conjunto con la sociedad y estudios relacionados con la gestión estratégica de RSU en países asiáticos.

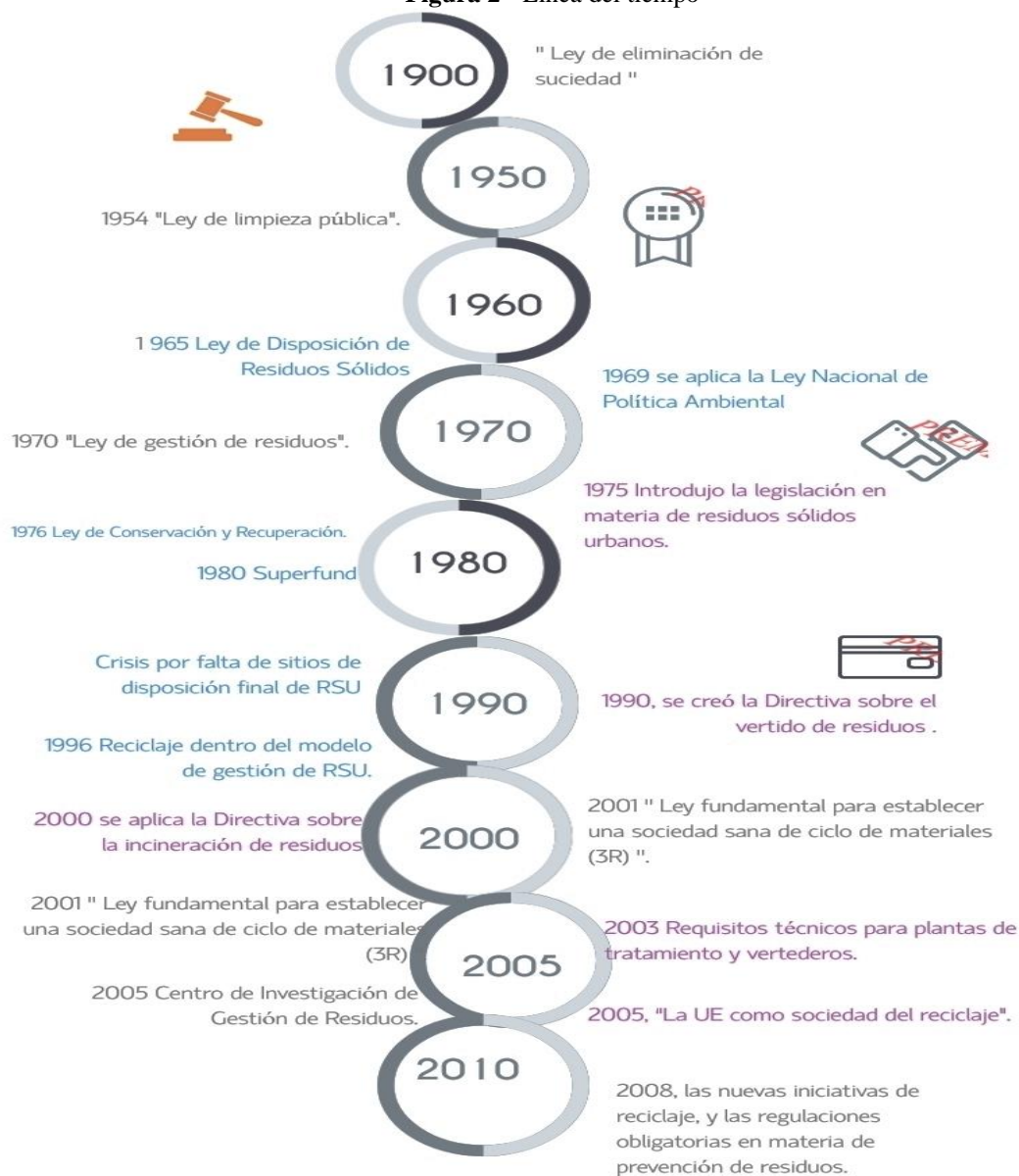
3.1.2 Europa

En 1975 se introdujo la legislación en materia de RSU en la Unión Europea (UE) sin embargo, en esos años las leyes sobre RSU estaban dominadas por requisitos administrativos más que por soluciones a los problemas que aquejaba a esa sociedad. Para el año 1990, se creó la Directiva relacionada con el vertido de residuos y en 1999 se establecieron parámetros generales con respecto a la gestión de RSU.

