

Potencialidad del tratamiento de residuos orgánicos como alternativa a la disposición final en Medellín

Méndez R. Lina, Castro E. Edison

lmendez23@gmail.com - ecastro@umanizales.edu.co

Abstract—This article exposes a study about the use and valorization of organic solid waste in Medellín, as an alternative to final disposal in order to identify potentialities that could be taken into account in a future regulatory agenda; the analysis is based on documentary information that comes from a follow-up of norms that regulate the activity, in addition to a statistical analysis of the characterization of waste in 2014 and 2018, categorizing according to its composition. Finally, a survey was applied to experts in the sector. It is concluded that the largest volume of disposing waste is organic and its main generators are: the industrial sector, market places and restaurants. Likewise, the regulatory framework in Colombia, despite of regulating the market and rates, doesn't promote the use or treatment of organic waste, which is ratified from the perception of experts.

Index Terms— circular economy, development of waste, solid waste management, public cleaning service, waste treatment.

Resumen— Este artículo presenta un estudio sobre el aprovechamiento y tratamiento con valorización de los residuos sólidos orgánicos en Medellín, como alternativa a la disposición final para identificar potencialidades que puedan ser tenidas en cuenta en una futura agenda regulatoria. El análisis es basado en información documental a partir de un seguimiento de normas que regulan la actividad, además de un análisis estadístico de la caracterización de residuos para 2014 y 2018, categorizando los residuos según su composición. Finalmente, se aplicó una encuesta a personas expertas del sector. Se concluye que el mayor volumen de los residuos dispuestos es orgánico y sus principales generadores son el sector industrial, plazas de mercado y restaurantes. Igualmente, el marco normativo en Colombia, a pesar de regular el mercado y las tarifas, no promueve el aprovechamiento ni el tratamiento de los residuos orgánicos, lo cual se ratifica a partir de la percepción de los expertos.

Palabras claves— economía circular, gestión de residuos sólidos, servicio público de aseo, tratamiento de residuos, aprovechamiento de residuos.

I. INTRODUCTION

En el contexto del desarrollo urbano se identifica que hay grandes presiones en términos de expansión urbana y de crecimiento demográfico, lo que su vez conduce a una mayor generación de residuos y mayores desafíos en términos de disposición final. Esto implica que la ciudad, desde sus organismos de planificación territorial y de salud pública y de autoridades ambientales, tiene el reto de planificar los esquemas de gestión de residuos, para lo cual muchas veces, por el

volumen generado y la falta de tecnologías apropiadas para ello, se conduce a desaprovechar el valor que puedan tener.

En tal sentido, el concepto de “residuos” en la actualidad tiene la connotación negativa, como algo que carece de valor de uso, y por lo tanto de valor de cambio y que en términos generales debe asumirse un costo para eliminarlos (André y Cerdá, 2005). Pero visto bajo otra óptica, como lo expone de Oliveira et al. (2016), asociado al contexto histórico en la medida en que las sociedades brinden valor de uso a los residuos de una actividad humana, dejarán de ser consideradas como desecho y recibirán tratamiento de subproducto o materias primas secundarias, lo cual se alinea a conceptos dentro de la economía circular, sobre la cual García. (2016) se refiere a que se caracteriza por mantener el valor agregado de los materiales el mayor tiempo posible, buscando reducir o eliminar la generación de residuos a partir de su incorporación en el mismo u otro ciclo productivo.

El Banco Interamericano de Desarrollo a través de su informe What a Waste 2.0, pone de manifiesto la problemática en generación de residuos sólidos a nivel mundial, con más de 2.000 millones de toneladas de residuos al año, que en los próximos años puede llegar a los 3.400 millones, donde cerca del 70% produce impactos negativos en el ambiente; de otro lado, el 44% de los residuos corresponden a residuos de alimentos y otros residuos orgánicos. En promedio en el mundo, sólo el 19% de los residuos es reciclado o compostado (Kaza 2018, p29-34).

Para el caso colombiano, el informe de 2018 de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD) indica que el 88,29% de los municipios dispone sus residuos en un relleno sanitario, el equivalente al 96,01% de los residuos generados (en promedio 30.973 toneladas diarias), convirtiéndose en el principal mecanismo de gestión de residuos. De los rellenos en operación, cerca del 40% (incluidos los más grandes) tienen vida útil entre 0 y 10 años.

De acuerdo con el censo del DANE 2018, se evidencia un aumento en el porcentaje de toneladas dispuestas por día de aproximadamente del 26,13%, con lo que en promedio año a año, la disposición aumentó un 3%. Medellín dispone, en el Relleno Sanitario la Pradera, un promedio de 1.830,4 toneladas

diarias de residuos, en donde disponen otros 37 municipios más, y su vida útil es de 3 años, en espera del licenciamiento de un nuevo vaso. Frente al aprovechamiento, entre 2017 y 2018 se reporta un aumento cercano al 80% en el reporte de toneladas efectivamente aprovechadas; uno de los factores es el avance en los procesos de formalización de la actividad recicladora, que han mejorado la calidad de la información (SSPD, 2019). No obstante, no se evidencia en el informe datos frente a las actividades de aprovechamiento y tratamiento de residuos orgánicos – AyTRO.

Como problema central se identifica, entonces, que existe un desconocimiento del valor de los residuos, tanto por procesarlos o disponerlos, como por volverlos útiles, así como el costo que estos tiene para la sociedad, que llevan al incremento continuado de volumen de residuos que se disponen en relleno sanitario y, por lo tanto, la reducción sistemática de la vida útil de estos sitios de gestión de residuos. Este desconocimiento lleva a que no se evalúe la necesidad de migrar regulatoriamente a soluciones diferentes a la disposición final, como las de AyTRO, como los biodigestores.

Con relación a lo anterior, el objetivo general de este trabajo es identificar potencialidades para el aprovechamiento y tratamiento de residuos orgánicos - AyTRO, como alternativas a la disposición final por parte de las comunidades, empresas y autoridades locales en el municipio de Medellín. Para ello se propuso 1) establecer un análisis comparativo y crítico de la normatividad vigente para el AyTRO, aplicable al municipio de Medellín; 2) reconocer percepciones de las principales instituciones y empresas relacionadas con el AyTRO en el municipio de Medellín frente a la normatividad que sustenta la actividad y el aprovechamiento, y por último, 3) realizar un análisis comparativo entre la caracterización de residuos de Medellín para el año 2014 y la del año 2018, para identificar potencialidades de AyTRO.

II. LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL MARCO DEL DESARROLLO SOSTENIBLE

Actualmente la sociedad se encamina hacia el cumplimiento de los objetivos desarrollo sostenible como un enfoque más integral de la visión tradicional del desarrollo económico, visto desde la perspectiva del crecimiento, la disminución de la pobreza, el aumento de la renta, el mejoramiento de las condiciones de bienestar, y más adelante desde una perspectiva social, en el mejoramiento de la calidad de vida, el desarrollo personal, la felicidad y las oportunidades de progreso. En ese sentido, el desarrollo sostenible, nace como un criterio desde los años ochenta, en el que el progreso social se encaminó hacia el cuidado del medio ambiente, al considerar los efectos del crecimiento y las externalidades que se generaban sobre los recursos naturales por la degradación ambiental, el aumento de emisiones de carbono y especialmente, la generación de residuos.

De esta manera, la gestión de residuos, tanto sólidos como líquidos, ha sido una apuesta del desarrollo sostenible, al

considerarlo como “el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (Informe Bruthland, 1987), apuesta que ha sido protocolizada en las declaraciones internacionales sobre el cuidado del medio ambiente y materializado en los ODS, principalmente en los objetivos 11 y 12, en las metas asociadas con “reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, incluso prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales y de otro tipo” y “reducir considerablemente la generación de desechos mediante actividades de prevención, reducción, reciclado y reutilización” (ODS, 2018. P 51-58).

