



LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS, AFECTACIONES AMBIENTALES Y SOCIALES: UNA REVISIÓN CRÍTICA

Pablo Emilio ESCAMILLA-GARCÍA

Instituto Politécnico Nacional, Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos No. 13 (México)
peescamilla@ipn.mx

Luis Canek ÁNGELES-TOVAR

Instituto Politécnico Nacional, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y
Ciencias Sociales y Administrativas (México)
canekangeles@gmail.com

Francisco PÉREZ-SOTO

Universidad Autónoma Chapingo, División de Ciencias Económico Administrativas (México)
perezsotofco@gmail.com

Gibrán RIVERA-GONZÁLEZ

Instituto Politécnico Nacional, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y
Ciencias Sociales y Administrativas (México)
griverag@ipn.mx

Recibido: 14 de abril del 2024

Enviado a evaluar: 16 de abril del 2024

Aceptado: 26 de junio del 2024

RESUMEN

La generación, gestión y manejo de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) constituyen una preocupación global apremiante debido a sus múltiples implicaciones ambientales y sociales. Esta revisión examina críticamente el estado actual de los RSU en todo el mundo. La metodología se sustenta en un análisis detallado de la literatura existente y estudios de caso, se exploran los principales problemas relacionados con los RSU. Se concluye que es importante implementar estrategias de reducción de residuos, separación en la fuente, reciclaje y promoción de los principios de economía circular. Además, enfatiza la relevancia de la concientización pública y el compromiso comunitario para fomentar prácticas responsables de gestión de residuos. Al sintetizar el conocimiento actual e identificar brechas en la investigación y las políticas, esta revisión proporciona conocimientos valiosos para los responsables de políticas, investigadores y profesionales que trabajan para mitigar los impactos adversos de los RSU al medio ambiente y la sociedad.

Palabras clave: Residuos sólidos urbanos, generación y manejo de RSU, afectaciones ambientales, afectaciones sociales.

URBAN SOLID WASTE, ENVIRONMENTAL AND SOCIAL IMPACTS: A CRITICAL REVIEW

ABSTRACT

The generation, management, and handling of Urban Solid Waste (USW) constitute a pressing global concern due to their multifaceted environmental and social implications. This review critically examines the current state of USW worldwide, focusing on its origins, management practices, and the diverse array of environmental and social impacts it poses on populations. The methodology is sustained in the analysis of existing literature and case studies, key issues surrounding USW. It concludes that it is important to implement strategies for waste reduction, source separation, recycling, and promoting circular economy principles. Additionally, it emphasizes the significance of public awareness and community engagement in fostering responsible waste management practices. By synthesizing current knowledge and identifying gaps in research and policy, this review provides valuable insights for policymakers, researchers, and practitioners working towards mitigating the adverse impacts of USW on both the environment and society.

Keywords: Municipal solid waste, waste management, environmental effects, social effects.

DÉCHETS SOLIDES URBAINS, AFFECTS ENVIRONNEMENTAUX ET SOCIAUX: UNE EXAMEN CRITIQUE

RÉSUMÉ

La production, la gestion et la gestion des déchets solides urbains (RSU) constituent une préoccupation mondiale urgente en raison de ses multiples implications environnementales et sociales. Cette revue examine de manière critique l'état actuel des RSU dans le monde entier. La méthodologie repose sur une analyse détaillée de la littérature existante et des études de cas, explore les principaux problèmes liés aux RSU. Il conclut qu'il est important de mettre en œuvre des stratégies de réduction des déchets, de séparation à la source, de recyclage et de promotion des principes de l'économie circulaire. En outre, il souligne l'importance de la sensibilisation du public et de l'engagement communautaire pour promouvoir des pratiques responsables de gestion des déchets. En synthétisant les connaissances actuelles et en identifiant les lacunes dans la recherche et les politiques, cet examen fournit des connaissances précieuses aux décideurs politiques, chercheurs et professionnels travaillant pour atténuer les impacts négatifs des RSU sur l'environnement et la société.

Mots-clés: Déchets solides urbains, production et gestion de RSU, atteintes à l'environnement, atteintes sociales.

1. INTRODUCCIÓN

Los asentamientos humanos desde su origen han generado residuos cuya tipología ha evolucionado acorde a la tecnología de la época, los patrones de consumos, los sistemas productivos aplicados, entre otros (Kumar y Agrawal, 2020). Particularmente, la generación de Residuos Sólidos