Adicionalmente, un dato significativo es la Ley sobre sitios de disposición final (Landfill Directive 1999/31/EC) (European Commission, 1999), cuyo objetivo fue establecer las condiciones de diseño, operación, construcción y funcionamiento de rellenos sanitarios y fomentar la separación de los residuos biodegradables evitando su llegada a los rellenos sanitarios. Posteriormente, la Agencia Europea de Medio Ambiente estableció un programa especialmente diseñado para reducir la cantidad de residuos urbanos biodegradables (RUB). De tal manera que se lograra la reducción en la fuente; el compostaje doméstico para aprovechar los

RUB; la recolección separada; y la incineración con y sin recuperación de energía, asimismo (Ministerio de Medio Ambiente, 2005). En este contexto, la Unión Europea (Estados miembros Alemania, Bélgica, Francia, Italia, Luxemburgo, Países Bajos Dinamarca, Irlanda, Reino Unido Grecia, España, Portugal, Austria, Finlandia y Suecia) (UE, 2020) cuenta con metas y programas específicos a largo plazo, mediante el monitoreo y evaluación bajo una legislación en constante revisión.

Figura 2 - Línea del tiempo



Fuente: Elaboración propia

Posteriormente en el año 2000 se estableció la Directiva sobre la incineración de residuos y en 2003 se introdujeron los requisitos técnicos para plantas de tratamiento y vertederos donde se establecieron

principalmente normas referentes a la aplicación de las mejores técnicas disponibles y prácticas ambientales en pro de la conservación del medio ambiente.

En 2005, lanzó una estrategia de prevención y el reciclaje de residuos; a partir de ese momento se formuló una visión de “La Unión Europea como sociedad del reciclaje”. Más tarde en 2008 la Directiva, incluyó nuevas iniciativas de reciclaje e introdujo regulaciones obligatorias en materia de prevención de residuos. Ante este suceso, se estableció como legislación básica de gestión de residuos, de tal manera que los Estados miembros de la UE han implementado leyes nacionales de gestión de residuos. Cabe mencionar que la UE es la única región que ha adaptado un enfoque armonizado de gestión de residuos peligrosos y no peligrosos (Wen et al., 2014).

Finalmente, la característica más notable del sistema de gestión de residuos de la UE es la promoción de políticas 3R en paralelo con las regulaciones; además de introducir iniciativas obligatorias en materia de prevención de residuos, así como la medición del progreso hacia el Desarrollo Sostenible como parte de la estrategia en la cual Eurostat tiene que elaborar cada dos años un informe basado en el seguimiento de indicadores de desarrollo sostenible. En este sentido, Eurostat publicó informes como parte del seguimiento y evaluación de esta estrategia en 2007 y 2015 (Ungureanu et al., 2018).

3.1.3 América

Hasta los años sesenta, casi en todo Estados Unidos de América (EUA) se realizaba la quema al aire libre de los RSU; en 1965 el Congreso aprobó la Ley de Disposición de Residuos Sólidos como parte de las reformas a la Ley de Aire Limpio en respuesta a la problemática. Esta fue la primera ley federal en el país que incluía métodos para la eliminación de residuos domésticos, municipales, comerciales e industriales.

Más tarde, en 1969 se aprobó la Ley Nacional de Política Ambiental que estableció una política nacional en EUA; donde se promocionó la mejora del ambiente, así como la instauración del Consejo Presidencial para la Calidad Ambiental, como resultado se obtuvieron los estatutos más utilizados en el mundo, ya que ha sido el equivalente moderno de una "Carta Magna del Medio Ambiente" (National Environmental Policy Act, 2008).