En cuanto a los tipos de residuos sólidos, generalmente se distinguen por sus características de peligrosidad y de acuerdo con sus características físicas, químicas o biológicas, se establece la potencialidad de su gestión, ya sea en procesos de transformación, incineración o confinamiento (Torres, Fray y Morán – 2017). Algunos autores los clasifican de acuerdo con esta misma potencialidad de tratamiento, como es el caso de Tron Piñero (2011), los separa en cinco categorías, a saber, “Orgánicos, reciclables fáciles de separar, reciclables difíciles de separar, Inorgánicos (imposibles de separar) y peligrosos”, aunque advierte que, dependiendo del país, si es usual el proceso de incineración como en Japón, también se encontrará la clasificación en combustibles y no combustibles.

En la generación de residuos, especialmente sólidos, es importante considerar las tipologías y volúmenes según la capacidad productiva y de consumo de una sociedad; Noguera y Olivero (2010), analizando una serie de autores concluyen que el volumen y la tipología de generación de residuos, están directamente relacionados con el consumo, el poder adquisitivo y las costumbres, evidenciado en que en EEUU la producción per cápita es del orden de 1,5 a 3 Kg. persona día, superior al promedio de América Latina que, aunque creciente, no supera un kilogramo diario por persona. Coinciden con Pueyo (1990) en que esta generación está asociada también a ciclos económicos épocas del año y, sobre todo, en la vocación económica de los territorios. Consistente con esta conclusión, Tron-Piñero (2011) expone la diferencia en la composición de los residuos sólidos generados en los países “desarrollados”, frente a los que se entienden como “en vía de desarrollo”, en donde los primeros generan mayor cantidad de residuos procesados, como papel y plástico, mientras los segundos generan mayor cantidad de orgánicos, como cenizas y residuos de alimentos.

En términos básicos, la gestión de residuos sólidos puede ser entendida, de acuerdo con Pueyo (1990), como los métodos que se ha inventado el hombre para alejar o eliminar los residuos que sus mismas actividades producen. Según Ochoa (2009), el manejo de residuos sólidos “está comprendido por todas las actividades funcionales u operativas relacionadas con la manipulación de los residuos sólidos desde el lugar donde son generados hasta la disposición final de los mismos” (citado por

Sáez y Urdaneta – 2014, p124)

En la práctica, la gestión de residuos ha migrado desde las civilizaciones Griegas y Romanas cuando sólo se vertían a ríos y fuentes de agua hasta el mundo actual a partir de modelos de recolección y disposición en sitios especiales; aunque la marginalización de la actividad se encuentra a partir del siglo XX, asociado posiblemente al cambio cultural hacia el consumismo desmedido, y de la necesidad de deshacerse de todo lo que hubiera perdido su valor de uso (Oliveira et al. 2016).

Frente al concepto contemporáneo de gestión de residuos, Pueyo (1990) considera cuatro alternativas de gestión de residuos: rellenos sanitarios o botaderos (vertederos), reciclaje, compostaje e incineración y termólisis. Otros autores, como Fraj (2003) y Torres, Fray y Morán (2017), incluyen las acciones de prevención, con fines de reducción y promoción de separación en la fuente, y la responsabilidad compartida del productor, ya sea a través de diseño de producto durable o de acciones de posconsumo, como parte de la gestión de residuos. Tron Piñero (2011) indica que, a pesar de la fuerza que han ganado las alternativas de reciclaje e incineración, el destino final de los residuos sólidos sigue siendo principalmente, los vertederos (rellenos sanitarios), con niveles de hasta un 79,2% del total de residuos generados, para el caso de París, 89,1% para el caso de España, y 76,5% en el caso de México; únicamente en Japón se cambia esta dinámica, siendo la alternativa más usual la incineración y la reducción, que suman el 66.4% del total de residuos generados; estas alternativas dependen, como advierten Sáenz y Urdaneta (2014), del mercado de materias primas originales, como el reciclaje o el precio de la energía, para el caso de la incineración.

En relación con las soluciones de gestión de residuos con enfoque en economía circular, Sara García (S. García, 2016 p. 04) hace referencia a la ausencia de normatividad en torno a las materias primas secundarias, en el caso de su estudio, para la Unión Económica Europea, pero representando también la realidad de Latinoamérica, en el sentido en que no se cuenta con la suficiente claridad jurídica sobre ese proceso de transformación de residuo a materia prima o recursos, si se pasa de una norma a otra, de un mercado a otro, o si es factible darle tratamiento bajo una misma normatividad.

Dentro de la gestión de los residuos sólidos vale la pena resaltar nuevos procesos que vienen tomando fuerza, como la logística reversa, que busca brindar soluciones desde la logística, para la reutilización, el reuso, la remanufactura y el reciclaje; Peña et al (2013) indica que este concepto se diferencia del de gestión de residuos debido a que éste último se concibe al final de un ciclo productivo, mientras que la logística de reversa busca la maximización de creación de valor de un producto durante todo su ciclo de vida, esto es, desde un concepto del producto “de la cuna a la cuna”. Su aplicación ha estado asociada a los residuos industriales.

III. ANTECEDENTES DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN EL MUNDO

A nivel mundial existen varias experiencias sobre la gestión de residuos, encaminadas principalmente a analizar los impactos ambientales, las tipologías y determinantes en la generación de basuras, los modelos de operación logística, además de los esquemas de recolección y aprovechamiento de subproductos, en el marco de las políticas estatales de reciclaje y la gestión organizacional, así como la cultura ciudadana sobre la generación, reutilización y disposición final de residuos.

Particularmente, la gestión de residuos se ha enfocado en tres aspectos fundamentales, el primero, en conocer las características, tipologías y determinantes de la contaminación, el segundo, sobre la operación de modelos de gestión de residuos y de reciclaje, con la cooperación del sector empresarial y los hogares, y el tercero, sobre los mecanismos jurídicos y de hecho que han servido para operar las políticas públicas en materia de gestión de residuos.

Al respecto de los determinantes de la generación, se reconoce el trabajo de Fraj Andrés (2003), a partir de una encuesta a una muestra aleatoria de pobladores, analizó el patrón de generación de residuos en la ciudad de Zaragoza (España), en donde parte de las investigaciones disponibles sobre el tema que concluyen en que a mayor nivel educativo del consumidor, más propensión al consumo de productos ecológicos se presenta, y que la edad, el género, el nivel de ingresos, el estado civil y la condición de si tienen hijos o no, los valores, estilos de vida, actitudes y creencias también son factores determinantes en la generación de residuos; por su parte, Wang et al (2020) considera la conciencia pública del reciclaje como fundamental para brindar viabilidad de cualquier proyecto de aprovechamiento; a partir del análisis estadístico de los resultados de la aplicación de una encuesta estructurada a una muestra aleatoria de personas en 10 ciudades de China, ratifica que la edad es un factor determinante en términos de la conciencia pública, a la vez que desestima la variable nivel educativo como determinante.

Romano y Molinos (2020) complementan estos factores, a través de un análisis envolvente de datos provenientes de la región Toscana de Italia, concluyendo que la generación de residuos está estrechamente relacionada con el nivel de ingresos, la edad y el género, pero en su estudio evidencia la mayor posibilidad de ecoeficiencia de las empresas prestadoras de servicios de aseo públicas frente a aquellas privadas.