Urbanos (RSU) es un problema emergente generado por el aumento de la población mundial y la evolución de las actividades económicas e industriales (Guedes et al., 2021). Estos residuos pueden plantear riesgos importantes, especialmente los asociados a la salud pública. La presencia de compuestos tóxicos en la corriente de RSU exige procedimientos de manipulación controlados para asegurar una mínima contaminación ambiental y exposición humana (Xu et al., 2018). A medida que aumenta la población, aumenta la cantidad de RSU generados. Este aspecto se ha convertido en una preocupación importante para muchas naciones en vías de desarrollo, ya que los gobiernos locales generalmente han asumido la recolección, transferencia y eliminación de residuos (Bees y Williams, 2017; Fernando, 2018). Particularmente estas economías emergentes continúan en un crecimiento poblacional constante, lo que se correlaciona con una mayor cantidad de RSU generados (He et al., 2022). En un panorama general, en este tipo de naciones, las políticas públicas estructurales diseñadas para brindar servicios de gestión de residuos a menudo se ven superadas por altas tasas de crecimiento demográfico y actividades comerciales intensivas (Ferronato y Torretta, 2019). Se espera que la generación anual de residuos en todo el mundo aumente en un 70 % desde los niveles de 2016 a 3 400 millones de T en 2050, dado el crecimiento de la población y la urbanización (Kaza et al., 2018). Así, los países en vías de desarrollo también experimentarán un aumento significativo en la generación de residuos, el cual compromete la sustentabilidad ya que los sistemas de gestión de RSU son mayormente basados en técnicas rudimentarias, equipos obsoletos y adoptando el uso de rellenos sanitarios como estrategia predominante (Zhang et al., 2024). Por lo anterior, esta investigación tiene como objetivo realizar una revisión crítica sobre las principales afectaciones que el incorrecto manejo de los RSU provoca en las poblaciones, desde el componente ambiental de aire, suelo y agua y la respectiva pérdida de la biodiversidad, hasta los impactos negativos en la salud humana y las afectaciones sociales como la marginación y segregación de poblaciones vulnerables asociadas a los RSU.

2. LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS: CONCEPTOS Y CARACTERÍSTICAS

Los residuos sólidos urbanos (RSU) se refieren a los desechos generados predominantemente en entornos urbanos, principalmente por los hogares, pero también por pequeñas empresas, oficinas y servicios públicos que producen residuos similares en naturaleza y composición a los domésticos. Estos residuos incluyen una amplia variedad de materiales, como residuos orgánicos, papel, plásticos, vidrio, metales y textiles. La gestión de RSU es responsabilidad de los servicios municipales, que se encargan de la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de estos desechos. Este tipo de servicios públicos se llevan a cabo considerando la correcta tipología de los RSU, por tanto, es necesario hacer una importante distinción entre estos y los residuos de manejo especial o residuos peligrosos. La diferencia principal radica fundamentalmente en la naturaleza y el manejo de los desechos. Los residuos sólidos peligrosos son aquellos que, debido a sus características físicas, químicas o biológicas, presentan un riesgo significativo para la salud humana o el medio ambiente si no se gestionan adecuadamente. Estos residuos pueden ser inflamables, corrosivos, reactivos o tóxicos, e incluyen materiales como solventes industriales, baterías, productos químicos y ciertos tipos de residuos médicos. Debido a su peligrosidad, requieren procedimientos de manejo, almacenamiento, transporte y disposición específicos y estrictamente regulados para evitar daños. La correcta conceptualización de los residuos

permite categorizar a los residuos para el diseño de planes, programas y criterios claros y específicos para su gestión. La definición de RSU puede variar de acuerdo con la legislación ambiental o la región, sin embargo, integra elementos clave. Algunas definiciones de organismos internacionales incluyen:

- **Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE):** La OCDE define los residuos sólidos urbanos como aquellos residuos generados por los hogares, así como los residuos de origen comercial, industrial y de instituciones que son similares en naturaleza y composición a los residuos domésticos. Esta definición incluye residuos voluminosos recogidos por los servicios municipales (OCDE, 2015).
- **Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA):** La AEMA describe los residuos sólidos urbanos como los residuos generados principalmente por los hogares, aunque pueden incluir pequeñas cantidades de residuos de fuentes comerciales, industriales y de instituciones, siempre que sean similares a los residuos domésticos en naturaleza y composición (EEA, 2019).
- **Organización Mundial de la Salud (WHO):** La OMS considera los residuos sólidos urbanos como aquellos desechos que incluyen residuos domésticos (residuos orgánicos, papel, plásticos, vidrio, metales), residuos comerciales, residuos de las calles y residuos industriales no peligrosos. En general, se refiere a cualquier tipo de residuos sólidos que se generan en áreas urbanas y que requieren manejo y disposición (WHO, 2021).
- **Organización de las Naciones Unidas (ONU):** La ONU define los residuos sólidos urbanos como los residuos domésticos, comerciales y de servicios públicos que se generan en las ciudades y requieren un sistema de recolección y disposición organizado. Esto incluye residuos de actividades comerciales y servicios, así como residuos de limpieza de calles y áreas públicas (ONU, 2023).
- **Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA):** La EPA define los residuos sólidos urbanos como los residuos comunes que provienen de casas, lugares de trabajo y áreas comerciales, incluyendo alimentos, productos de papel, plásticos, textiles, metales y otros desechos no peligrosos. Estos residuos son recolectados y gestionados por los servicios municipales (EPA, 2021).