Posteriormente se realizaron modificaciones a esta ley lo que originó la aprobación de la Ley de Conservación y Recuperación, que entró en vigor el 21 de octubre de 1976 (EPA, 2013), creando el término "de la cuna a la tumba". Después, fue promulgada por el Congreso el 11 de diciembre de 1980 la Respuesta Ambiental, Compensación y Responsabilidad (CERCLA), conocida comúnmente como “Superfund”, la ley autoriza dos tipos de acciones de respuesta: i) traslado de corto plazo y ii) acciones de respuesta de recuperación a largo plazo; estas pueden llevarse a cabo en los sitios incluidos en la Lista de Prioridades Nacionales de la Agencia de Protección Ambiental (EPA).

En 1980, las mejoras de las tecnologías de control de la contaminación del aire llevaron a la construcción de plantas de combustión de residuos con recuperación de energía (De Kadt, 1999), subsiguientemente en 1990, el manejo y gestión de RSU, se habían desarrollado plenamente, de tal manera que los Departamentos de saneamiento llevaban a cabo un manejo integral. Sin embargo, a finales de 1990, tanto la EPA como el Congreso prestaron una atención a la crisis de los sitios de disposición final de RSU. No obstante, la problemática se resolvió de forma rápida ya que las multinacionales de gestión de residuos expandieron la capacidad de los sitios de disposición final existentes.

Por otra parte, el reciclaje fue una de las acciones adoptadas por los habitantes y los funcionarios públicos en respuesta a los nuevos niveles de preocupación por el entorno. El reciclaje aumentó a medida que el Estado y los gobiernos locales asumieron la responsabilidad y la supervisión del modelo de gestión de RSU.

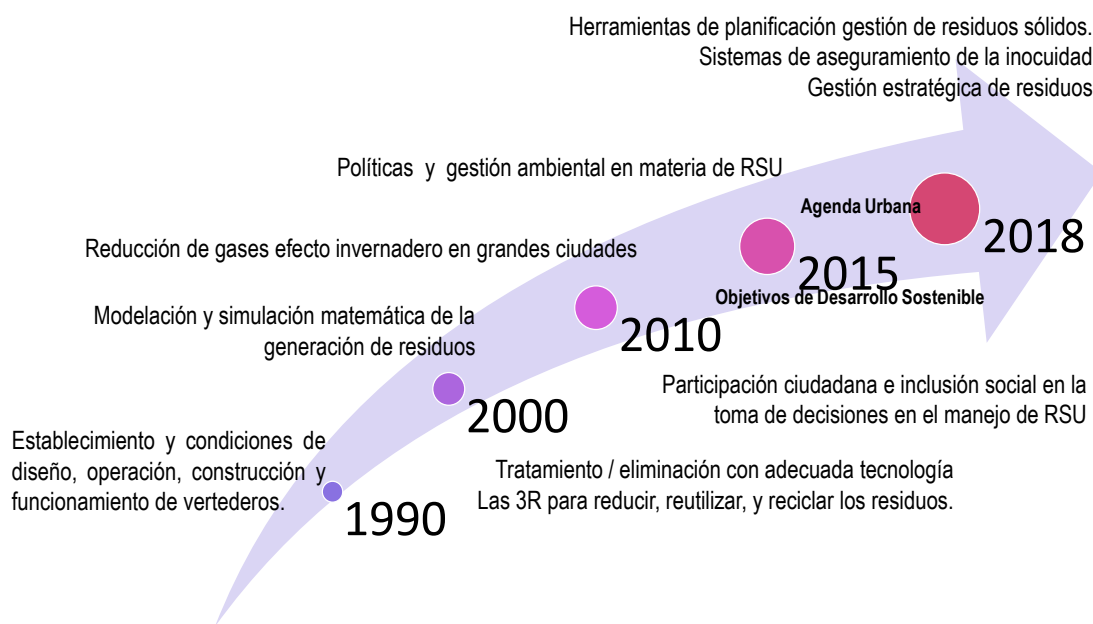
El actual sistema de clasificación de residuos de los EUA proporciona una flexibilidad práctica que permite a las autoridades ambientales definir y tipificar los residuos industriales no peligrosos, así como gestionarlos de manera más eficiente.