Jinhua et al (2020) indican que China es ahora el país con mayor generación de residuos en el mundo, pero la gestión de residuos en este país data de apenas hace 20 años y actualmente las alternativas más utilizadas son el relleno sanitario (vertedero) y la incineración; la apuesta del gobierno chino ha sido la de cobrar altas tarifas por el servicio de aseo, a fin de desincentivar la generación. Frente a los factores de generación de residuos, concluyen que el aumento en la población y la urbanización son los factores determinantes, identificando una

relación 1/0,261 entre el incremento del número de personas y la cantidad total de residuos sólidos urbanos generados, y una relación de 1/0,313 entre la tasa de urbanización y la cantidad de residuos generados. Por su lado, el cambio a uso de energías más limpias, como el gas, que ha generado reducción de residuos asociados, como las cenizas, tiene un coeficiente de 0,133. Hacen hincapié en la relación entre el desarrollo del sector terciario de la economía (servicios), especialmente el turismo, en el incremento de la generación de residuos de una población, resultando en un coeficiente de 0,162; de otro lado, deja en evidencia que no hay una relación clara entre nivel educativo de la población y generación de residuos, resultando en un coeficiente no significativo.

En el trabajo de Tron Piñero (2011) a partir de la exploración documental de la información disponible, se analiza la generación de residuos domiciliarios e industriales en las ciudades de México, Tokio, Japón y París, y compara los resultados de procesos de tratamiento, aprovechamiento y disposición final, concluyendo que, a pesar de las disparidades de las ciudades analizadas, en todas ellas los residuos industriales son los que representan el mayor volumen y el menor porcentaje de tratamiento.

En cuanto a los modelos de gestión, Durand (2011) al referirse a la gestión en los países en desarrollo, indica que ha estado enfocada a evacuación y eliminación, propias de las ciudades de Norteamérica y Europa, o a tratamiento, incipiente en ciudades latinoamericanas; también se refiere a la autogestión, muy utilizada en ciudades latinoamericanas y que refleja la informalidad en la gestión de los residuos, especialmente los asociados al reciclaje, realizado por población marginal en su mayoría que no cuenta con las condiciones mínimas laborales ni de salubridad, y que evidencia baja o nula participación del estado; como una alternativa de gestión, el autor presenta la gestión compartida, involucrando en el mismo modelo, las dos formas de gestión antes mencionadas.

Frente a las tecnologías de gestión de residuos, Sáez y Urdaneta (2014), desde una exploración documental, contrastan las diferentes estrategias de gestión de residuos implementadas en países latinoamericanos, llegando a la conclusión de que, en términos generales, la gestión de residuos sólidos en América Latina se hace con tecnologías inadecuadas, fundamentalmente por el bajo nivel de interés por parte de sus gobiernos; de otro lado, el volumen de residuos generados por persona no se reduce, evidenciando falta de cultura ciudadana y conciencia ambiental.

Para el caso colombiano Marmolejo et al (2009), presenta un análisis del flujo de residuos, como una herramienta para evaluar la gestión de los residuos, y parte de analizar las cantidades y calidades de los residuos generados, y las dinámicas de generación desde el punto de vista cultural, a partir de la tipología y composición de los residuos y el manejo que se da. El estudio concluyó que la proporción de residuos orgánicos de rápida degradación corresponde al 70% del total de residuos

generados y que el 83,5% del total de los residuos generados puede valorizarse (mediante compostaje o reciclaje), pero únicamente se aprovecha el 5.7%.

Maghmoumi et al (2020) analiza cuatro posibles escenarios de gestión de residuos: incineración, relleno sanitario con recuperación de energía y planta de reciclaje, para el caso específico de los RSU de Teherán - Irán, evaluando la viabilidad económica, a partir de vidas útiles estimadas, valor de terreno y generación evitada de GEI. generación evitada, en unos, y el método de equilibrio a partir de la fracción biodegradable de los residuos; finalmente la comparación se realiza a través de análisis de sensibilidad, concluyendo, por un lado que para las alternativas de incineración y generación de metano, es fundamental que los países cuenten con estudios que permitan caracterizar los residuos para establecer la tecnología que optimice la generación energética; por otro lado concluye que el relleno sanitario con recuperación de energía es la opción que menores GEI genera. El relleno sanitario por sí solo implica la alternativa más económica, pero trae consigo la necesidad de adquirir grandes extensiones de tierra.

De Vilas et al (2019) realizan estudio de la viabilidad de plantas de incineración en Brasil, vinculado con los tamaños de población, basados en información estadística disponible, realizando un análisis económico a partir de energía generada de acuerdo con la composición de los residuos y el costo de esta energía generada comparado con las tarifas de energía en el mercado, con fines de determinar la población mínima para la cual un proyecto sería rentable. Concluyen que el potencial energético de los residuos en el Brasil puede alcanzar a cubrir el 15% del consumo de la población, pero debido a los altos costos de las plantas, no se hallaron escenarios donde el valor de cada Kw generado a partir de la incineración de residuos fuera menor que el valor de la misma energía en el mercado, concluyendo que se hacen necesarias políticas de incentivos a la inversión en maquinaria y equipos que reduzcan la inversión inicial requerida.

Siddiqi et al (2020) analiza la recuperación de energía a base de residuos en algunas ciudades de Asia a partir de la evaluación cuantitativa de la recuperación de energía de los residuos, mediante el método Montecarlo para evaluación de costos y beneficios de cada alternativa, además de estimar el impacto ambiental a través del método de GEI evitados, para las ciudades de Delhi (India), Yakarta (Indonesia) y Karachi (Pakistán). Concluyen en la importancia de no poner a competir los proyectos de incineración con los de reciclaje, pues evidentemente pueden tener mayor poder calorífico que otros residuos, pero el menor impacto ambiental se produce con el reciclaje, además del impacto social que tiene, especialmente en países en desarrollo. Debe tenerse en cuenta que, si se estima que la actividad de aprovechamiento va a incrementarse, se modificará el poder calorífico de los residuos que van a incineración, reduciéndolo, hasta llegar a hacer inviable este tipo de proyectos.

Friedrich (2020) evalúa diferentes posibilidades de aprovechamiento de residuos provenientes de tratamiento de aguas residuales gestionados conjuntamente con residuos sólidos urbanos, tomando como referencia la ciudad de Heidelberg, Alemania, bajo un enfoque regional, a partir de una metodología de evaluación de ciclo de vida. Propone una separación de las aguas grises y negras; las grises se proponen para recirculación con tratamiento primario y las negras para tratamiento en conjunto con los residuos sólidos urbanos para ser tratados con generación de biogás y bioabonos, en el mismo sitio en donde son generados (barrio), reduciendo o eliminando la necesidad, no solo se sistemas de alcantarillado, sino de sistemas de recolección y transporte de residuos sólidos. Se concluye que, no solo es una fuente viable de energía alternativa y abonos orgánicos, sino que reduce el consumo de agua, energía y recursos de las alternativas actuales. Respalda la idea de gestión de residuos a escala de barrio. El estudio se hizo para una población de 5.000 habitantes.

En cuando a la evaluación de alternativas de gestión de residuos, Zorpas (2020) propone una metodología para el desarrollo de una estrategia de gestión de residuos, a partir de un análisis DOFA y análisis brecha, en conjunto con un análisis PESTAL (Político, Económico, Social, Técnico, Ambiental y Legal). Resalta la importancia de medir el riesgo ambiental (por la metodología elegida, para lo cual expone varias alternativas), enmarcar la estrategia dentro del concepto de la economía circular de las 10 R e involucrar la participación ciudadana y la educación ambiental, además de resaltar la necesidad de una clara diferenciación desde la legislación entre los conceptos de residuo y subproducto, dirigiendo la normatividad de los segundos a propiciar mercados competitivos y facilitar las cadenas logísticas.