3.2 Evolución del manejo de los residuos sólidos urbanos en el periodo 1990-2018

Con los datos examinados anteriormente se diseñó una línea evolutiva en el periodo 1990 a 2018 (Figura 3) con el propósito de mostrar el desarrollo del manejo de los RSU a través de sus diferentes iniciativas a partir del auge del Desarrollo Sostenible en las metrópolis.

Como se puede ver en los primeros años se realizaron diversos estudios técnicos con el objetivo de proponer y/o establecer medidas y condiciones para el diseño, construcción, instalación y operación de sitios de disposición final de RSU, así como el marco normativo y jurídico para su regulación. En ese momento la meta principal fue eliminar los residuos rápidamente en vertederos más eficientes sin causar mayor afectación a la población y al ambiente. Pero la apertura de nuevos y mejores sitios de disposición final sólo significó una solución parcial la problemática, además que estas acciones estaban únicamente orientadas en el último escalón de la jerarquía del manejo integral de los RSU, lo que resultaba poco favorecedor al sistema urbano y natural.

Figura 2 – Evolución del Manejo RSU (1990 a 2018)



Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, se hicieron investigaciones enfocados en tratamientos físico - químicos con el fin de eliminar grandes cantidades de RSU generados en las ciudades, también se propusieron técnicas para reducir el volumen de los RSU; sin embargo, algunas de estas tecnologías resultaban más costosas e incluso contaminantes ya que los subproductos generados por estos procedimientos resultaban tóxicos o difíciles de confinar.

Aunado a lo anterior, se buscaron nuevas alternativas para tratar los RSU, a través de modelos matemáticos a fin de reducir la cantidad de RSU, pero sobre todo para optimizar tiempos y costos en etapas como la recolección, transferencia y disposición final de manera amigable con el ambiente y menor afectación a las actividades cotidianas de la población. Además, se dio mayor difusión a la estrategia de las tres erres (3R) que promueve la Reutilización, el Reúso de los productos y el Reciclaje siendo este último el más popular y preferido por la sociedad debido a los hábitos de consumo.

Actualmente la ONU-Habitat (2019) promueve tecnologías de vanguardia para transformar los RSU en recursos, mediante campañas como “Waste Wise Cities”, en la que se incentiva a los gobiernos al uso de métodos y procedimientos tecnológicos que permitan una gestión de los RSU sostenible sobre todo en ciudades (ONU-Habitat, 2020) y a la transformación de residuos orgánicos en energías renovables.

Más adelante, la ciudadanía y habitantes de las metrópolis impulsaron acciones para llevar a cabo un manejo adecuado y de esa forma evitar impactos ambientales y a la salud de la población. Hay evidencia de la existencia de grupos de ciudadanos organizados que han logrado disminuir la generación y los costos del manejo de RSU, al mismo tiempo que han desarrollado empleos y producir ganancias a partir del reciclaje u otro tipo de tratamiento de residuos. Lo más destacado es que la participación social ha conseguido intervenir en la toma de decisiones en conjunto con los gobiernos locales para eficientar el servicio de limpia o el desarrollo de nuevas estrategias del manejo de sus RSU.

Por otra parte, se observa la implementación de políticas en materia de gestión fundamentalmente ambiental con la finalidad reducir costos y brindar un adecuado servicio de limpia por parte de los gobiernos; bajo la incorporación de aspectos administrativos, técnicos, económicos y sociales.

Al mismo tiempo que se desarrollaron investigaciones enfocadas a la reducción de gases efecto invernadero emitidas por RSU en grandes ciudades y las alteraciones causadas al sistema urbano, por lo que buscaron nuevas medidas para mitigar las consecuencias e impactos negativos.

Con la entrada de la Agenda 2030 en el año 2015 se elaboró un plan de acción para proteger a la población, el ambiente y alcanzar la prosperidad a través de la operacionalización de los Objetivos del Desarrollo Sostenible, en el cual los gobiernos se comprometieron a adoptar nuevas medidas que les permitan lograr las metas enmarcadas en ellos, abarcando por lo menos los ámbitos sociales, económicos y ambientales con la participación de los rectores públicos y privados.