Al respecto del tercer aspecto, frente a los mecanismos jurídicos y políticas públicas, Tron Piñero (2011), concluye que las aplicadas en diversos países, han llevado a que Italia se consolide como el país con mejores niveles de reciclaje a partir de su política de recolección selectiva, mientras Alemania ha fortalecido las actividades de tratamiento, México y Filipinas han avanzado en la separación en la fuente y Francia avanza en la generación de energía a partir de residuos a partir de políticas que integran ambos sectores; el autor resalta la política aplicada en Vietnam, única quizá que integra las políticas de gestión de residuos, con aquellas de protección ambiental.

Para el caso colombiano, Tobón y Vasco (2019) presentan un análisis detallado de la normatividad local colombiana en el componente ambiental y mecanismos de política que impacta la operación de los rellenos sanitarios, con fines de comprender los esquemas de regulación ambiental en el País. Concluyen con propuestas de mecanismos mixtos de regulación a partir de instrumentos tributarios, entre incentivos a la inversión en tecnologías limpias y tributos a la contaminación.

Haciendo referencia específicamente a la gestión de los residuos biodegradables, algunas de las alternativas biológicas

más usuales en el aprovechamiento de los residuos sólidos son el compostaje, el lombricultivo y los biodigestores. Estas alternativas de tratamiento intervienen residuos sólidos orgánicos, reduciendo el volumen de residuos sólidos que van a relleno sanitario, a la vez que reducen la emisión de gases efecto invernadero de los residuos en descomposición. Todas las anteriores alternativas tienen su fuente de financiación, el mercado de materias primas secundarias, incluyendo en este concepto, los fertilizantes y los combustibles (Puerta, 2004, p-56).

IV. METODOLOGÍA

La investigación es de tipo descriptiva con un enfoque empírico analítico, de corte mixto en cuanto utiliza información de fuentes documentales y secundarias que se triangula con información primaria resultado de un trabajo de campo que se orienta especialmente a empresas y organizaciones asociadas con la gestión de residuos, tomando como punto de referencia el municipio de Medellín y el área de influencia del Valle de Aburrá.

La investigación desde su componente cuantitativo se fundamenta en una revisión de estadísticas de generación de residuos en los años 2014 y 2018, suministrada por la Alcaldía de Medellín y que conserva la metodología propuesta por el Reglamento Técnico de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS. Se procedió a extraer la información únicamente de los residuos orgánicos (biodegradables putrescibles) generados en los dos años de estudio, como la sumatoria de los residuos de alimentos y los residuos vegetales (jardín y poda). De igual manera, se llevaron los datos a la misma unidad de medida, esto es, a kilogramos diarios por unidad de generación (suscriptor). Se aclara que no se lleva a generación per cápita, pues el total de personas asociadas a cada uso no se considera una variable relevante para el presente análisis.

En el ámbito cualitativo se fundamentó en análisis documental a partir de una serie de normas y disposiciones jurídicas y de política que han establecido el marco de actuación del municipio de Medellín en términos de la gestión de residuos. Esta información es contrastada con los resultados del trabajo de campo, que tienen un sentido mixto, especialmente orientado hacia la validación de testimonios de las entidades responsables de la gestión de residuos en el Municipio.

A través de la aplicación de entrevistas semiestructuradas a ocho (8) agentes del sector, con el fin de reconocer percepciones de las principales instituciones y empresas relacionadas con el AyTRO en el municipio de Medellín frente a la normatividad que sustenta la actividad. El levantamiento de la información en campo se programó desde el mes de agosto de 2020, se aplicaron las entrevistas en septiembre para posteriormente hacer la sistematización de la información. El instrumento contiene una serie de preguntas de percepción en una escala de Likert en la que se evalúa si los entrevistados están de acuerdo o en desacuerdo con una serie de afirmaciones relativas a la

existencia de normas, el cumplimiento de estas, la eficiencia en los sistemas de recolección de residuos y la efectividad en el aprovechamiento económico de los mismos. Al final se proponen unas preguntas de percepción para interpretar, desde el punto de vista de los entrevistados, los retos en términos de aprovechamiento económico de los residuos orgánicos.

V. RESULTADOS

A. *Análisis de Contexto: situación actual en la gestión de residuos en Medellín*

El Área Metropolitana del Valle de Aburrá es una subregión ubicada en la zona centro-sur del departamento de Antioquia – Colombia. Su conformación político – administrativa está dada por la unión de 10 municipios cuyo centro es el municipio de Medellín (capital del departamento de Antioquia) y comparten como eje estructurante el cauce del Río Aburrá. En cuanto a la división urbano-rural, el 84% del área total pertenece a zona rural y el 16% restante hace parte del área urbana. De acuerdo con los resultados del censo de población de 2018 (DANE) al 2023 Medellín sumará 2,6 millones de habitantes y el 98% de ellos estarán ubicados en la cabecera municipal.

En términos ambientales sobre el Valle de Aburrá ejercen control dos autoridades ambientales, el ente administrativo Área Metropolitana del Valle de Aburrá quien actúa sobre los límites del área urbana y la Corporación Autónoma del Centro de Antioquia (CORANTIOQUIA) que se encarga de las zonas rurales del territorio.

Rollandi (2012) pone de manifiesto una situación común a las grandes ciudades colombianas, y es el que denomina “efecto NIMBY (not in my back yard) (no en mi patio trasero)”, cuando nadie quiere tener sitios para la gestión de residuos sólidos cerca, lo que ha dificultado que el PGIRS Medellín y el POT incorporen nuevos sitios, por ejemplo, para la estación de transferencia, la separación y aprovechamiento de escombros o estaciones de clasificación y aprovechamiento; ni qué decir de sitios para relleno sanitario, en donde fue necesario establecer la contingencia en la ciudad de Manizales, distante más de 190 kilómetros, por cuanto ningún municipio quiere albergar en su jurisdicción un sitio de disposición final, mucho menos uno de carácter regional.

El Municipio de Medellín enfrenta un nivel de crecimiento acelerado, tanto en la ciudad formal como en la informal, que representa grandes retos en la prestación del servicio de aseo y en la gestión de residuos sólidos. De acuerdo con el informe de sostenibilidad del prestador del servicio (Emvarias, 2019), de acuerdo con el promedio de disposición de los últimos cuatro (4) años en el Relleno Sanitario La Pradera, el mayor porcentaje de residuos dispuestos en el relleno corresponde a orgánicos (61,9%), seguido por plásticos (14,4%), papel (7,7%) y tela (7,46%), todos residuos con potencial de aprovechamiento, evidenciando una baja cultura de separación en la fuente en la

población y empresas de los 38 municipios que disponen sus residuos allí, lo cual representa la primera dificultad que se enfrenta en estas iniciativas de aprovechamiento de residuos, y es que la mayor proporción de residuos recolectados se encuentran mezclados.

B. *Normatividad sobre la gestión de residuos orgánicos en el ámbito urbano*

En el marco normativo colombiano de la gestión de residuos se identifica que se ha regulado especialmente temas como tecnologías, estrategias, tarifas, entre otros aspectos, en un amplio inventario de actos administrativos. Para efectos del siguiente análisis normativo se extractan sólo aquellas normas que se consideran estratégicas para las actividades de AyTRO, las cuales son: Resoluciones 351 y 352 del 2005 de la CRA (derogadas) y Resolución CRA 720 de 2015: Regulación tarifaria del servicio público de aseo, bajo el régimen de libertad regulada y la metodología de precios techo.

Decreto 1077 de 2015. Título 2. Servicio Público de Aseo: Compilar la regulación del mercado del servicio público de aseo, entendido como la recolección de residuos más sus actividades complementarias de transporte, tratamiento, aprovechamiento, disposición final, transferencia, corte de césped, poda de árboles y lavado de áreas públicas.

Ley 1753 de 2015. Artículo 88: Crea el incentivo al aprovechamiento de residuos sólidos.