Derivado de lo anterior, actualmente existen técnicas, herramientas e instrumentos de planificación y gestión de RSU que permiten prevenir y reducir los impactos negativos generados por el inadecuado manejo de los RSU. También se han desarrollado sistemas de aseguramiento de la inocuidad bajo esquemas sostenibles. Así como la implementación de la evaluación ambiental estratégica como un instrumento de prevención y apoyo en la toma de decisiones considerando la sostenibilidad del entorno.

4. Conclusiones

Durante la revisión de literatura científica relacionada con los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) se encontró que el concepto como tal ha sido revisado ampliamente desde diferentes ángulos y niveles de profundidad, tal como lo muestran Fisher (2010) y Tabata (2013); sin embargo, al momento de realizar la indagación del concepto relacionado con los términos metrópolis, megaciudad/ megalópolis y Desarrollo Sostenible el número de investigaciones se redujo considerablemente.

Cabe mencionar que la mayoría de las publicaciones incluyen como factores preponderantes el manejo de RSU y procesos de urbanización relacionados con aspectos económicos, ambientales y sociales como posturas implícitas con el Desarrollo Sostenible.

También en el análisis se encontró que los autores concuerdan que el volumen de los RSU suele ser proporcional a los ingresos económicos y al tamaño de la población, los impactos y riesgos son más graves en las grandes metrópolis con alta densidad y no se cuenta con sitios de disposición disponible, la problemática es mayor cuando no existen esquemas basados en los objetivos y metas del Desarrollo Sostenible.

Se identificó que la mayoría de las investigaciones analizadas están enfocadas a una sola etapa de manejo de los RSU; son pocas las que se realizan estudios de manejo integral, probablemente esto se deba a la falta de datos necesarios, bajo presupuesto y el tamaño de la zona de estudio y que involucra gran número de población por mencionar algunos factores.

Además se encontró que durante la década de los 90 se apostó por una serie de herramientas tecnológicas para eliminar la cantidad de RSU vertidos en sitios de disposición final; sin embargo las ciudades continuaban teniendo problemas con la cantidad y manejo de los mismos en todas sus etapas; por lo que se optó por nuevas políticas en materia de gestión integral, así como la inclusión y participación de diversos actores tales como la ciudadanía, Organizaciones No Gubernamentales y sectores informales. En consecuencia, en los últimos años se han adoptado medidas para la prevención y gestión integral de los RSU con el objetivo de minimizar la generación y los impactos negativos al sistema urbano.

Teniendo en cuenta lo anterior, se requiere tener una visión integral y holística del problema a nivel territorial (metropolitano e incluso megalopolitano) y considerar programas más amplios como lo menciona Lin et al. (2006) donde señala que los programas de regionalización son más económicos y mejoran la eficiencia de operación de algún tipo de tecnología en cuestión de eliminación de RSU, ya que pueden permitir a las autoridades pagar a otros municipios o localidades las tarifas de inflexión requeridas para tratar los RSU. Aunado a las mejoras institucionales y financieras que deberán ir acompañadas de una estructura de incentivos para que las empresas y los ciudadanos adopten nuevas estrategias (Delzeit, 2011). Los premios y estímulos resultan ser los factores importantes que aumentan la participación de las personas en la gestión de residuos. Los resultados indican que los municipios deben ser incluidos en planes y comisiones a escala metropolitana que permita el manejo y gestión de los RSU de manera adecuada, brindar un servicio de limpieza eficiente a la población, que sea accesible en costos y amigable con el ambiente.

Hoy por hoy, el manejo integral esta dado por una jerarquía basada en la prevención de la generación de RSU desde la fuente como primer nivel y de mayor importancia. En un segundo nivel se encuentra las 3R con el fin de lograr valorizar los residuos y en último lugar se encuentra la disposición final. Bajo un enfoque sostenible, se puede alcanzar la cooperación entre los partícipes (económicos, sociales y ambientales) de todo el ciclo, desde el productor hasta el consumidor final, y con ello contribuir a la disminución de amenazas sistema urbano metropolitano

5. Agradecimientos

Agradecemos al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

6. Referencias

Abdoli, M., Rezaee, M., & Hasanian, H. (2016). Integrated solid waste management in megacities. **Global Journal of Environmental Science and Management**, 2(3), 289-298.

Bautista, J., & Pereira, J. (2006). Modeling the problem of locating collection areas for urban waste management. An application to the metropolitan area of Barcelona. **Omega**, 34, 617–629.

Bianchi, B., Moreira L., Da Silva, L., De Melo, F., & Áfio, J. (2016). Estrátégia educativa sobre manejo de resíduos sólidos de Saúde na unidade de terapia intensiva. **Revista Brasileira em Promoção da Saúde**, 29(2), 163-171.

BID – Banco Interamericano de Desarrollo (2020). **Programa Ciudades Emergentes y Sostenibles**. Disponible en: <https://www.iadb.org/es/desarrollo-urbano-y-vivienda/programa-ciudades-emergentes-y-sostenibles>, Recuperado: 22 /08 / 2020.

Blikra, E., Martinez-Sanchez, V., & Thomsen, M. (2018). A Review of Waste Management Decision Support Tools and Their Ability to Assess Circular Biowaste Management Systems. **Sustainability**, 10 (10), 3720.

- Choay, F. (1976). **El urbanismo. Utopías y realidades**. Barcelona: Editorial Lumen.
- Currie, L. (1976). **Taming the Megalopolis: A Design for Urban Growth**. Great Britain: Pergamon Press.
- De Kadt, M. (1999). La gestión de los residuos sólidos de Estados Unidos en la encrucijada. El reciclaje en la rueda. **Capitalism, Nature, Socialism**, 75-93.
- Delzeit, R. & Weitzel, M. (2011). Reducing the water and waste footprints of megacities. Kiel Institute for the World Economy. **Kiel Policy Brief**, 27.
- Durán-Moreno, A., Rodríguez, M., Velasco, A., Enríquez, J., Lara, R., Gutiérrez, A. & Hernández, N. (2013). Mexico City's municipal solid waste characteristics and composition analysis. **Revista Internacional de Contaminación Ambiental**, 29, 39-46.
- EPA - Environmental Protection Agency (2013). **Environmental Protection Agency**. "Veinticinco años de RCRA". Disponible en: <https://www.epa.gov/laws-regulations/laws-and-executive-orders>. Recuperado: 17/09/2020.
- Escobar, L. Á. (2002). Hacia la gestión ambiental de residuos sólidos en las metrópolis de América Latina. INNOVAR, **Revista de ciencias administrativas y sociales**, 20, 111-120.
- European Commission. (1999). **Landfill Directive 1999/31/EC. European Commission**. Disponible en: http://ec.europa.eu/environment/waste/pdf/study/cowi_report.pdf. Recuperado: 11/06/2020.
- Ferrara, I. & Missios, P. (2005). Recycling and waste diversion effectiveness: Evidence from Canada. **Environmental & Resource Economics**, 30, 221-238.
- Fischer, C. (2011). The development and achievements of EU waste policy. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, 13(1), 2-9.
- Gomez, S., Meneses, M., Ballinas, L., & Castells, F. (2009). Seasonal characterization of municipal solid waste (MSW) in the city of Chihuahua, Mexico. **Waste management**, 29(7), 2018-2024.
- Guibrunet, L., Sanzana, M., & Castán, V. (2017). Flows, system boundaries and the politics of urban metabolism: Waste management in Mexico City and Santiago de Chile. **Geoforum**, 85, 353-367.
- Ianoş, I., Pascariu, G., Zamfir, D., & Stoica, V. (2012). Municipal solid waste management for sustainable development of Bucharest Metropolitan area. **Environmental Engineering and Management Journal**, 11, 359-369.
- Iyer, H. (2016). Case Study of Mumbai: Decentralised Solid Waste Management. **Procedia Environmental Sciences**, 35, 101-109.
- Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., & Van Woerden, F. (2018). What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. Urban Development. World Bank. Washington, DC. Disponible en: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>. Recuperado:29/09/2020.