Decreto 596 de 2016: Definir el esquema operativo de la actividad de aprovechamiento y la transitoriedad para el cumplimiento de las obligaciones que deben atender los recicladores de oficio y las organizaciones de recicladores de oficio que estén en proceso de formalización como personas prestadoras de la actividad de aprovechamiento en el servicio público de aseo.

Decreto 1784 de 2017: Reglamentar las condiciones bajo las cuales deberá desarrollarse la actividad complementaria de disposición final de residuos sólidos en la prestación del servicio público de aseo.

Decreto 2412 de 2018: Reglamenta el incentivo al aprovechamiento de residuos sólidos creado por la Ley 1753 de 2015.

Estas normas se analizan a la luz de los aportes que brindan específicamente a las actividades de AyTRO, encontrando lo siguiente:

TABLA I:
ANÁLISIS NORMATIVO - COLOMBIA

Norma	Debilidades en los alcances	Impactos potenciales
Resolución 351 y 352 del 2005 de la CRA (derogadas)	Artículo 17: se da valor de indiferencia entre el aprovechamiento y la disposición final para el	Desde la aplicación de esta norma se habilita la posibilidad de remunerar la actividad de aprovechamiento, al

Norma	Debilidades en los alcances	Impactos potenciales
	generador, por lo cual no genera valor real de incentivo al aprovechamiento en la estructura tarifaria actual.	mismo valor en que se remunera la disposición final (costos evitados); no obstante, al ser prestadores diferentes, no se establecieron los mecanismos para la operatividad de esta medida.
Decreto 1077 de 2015. Título 2. Servicio Público de Aseo	Define la actividad de tratamiento como independiente a la actividad de disposición final, pero en un desarrollo normativo posterior, se habla que son complementarias o alternativas. Cuando define la actividad de recolección y transporte de residuos aprovechables, y la actividad de almacenamiento temporal, no excluye los residuos orgánicos. No obstante, la Superintendencia considera que el aprovechamiento de residuos orgánicos no hace parte de la actividad de aprovechamiento sino de tratamiento.	Regula la libre competencia, la suficiencia financiera, aclarando el interés de cierre financiero del negocio, que motive la inversión de capitales privados, estableciendo el enfoque regulatorio del mercado. Se incluyen componentes públicos para ciertas actividades, con el fin de que no su costo no sea llevado a la tarifa final a los clientes-suscriptores. El costo del servicio no es determinado por el impacto ambiental ocasionado, sino por los costos incurridos en su manejo. No desarrolla las actividades de aprovechamiento ni tratamiento, pero sí desarrolla ampliamente la de disposición final.
Ley 1753 de 2015. Artículo 88	Define el compostaje, el aprovechamiento energético y las plantas de tratamiento integral de residuos sólidos, como "formas alternativas de aprovechamiento"	Motiva a los municipios a incorporar en sus PGIRS proyectos viables de aprovechamiento; por la fecha de entrada en vigencia de la norma, los municipios no alcanzaron a materializarlo en la actualización que se debería dar ese mismo año, de acuerdo con la norma (Decreto 1077).
Decreto 596 de 2016	El principal alcance era definir las acciones afirmativas frente a la población recicladora de oficio, declarada de especial protección por el Auto 275 de 2011, pero no generó acciones directas de discriminación positiva. Por el contrario, se	En el desarrollo de la norma no se encuentra que se excluya del concepto de aprovechamiento al relacionado con residuos orgánicos; no obstante, en la práctica no se han registrado empresas prestadoras de este tipo, y la Superintendencia de

Norma	Debilidades en los alcances	Impactos potenciales
	evidencian exigencias que superan la capacidad operativa de dicha población, como los "Planes de Fortalecimiento Empresarial", el catastro de suscriptores, página Web y competencias laborales, teniendo como único apoyo la capacitación y asistencia técnica por parte de los entes territoriales. Si bien define un incentivo al aprovechamiento, el cual se sustenta en una meta máxima de rechazos, no es establecen las condiciones mínimas de reportes de rechazos, para contar con información confiable.	SPD lo excluye de sus reportes.
Decreto 1784 de 2017	Considera el tratamiento como una actividad alternativa o complementaria a la disposición final, más no describe las bases de la estructura tarifaria para su remuneración, ni los incentivos para su implementación. Sugiere que el componente de compostaje y la generación de biogás, hacen parte de la actividad de tratamiento.	Sienta las bases de una remuneración tarifaria que incentive el tratamiento, pero sin ser determinante. No produce impactos inmediatos, sino que deja el mercado en pausa en espera de la regulación tarifaria.
Decreto 2412 de 2018	Se establece el incentivo como un sobre costo al componente de disposición final. Al aplicarse por igual a todos los suscriptores, sólo representa un valor mayor de la tarifa. Se crea una nueva instancia decisoria, conformada por el Ministerio, la Gobernación y el Municipio, complejizando el proceso de acceso a los recursos. No está clara la relación	No definió claramente las condiciones para comenzar el cobro del incentivo. El monto correspondiente calculado es muy bajo, considerando los costos de inversión de proyectos de aprovechamiento o tratamiento. No definió las competencias frente al control fiscal de los recursos, ni la figura de desembolso de los mismos a las empresas prestadoras favorecidas.

Norma	Debilidades en los alcances	Impactos potenciales
	entre los proyectos viables incorporados al PGIRS y los proyectos que pueden ser presentados ante el Comité.	
Resolución CRA 720 de 2015	La remuneración de la actividad de aprovechamiento se hace con la metodología de costos evitados, con base en los costos de disposición final; concluye que tarifariamente hablando da lo mismo disponer que aprovechar. El objetivo de la regulación es promover eficiencias en las empresas prestadoras; aún no está dirigida a promover la reducción en la generación ni la separación en la fuente.	Incorpora el incentivo a la separación en la fuente de que habla el artículo 88 de la Ley 1753 de 2015, pero queda sujeto a posterior reglamentación, que al momento de la investigación aún no se ha generado.

C. Caracterización de residuos sólidos del municipio de Medellín 2014 – 2018

En el año 2019 Medellín dio a conocer los resultados de la caracterización de residuos con corte 2018, lo cual no se realizaba desde el año 2014. Si bien, el reglamento técnico del sector (RAS) indica que debe hacerse cada dos años, en el país este proceso es dispendioso y costoso, por lo cual no es una práctica frecuente entre las municipalidades, afectando por supuesto, la correcta planificación del sector.

En primera instancia, el estudio evidencia un cambio cultural en cuanto a la tipología de los residuos generados, en donde los residuos orgánicos pierden peso en el sector residencial, y aumenta el porcentaje de los residuos inorgánicos no aprovechables. Se quiso analizar si este cambio era estadísticamente significativo, encontrando que no lo es, por lo cual puede concluirse que los residuos orgánicos continúan siendo la mayor porción de los residuos generados en el municipio. Dada la gran diferencia entre los tamaños de las muestras, sí se presenta una diferencia entre las desviaciones estándar pero ya que las muestras son estadísticamente comparables, para efectos de la prueba de diferencia de medias se asumieron iguales. (se generó un contraste de hipótesis para dos muestras, concluyendo que las diferencias de medias son 0 y la diferencia de medianas es 0 para ambas muestras); los resultados arrojan, como era de esperarse, una asimetría hacia la derecha en los datos, principalmente porque contienen información de generación en todos los usos, esto es, desde el residencial hasta el industrial, siendo más evidentes los datos atípicos en la muestra de 2018.