- Kharlamova, M., & Fuad, M. (2016). Waste management in African countries: social & environmental features. **RUDN Journal of Ecology and Life Safety**, 2, 84-94.
- Krongkaew, L., Palita, C., & Somrat, K. (2015). Municipal Solid Waste Characteristics and Green and Clean Energy Recovery in Asian Megacities. **Energy Procedia**, 79, 391-396.
- Kumar, S., Smith, S. R., Fowler, G., Kumar, J., Arya, R., Kumar, R., & Cheeseman, C. (2017). Challenges and opportunities associated with waste management in India. **Royal society**, 160764 (4), 1-11.
- Liao, C. & Chiu, A. (2011). Evaluate municipal solid waste management problems using hierarchical framework. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, 25, 353–362.
- Lin, M., Wang, C., & Chenfang, L. (2006). Evaluation of Solid Waste Management Strategies in the Taipei Metropolitan Area of Taiwan. **Journal of the Air & Waste Management Association**, 56, 650-656.
- Maidodo, A., Azizan, M., & Rahmat, M. (2018). A review of rationale of community participation in urban solid waste management in Nigeria. **International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies**, 9(3), 185-193.
- Manaf, L., Abu, S., Mohd, A., & Zukki, N. (2009). Municipal solid waste management in Malaysia: Practices and challenges. **Waste management**, 29, 2902- 2906.
- Ministerio de Medio Ambiente. (2005). **Gestión de Residuos Urbanos Biodegradables en Europa: Informe Temático**. Agencia Europea de Medio Ambiente. Europa.
- Morris, A. E. (1979). **Historia de la Forma Urbana desde sus orígenes hasta la revolución**. Barcelona: Gustavo Gili, SL.
- Naredo, J. M. (2000). **Ciudades para un Futuro más Sostenible. Ciudades y crisis de civilización**. (Boletín CF+S 15 Calidad de vida urbana: variedad, cohesión y medio ambiente) Disponible en: <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n15/ajnar.html>. Recuperado:28/09/2020.
- National Environmental Policy Act. (2008). **Tools, Techniques, and Approaches for Practitioners**. EU: Press.
- Neto, N., & Moreira, A. (2012). Gestión de residuos sólidos en regiones metropolitanas: límites y oportunidades de los arreglos intermunicipales en el escenario brasileño. **Territorios**, 27, 145-179.
- Neves, C., & Castro, O. (2012). Separação de materiais recicláveis: panorama no Brasil e incentivos à prática. **Revista eletrônica em gestão, educação e tecnologia ambiental**, 8(8), 1734-1742.
- OCDE - Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (2016). **Factbook 2015-2016: Economic, Environmental and Social Statistics**. Paris. Disponible en: <https://www.oecd.org/publications/oecd-factbook-18147364.htm>. Recuperado: 07/11/2020.
- ONU – Organización de las Naciones Unidas (1972). **De Estocolmo a Kyoto: Breve historia del cambio climático**. Disponible en: <https://www.un.org/es/chronicle/article/de-estocolmo-kyotobreve-historia-del>
-

cambio-climatico. Recuperado: 17/07/2020.

ONU. (2019). **World Population Prospects 2019: Highlights**. New York. Department of Economic and Social Affairs, Population Division.

ONU-Hábitat. (2020). **ONU-Hábitat for a better urban future. Waste Wise Cities**. Disponible en: <https://unhabitat.org/waste-wise-cities>. Recuperado: 07/11/ 2020.

PNUMA - Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2010). **Perspectivas del medio ambiente mundial**. UNEP Disponible en: <https://www.unenvironment.org/resources/global-environment-outlook-6>. Recuperado: 07/05/2020.

Prabhat, J. & Chettiyappan V. (2019) Sustainable management practices of food waste in Asia: Technological and policy drivers. **Journal of Environmental Management**, 247, 538-550.

Sakai, S., Yoshida, H., Hirai, Y., Asari, M., Takigami, H., Takahashi, S., Tomoda K., Peeler, M., Wejchert, J., Schmid-Unterseh, T., Ravazzi, A., Hathaway, R., Hylander, L., Fischer, C., Jong Oh, G., Jinhui, L., & Kim, N. (2011). International comparative study of 3R and waste management policy developments. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, 13(2), 86–102.

Sato, M. & Dos Santos, J. (1997). **Sinopsis de la Agenda 21**. (CECADESU/SEMARNAP). México. PAOT.

Satterthwaite, D. (2002). **De Sur a Norte. Ciudades y medio ambiente en América Latina, España y Portugal**. Ciudades para un Futuro más Sostenible. (Boletín CF+S 23) Disponible en: <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n23/adsat.html> .) Recuperado: 05/07/2020.

Suárez, M., & Junco, R. (2012). Plan institucional de manejo de los desechos sólidos, una herramienta para la gestión hospitalaria. **Revista Cubana de Higiene y Epidemiología**, 50(3), 415-419.

Tabata, T. (2013). Waste-to-energy incineration plants as greenhouse gas reducers: A case study of seven Japanese metropolises. **Waste Management & Research**, 31, 1110-1117.

Tan, Q., Huang, GH., & Cai, YP. (2010). Stoch Environ Res Risk Assessment. **Investigación Estocástica Ambiental y Evaluación de Riesgos**, 24, (1), 147–164.

Tanaka, M. (2014). Municipal Solid Waste Management in Japan. **Environmental Science and Engineering**, 157-171.

Tavallaei, M., Farshad, A., Liaghati, H., Nouri, J., & Salehi, H. (2015). Providing a conceptual model of metropolises waste management (Case study: Tehran, Iran). **Journal of Pure and Applied Microbiology**, 9 (Special Issue), 167-173.

Tchobanoglous, G. (2004). **Gestión integral de residuos sólidos urbanos**. Evolución de la gestión de residuos sólidos. Vol. I. México: McGRAW-HILL/Interamericana de España.

Terraza, H. (2009). **Manejo de Residuos Sólidos. Lineamientos para un Servicio Integral, Sustentable e Inclusivo**. Departamento de Infraestructura y Medio ambiente. Banco Interamericano de Desarrollo.

Tukahirwa, J., Mol, A. & Oosterveer, P. (2013). Comparing urban sanitation and solid waste management in East African metropolises: The role of civil society organizations. **Cities**, 30. 204–211.

UE – Unión Europea (2020). **Países miembros**. Disponible en: https://europa.eu/european-union/about-eu/countries_es#tab-0-1. Recuperado el 17 de junio de 2020

UNEP / ISWA. (2015). **Global Waste Management Outlook**. Osaka: UNEP.

Ungureanu, G., Ignat, G., Leonte, E., Costuleanu, L., Jitareanu, S., Donosa, D., Sandu, G. (2018). Management of urban organic solid waste applied in Romanian Metropolitan city. **Chimie**, 69, 1585-1592.

Vásquez, C. (2011). Gestión de los residuos sólidos municipales en la ciudad del Gan Santiago de Chile: desafíos y oportunidades. **Revista Internacional de Contaminación Ambiental**, 4(27), 347-355.

Wäger, P. (2007). Waste Management in Switzerland—Achievements and Perspectives. **Proceedings of International Symposium on EcoTopia Science**, 799-806.

Wen, X., Luo, Q., Hu, H., Wang, N., Chen, Y., & Jin, J. (2014). Comparison research on waste classification between China and the EU, Japan, and the USA. **Journal of Material Cycles Waste Management**, 16, 321.

Zakianis, Z., Koesoemawardani, P., Fauzia, S., Asror, M.; & Ferliana, E. (2018). The citizens' participation of household solid waste management and monitoring of household solid waste separation in Kelurahan Abadijaya, Kecamatan Sukmajaya, Depok. **ASEAN Journal of Community Engagement**, 2(2).