TABLA II:
RESUMEN GENERACIÓN - DÍA POR SUSCRIPTOR 2014 - 2018

Estadístico	Biodegradables 2014	Biodegradables 2018
Frecuencia	444	769
Media	6.67	7.30
CV	21,95%	768,41%
Desviación típica	14.6297	56.0857
Mínimo	0.0	0.0
Máximo	115.05	1146.7
Rango	115.05	1146.7
Asimetría típica	34.1201	198.227
Curtosis tipificada	83.15	1854.58

TABLA III:
RESULTADOS DIFERENCIA DE MEDIAS GENERACIÓN - DÍA POR SUSCRIPTOR 2014 - 2018

Año	Lím. Inf.	Promedio	Lím. Sup.	T calc.	p- valor
2014	5,30	6,67	8,03	-0,2333	0,8156 N.S
2018	3,33	7,30	11,26		

Frente a la hipótesis de que el volumen de generación de residuos orgánicos está influenciado por el estrato socioeconómico, analizando la información disponible para el año 2018 pudo concluirse que no se identifica asociación entre estas dos variables. Para este ejercicio nuevamente se acudió a una tabla de medias, y una verificación a partir de un análisis ANOVA.

TABLA IV:
DIFERENCIA DE MEDIAS USO RESIDENCIAL. GENERACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS DÍA POR SUSCRIPTOR - 2018

Fuente de variación	Volumen de residuos sólidos
Estrato	
-E1	0,62227 +/- 0,1040
-E2	0,5325 +/- 0,0862
-E3	0,5724 +/- 0,0862
-E4	0,4928 +/- 0,0995
-E5	0,0437 +/- 0,1303
-E6	0,5197 +/- 0,1990
P-valor	0,8952 N.S
R ²	0,0269
Sn-1	0,3448
CV	37,18

Esto es, dado que el P – valor es superior a 0.05, se concluye que no hay diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los seis estratos analizados con un nivel de significancia del 5%. Debido al alto CV se contrastaron estos resultados a partir del test de Kruskal -Wallis, concluyendo con una significancia del 5% que no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medianas por estrato socioeconómico. De igual manera, se identificó que la cantidad de muestras por estrato era diferente, por lo cual se realizó una prueba de Duncan, encontrando que para todos los casos la diferencia de medias es inferior al RP, por tanto, se ratifica que no hay diferencias estadísticamente significativas, esto es, el nivel

socioeconómico de las viviendas no es un factor determinante en la generación de residuos orgánicos para el municipio de Medellín.

Con el fin de acceder a información relevante de la generación de residuos sólidos orgánicos – RSO, por actividad económica se procedió a generar las tablas de medias por uso para 2018, encontrando la siguiente diferencia de medias:

TABLA V:
DIFERENCIA DE MEDIAS USO NO RESIDENCIAL.
GENERACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS DÍA POR
SUSCRIPTOR - 2018

	Fuente de variación	Volumen de RSO
10	Sector Salud	1,20762 +/- 2,68368
8	Sector Comercial	1,69906 +/- 2,29762
14	Sector Oficial	4,08583 +/- 5,79742
7	Sector Industrial	4,13943 +/- 2,78499
12	Restaurantes	6,03791 +/- 3,55018
11	Sector Educativo	9,7594 +/- 3,0276
9	Centros Comerciales	18,505 +/- 8,19897
13	Plazas de Mercado	647,013 +/- 15,8769
	P-valor	0,0000 **
	R ²	0,6847
	Sn-1	33,6584
	CV	457,06

Frente a la generación en usos no residenciales, el test ANOVA permitió concluir, como era de esperarse, que sí existe diferencias significativas entre las medias de cada uno de los usos, ya que es evidente que algunos, como las plazas de mercado, instituciones educativas, centro comerciales y restaurantes, generan considerablemente más residuos orgánicos que los otros usos, hacia donde deberán dirigirse las estrategias desde el gobierno para una futura agenda regulatoria. Estos resultados fueron confirmados a través del test de Kruskal-Wallis, concluyendo con una significancia del 5% que hay diferencias estadísticamente significativas entre las medianas por uso.

D. Percepción de las instituciones frente a las potencialidades de proyectos de AyTRO en Medellín y su área metropolitana

De las entrevistas planificadas, se obtuvo respuesta de los siguientes agentes: Experto proyecto Moravia – tratamiento de residuos orgánicos -Profesional Universitario responsable; Empresa de reciclaje – RECIMED – Gerente; Alcaldía de Medellín Secretaría de Gestión y Control Territorial - Profesionales Universitarios Subsecretaría de Servicios Públicos; Área Metropolitana del Valle de Aburrá- Subdirectora Ambiental; Secretaría de Medio Ambiente de Medellín - Subsecretario de Gestión Ambiental.

De los entrevistados, 85,7% dijo conocer la regulación colombiana de las actividades de AyTRO y 57,2% no considera que las actividades de AyTRO sean promovidas desde dicha regulación. Frente a la aplicación de estas actividades en

Medellín y su Área Metropolitana las posiciones se encuentran divididas, al igual que la opinión sobre la rentabilidad del mercado de las materias primas secundarias asociadas, como el biogás y los abonos orgánicos. De la misma manera, los resultados develan una opinión compartida en cuanto a la probabilidad de que proyectos de AyTRO en Medellín accedan a parte de la tarifa del servicio de aseo, con una calificación entre media y baja.

Contrario a lo esperado a partir del análisis normativo, 85% de los entrevistados manifestó tener claridad frente a la diferencia entre la actividad de tratamiento y la de aprovechamiento de residuos orgánicos. Finalmente, en cuanto a los aportes de los entrevistados, hay convergencia en la necesidad de acceder a recursos adicionales para el sector medio ambiente, a resolver las dificultades que impiden a las actividades de AyTRO acceder a la tarifa del servicio de aseo y a regular y promover mercados para las materias primas secundarias provenientes de estas actividades.

VI. DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados de la investigación, los cambios en las dinámicas de consumo que eventualmente se hubieran generado en el municipio de Medellín no han tenido impactos relevantes en la generación de residuos orgánicos, es decir, sigue siendo relevante y necesario impulsar el desarrollo de proyectos de AyTRO, pues tendrían un efecto directo e importante en la reducción del volumen de residuos que van al relleno sanitario.

No obstante se evidencia que la normatividad colombiana actual incentiva la disposición final, por cuanto remunera por cantidades dispuestas, de tal manera que continúa siendo más rentable disponer que reciclar, si sólo se mira desde la óptica de la prestación del servicio público (sin incluir el mercado de materias primas producto del reciclaje); esto es, el marco regulatorio colombiano actual es débil para promover el aprovechamiento, además de no estar dirigido a la reducción en la generación ni a la reducción de la disposición final. La normatividad actual se ha volcado a que, desde los hogares, se propenda por una adecuada separación en la fuente y se promueva el reciclaje, pero el estudio pone en evidencia que las estrategias deben fortalecerse en los sectores industrial y comercial, principales generadores de residuos orgánicos que llegan a rellenos sanitarios.

El resultado es que el volumen de residuos dispuestos en rellenos sanitarios no se ha visto disminuido; no obstante, se han visto beneficios en cuanto a la información asociada a los residuos aprovechados, ya que antes de esta regulación no se conocían ni se llevaban estadísticas, además se han promovido programas amplios de dignificación de la labor del reciclador, pero sin evidenciarse ni en la actualidad, ni en las proyecciones, que se reduzca la generación ni la disposición final, lo que conlleva a la reducción sistemática y acelerada de la vida útil del relleno sanitario, la ausencia de medidas contingentes ante un cierre temporal o definitivo del mismo, y pocos avances en la cultura de reducción, reúso, reutilización y reciclaje, desde el generador.

Contrario a lo expresado por Gletovic y Snhueva (1999), Colombia no requiere una regulación para definir las condiciones de la competencia en la prestación del servicio de aseo, sino para incentivar la creación de un mercado, esto es, de una demanda y una oferta, por el servicio de AyTRO; de cierta manera el mercado existe, pero compite directamente con soluciones de muy bajo costo, como es la disposición final, frente a la cual termina cediendo el terreno.

Frente a los residuos de alimentos Zorpas (2018) complementa que el acuerdo de París – ODS, no solo establecen metas de aprovechamiento, sino también de reducción del desperdicio de alimentos y la basura marina y recomienda diferentes alternativas como: compostaje en casa, política de sobras, lista de compras inteligente. En el componente de la gestión de residuos sólidos, la regulación mundial presenta una tendencia hacia soluciones de tratamiento a partir, por ejemplo, de la incineración (con o sin aprovechamiento energético) y el enterramiento, pero pocos países han migrado al tratamiento o aprovechamiento como alternativas preponderantes de gestión. Valdría la pena analizar los costos asociados a las diferentes alternativas a saber, incineración con y sin aprovechamiento energético, AyTRO, y disposición final, en donde se incluyan los costos ambientales de cada una de ellas, y se comparen con los mercados de materias primas de la materia prima secundaria, para identificar cuál de estos mecanismos debería ser promovido por la normatividad.

Siddiqi et al (2020) aclara que en evaluación de proyectos de incineración con aprovechamiento energético no se puede poner a competir con el reciclaje, y debe tenerse presente que, ante un incremento en la actividad de aprovechamiento, se modificará el poder calorífico de los residuos que serán objeto de incineración (para el caso de estudio, hizo inviable esta alternativa). De la misma manera, proyectos de aprovechamiento de residuos orgánicos, como el compostaje, modifican también este poder calorífico, al reducir el porcentaje de humedad de los residuos, facilitando la factibilidad de proyectos de incineración con recuperación de energía. Esta idea refuerza la teoría de que la gestión de residuos urbanos requiere de soluciones mixtas y a escala regional.

VII. CONCLUSIONES

Debido a que los residuos se presentan mezclados, se reduce la posibilidad de su uso como fertilizantes; esto refuerza la idea de que cualquier iniciativa depende de la cultura de la separación en la fuente, pues una vez mezclados los residuos disminuyen sus posibilidades de aprovechamiento o tratamiento. Pero el estudio pone en evidencia la necesidad de que esta cultura ciudadana sea llevada a la empresa, para que tenga un impacto real en el volumen de residuos que va a disposición final.

Colombia debe promover un cambio en la normatividad que lleve la gestión de residuos sólidos a otro nivel, no solo en cuanto a la cultura ciudadana de la separación en la fuente, sino evidenciando el valor contenido en cada residuo que lleve a

empresas y hogares a buscar alternativas para su aprovechamiento. Una normatividad que no promueva la disposición final, sino que la castigue con costos asociados que reflejen su alto impacto ambiental y la desincentiven. Paralelamente, la normatividad deberá estar ligada a la promoción de ese mercado de materias primas secundarias, el desarrollo de tecnologías de bajo costo y las inversiones en cadenas de abastecimiento que lleven a soluciones de AyTRO económicamente atractivas.

Ya que la mayor generación de residuos orgánicos se identifica en el sector industrial de alimentos, las plazas de mercado y los restaurantes, se pone de manifiesto que Medellín adolece de estrategias para prevenir la generación de residuos de alimentos, ya sea a través de incentivar compras inteligentes, desarrollo de aplicativos para las cadenas de abastecimiento o políticas de sobras; esta ausencia de políticas contrasta con aquella de seguridad alimentaria, en una ciudad de sólo 2,5 millones de habitantes se cuenta con una población pobre en crecimiento y un alto desperdicio de residuos de alimentos. Ante esta realidad, se hace necesaria una estrategia para gestionar adecuadamente estos residuos, y en general, todos los residuos orgánicos que posibiliten el máximo aprovechamiento de su energía contenida.

REFERENCIAS

- [1] SÁEZ, Alejandrina; URDANETA G., Joheni A. 2014. Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. *Omnia*, vol. 20, núm. 3, pp. 121-135. Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela. En <https://www.redalyc.org/pdf/737/73737091009.pdf> SIDDIQI, Afreen; HARAGUCH, Masahiko; NARAYANAMURTI, Venkatesh, 2020, Urban waste to energy recovery assessment simulations for developing countries, World Development. USA. En <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2020.104949>
- [2] ALCALDÍA DE MEDELLÍN, 2019, Informe de la caracterización de residuos sólidos en el sector no residencial del Municipio de Medellín y sus cinco corregimientos. En <https://www.medellin.gov.co/irj/portal/medellin?NavigationTarget=navurl://56e3d59ac9d8960be598cd0afee29673>
- [3] ANDRÉ, Francisco; CERDÁ, Emilio; 2005; Gestión de residuos sólidos urbanos: Análisis económico y políticas públicas, Documentos de trabajo. Centro de Estudios Andaluces. Serie 1, N°. 23. En https://www.researchgate.net/publication/277260510_Gestion_de_residuos_solidos_urbanos_analisis_economico_y_politicas_publicas.
- [4] ANTONIS, Zorpas, 2020, Strategy development in the framework of waste management, Open University of Cyprus, Faculty of Pure and Applied Science, Environmental Conservation and Management, Lab of Chemical Engineering and Engineering Sustainability, Cyprus. En <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137088>
- [5] ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ, 2018 Contexto ambiental regional y sociodemográfico del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Regional PGIRS Regional 2017-2030. En https://www.metropol.gov.co/ambiental/residuos-solidos/plangestionintegral/00_%20Informe_Contexto/03_Contextos%20ambiental%20y%20sociodemografico_.pdf
- [6] AMAYA, B.-; BECERRA, S.; ACEVEDO, 2008. Evaluación del análisis del ciclo de vida para la producción de biodiesel a partir de aceite de higuera empleando la metodología “de la cuna a la cuna”. *Revista ION*, 21(1), 17-26. ISSN: 0120-100X. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=3420/342030279002>.
- [7] CASTIBLANCO, Carmenza, 2007, La economía ecológica: una disciplina en busca de autor. *Revista Gestión y Ambiente*, Volumen 10, Número 3, 07-22 pp. ISSN electrónico 2357-5905. ISSN impreso 0124-177X. En <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169419821001>

- [8] CEPAL, 2018. La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Una oportunidad para América Latina y el Caribe. Publicación de las Naciones Unidas. LC/G.2681-P/Rev.3. ISBN: 978-92-1-058643-6. En <https://www.cepal.org/es/publicaciones/40155-la-agenda-2030-objetivos-desarrollo-sostenible-opportunidad-america-latina-caribe>.
- [9] CRA - COMISIÓN REGULADORA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO, 2015, Documento de trabajo proyecto general marco regulatorio del servicio público de aseo resolución CRA 720 de 2015. Colombia 2015. En <https://www.cra.gov.co/documents/Documento-de-Trabajo-Res-720-de-2015.pdf>
- [10] DE OLIVEIRA, Fábio; MENDONÇA, Francisco, 2016, Por uma leitura geográfico-cultural dos resíduos sólidos: reflexões para o debate na Geografia. Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía, 25(1), 153-169. En <https://dx.doi.org/10.15446/rcdg.v25n1.43025>
- [11] DURAND, Mathieu, 2011, La gestión de los residuos sólidos en los países en desarrollo: ¿cómo obtener beneficios de las dificultades actuales? Revista Espacio y Desarrollo, Espacio Y Desarrollo, (23), 115-130. En <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/espacioydesarrollo/article/view/3502>
- [12] EMPRESAS VARIAS DE MEDELLÍN S.A. E.S.P., 2019, Informe de sostenibilidad 2019. Medellín, Colombia. En https://www.emvarias.com.co/Portals/1/Corporativo/Accionistas/Informe%20empresariales/INFORME_SOSTENIBILIDAD_2019.pdf?ver=2020-04-15-150109-807
- [13] KAZA, Silpa; YAO, Lisa; BADHA- TATA, Perinaz; VAN WOERDEN, Frank (2018). What a waste 2.0. A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. Banco Interamericano de Desarrollo. En <http://datatopics.worldbank.org/what-a-waste/>
- [14] FLORES, Xavier; FRAY, Patricio; MORAN, Eduardo, 2017 Tratamiento de residuos sólidos en la Unión Europea, Recimundo, ISSN-e 2588-073X, Vol. 1, N°. 4, págs. 339-364. En <https://recimundo.com/index.php/es/article/view/22>
- [15] FRAJ ANDRÉS, Elena, 2003, Las variables demográficas y socioeconómicas como determinantes del comportamiento de reciclaje: Su importancia sobre la gestión de residuos sólidos” Revista de gestión pública y privada, ISSN-e 2387-0249, N° 8 págs. 103-118
- [16] FRIEDRICH, Jasmin; POGANIETZ, Witold-Roger; LEHN, Helmut, 2020, Life-cycle assessment of system alternatives for the Water-Energy-Waste Nexus in the urban building stock, Resources, Conservation & Recycling. Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Institute for Technology Assessment and Systems Analysis (ITAS). Germany. En <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104808>
- [17] GARCÍA, Sara, 2016, Economía circular: La Unión Europea impulsa reformas sobre la base de un tema crucial, la gestión de residuos, con el fin de alcanzar mejoras económicas y medioambientales. Actualidad jurídica ambiental. N. 57. ISSN 1989-566. NIPO 721-15-001-4. 11 pp
- [18] GUANABARA, Rachel; GAMA, Thais; MACIEL E., Emílio, 2012, Os resíduos sólidos como tema gerador: da pedagogia dos três R's ao risco ambiental. Remea - Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental, 21. En <https://doi.org/10.14295/remea.v21i0.3039>
- [19] MELO HENRÍQUEZ, Aline, 2016, Análise de Ciclo de Vida (ACV) de Sistemas Integrados de Tratamento e disposição final de Resíduos Sólidos Urbanos para cidades de médio porte. 154 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá Brasil. En <https://repositorio.unifei.edu.br/xmlui/handle/123456789/1005>
- [20] HUI, Wang; XIAO, Liu; NING, Wang; KUN, Zhang; FENGCHUAN, Wang; SHUPING, Zhang; RENQING, Wang; PEIMING, Zheng; MICHINARI, Matsushita, 2020, Key factors influencing public awareness of household solid waste recycling in urban areas of China: A case study. Resources, Conservation & Recycling. Institute of Ecology and Biodiversity, School of Life Sciences, Shandong University, Qingdao, China; Forest Tree Breeding Center, Forestry and Forest Products Research Institute, Hitachi, Japan. En <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104813>
- [21] JINHUA, Cheng; FENGYU, Shi; JIAHUI, Yi; HONGXUE, Fu, 2020, Analysis of the factors that affect the production of municipal solid waste in China. Journal of Cleaner Production, China. En <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120808>
- [22] HENRÍQUEZ, Aline (2016). Análise de Ciclo de Vida (ACV) de Sistemas Integrados de Tratamento e disposição final de Resíduos Sólidos Urbanos para cidades de médio porte. 154 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, Brasil.
- [23] LEAL, Gabriel, 2008, Debate sobre la sostenibilidad. Desarrollo conceptual y metodológico de una propuesta de desarrollo urbano sostenible para la ciudad – región Bogotá en clave de ciudad Latinoamericana. Universidad Javeriana. Bogotá D.C., Colombia. 1-13 pp.
- [24] LEFT. Lina, 2014, Las amenazas globales, el reciclaje de residuos y el concepto de economía circular. Revista Argentina de microbiología, vol. 46, núm. 1 Asociación Argentina de Microbiología. Buenos Aires. Argentina. 1-2pp.
- [25] DE VILAS BOAS, Leo J.; SILVA, Iván; ROSLEE, Johnson; TAVARES, Andriani; MAMBELLI, Regina, 2019, Incineration of municipal solid waste in Brazil: An analysis of the economically viable energy potential, Renewable Energy. Brazil. En <https://biblioproxy.umanizales.edu.co:2058/science/article/pii/S0960148119316313?via%3Dihub>
- [26] MAGHMOUMI, Abtin; MARASHI, Fatima; HOUSHFAR, Ehsan, 2020, Environmental and economic assessment of sustainable municipal solid waste management strategies in Iran. School of Mechanical Engineering, College of Engineering, University of Tehran, P.O. Box 11155-4563, Tehran, Iran. Sustainable Cities and Society. En: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210670720301487>.
- [27] MARMOLEJO, Luis F.; TORRES, Patricia; OVIEDO, Edgar R.; BEDOYA, Diego F.; AMEZQUITA, Claudia P.; KLINGER, Rafael; ALBÁN, Fred; DÍAZ, Luis F., 2009, Flujo de residuos: Elemento base para la sostenibilidad del aprovechamiento de residuos sólidos Municipales. Revista Ingeniería y Competitividad, vol. 11, núm. 2, pp. 79-93. Universidad del Valle. Colombia.
- [28] NOGUERA, Katia; OLIVERO, Jesús, 2010, Los rellenos sanitarios en Latinoamérica: caso colombiano, Rev. Acad. Colomb. Cienc. 34 (132): 347-356. ISSN 0370-3908.
- [29] PEÑA, Claudia; TORRES, Patricia; VIDAL, Carlos; MARMOLEJO, Luis, 2013, La logística de reversa y su relación con la gestión integral y sostenible de residuos sólidos en sectores productivos, Entramado, vol. 9, núm. 1, pp. 226-238. Universidad Libre. Cali, Colombia.
- [30] PÉREZ, Marco; VALENCIA, James; RUBIANO, José; FEO, Daniel; CUELLAR, Edwin, 2010, Energía de la basura. Tecnura, 14(26), 118-125. En http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-921X2010000100012&lng=es&tng=es.
- [31] PUERTA, Silvia, 2004, Los residuos sólidos municipales como acondicionadores de suelos. Revista Lasallista de Investigación, vol. 1, núm. 1, junio, pp. 56-65 Corporación Universitaria Lasallista Antioquia, Colombia.
- [32] PUEYO C., Ángel, 1990, Criterios para la gestión de los residuos sólidos urbanos en la ordenación del territorio. Geographicalia, ISSN 0210-8380, N° 27, págs. 137-160
- [33] ROLLANDI, Ricardo, 2012, Problemática de la gestión de residuos sólidos urbanos en las megaciudades. IC Latinoamérica. P 1-7. En ic-latinoamerica.com
- [34] ROMANO, Giulia; MOLINOS, María, 2020, Factors affecting eco-efficiency of municipal waste services in Tuscan municipalities: An empirical investigation of different management. Waste Management. Volume 105, 15, Pages 384-394. En <https://biblioproxy.umanizales.edu.co:2058/science/article/pii/S0956053X20300866?via%3Dihub>
- [35] SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS (2019) Informe Nacional 2018 Disposición Final de Residuos Sólidos. República de Colombia. En: https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Publicaciones/Publicaciones/2020/Ene/informe_nacional_disposicion_final_2019_1.pdf
- [36] SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS (2019) Informe Sectorial de la Actividad de Aprovechamiento 2018. República de Colombia. En: https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Publicaciones/Publicaciones/2020/Ene/informe_sectorial_aprovechamiento_2018.pdf
- [37] TOBÓN, David; VASCO, Carlos, 2019, Mecanismos de política económica ambiental: retos en la prestación del servicio de aseo en grandes ciudades, Empresas Varias de Medellín S.A. E.S.P, Colombia. P 67-79.
- [38] TRON PIÑERO, Fabián, 2011, La gestión de residuos sólidos en Tokio, París, Madrid y México. Cuadernos de investigación urbanística, ISSN 1886-6654, N°. 75, págs. 6-93.