Como se puede apreciar, el concepto es muy similar dado que se enfoca en el reconocimiento mayormente doméstico como fuente de origen. De forma general los RSU se pueden clasificar como residuos orgánicos e inorgánicos. Los residuos orgánicos engloban todo material que pueda ser susceptible de un proceso de descomposición natural y cuyo origen se encuentra en la naturaleza. Por otro los residuos orgánicos son todos los materiales de origen sintético. Más allá de esta clasificación, los RSU presentan una variedad de características físicas, químicas y biológicas que los distinguen y determinan su manejo y tratamiento. A continuación, se detallan estas características:

Características Físicas (Yang, Xu y Chai, 2018): 1) Composición: Los RSU están compuestos por diversos materiales como residuos orgánicos (restos de alimentos), papel, cartón, plásticos, vidrios, metales y textiles. La composición puede variar significativamente según la ubicación geográfica, la estación del año y los hábitos de consumo de la población. 2) Densidad: La densidad de los RSU varía según el tipo de material. Por ejemplo, los residuos orgánicos suelen tener una densidad más alta comparada con los plásticos o el papel. 3) Tamaño y Forma: Los residuos pueden variar en tamaño desde partículas pequeñas hasta objetos voluminosos como

muebles o electrodomésticos viejos. 4) Humedad: Los RSU contienen diferentes niveles de humedad, influenciados principalmente por la proporción de residuos orgánicos. Una alta humedad puede afectar el peso total de los residuos y el proceso de descomposición biológica.

Características Químicas (Medina, Salas y Romero, 2013): 1) Contenido Orgánico: Incluye carbohidratos, proteínas y grasas provenientes de residuos alimenticios, restos vegetales, etc. 2) Composición Elemental: Los residuos contienen elementos como carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y pequeñas cantidades de otros elementos como metales pesados (mercurio, plomo) dependiendo de la presencia de residuos electrónicos o baterías. 3) pH: El pH de los RSU puede variar, siendo influenciado por la descomposición de materiales orgánicos y la presencia de sustancias químicas ácidas o alcalinas. 4) Potencial Calorífico: Los RSU tienen un contenido energético que puede ser aprovechado en procesos de incineración para la generación de energía.

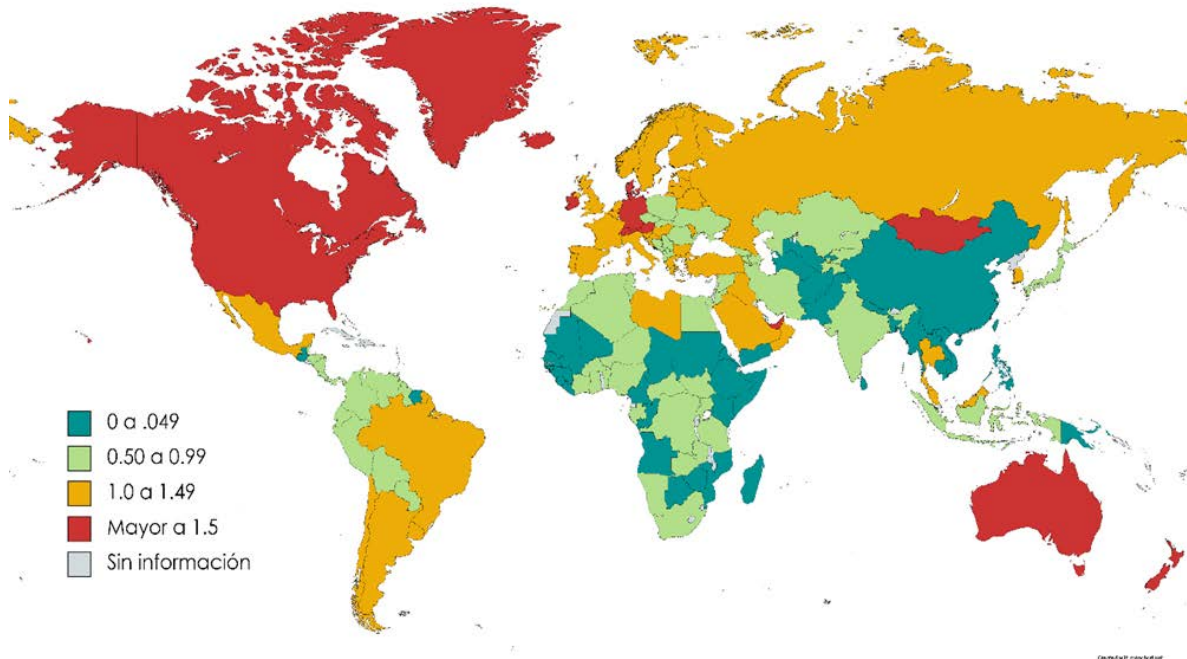
Características Biológicas (Saravanan et al., 2022): 1) Biodegradabilidad: Una gran fracción de los RSU es biodegradable, principalmente los residuos orgánicos como restos de alimentos y papel. Estos materiales son susceptibles a la descomposición por microorganismos. 2) Actividad Microbiana: Los RSU contienen una diversidad de microorganismos que participan en la descomposición de los materiales orgánicos. Esta actividad microbiana puede ser aeróbica (en presencia de oxígeno) o anaeróbica (en ausencia de oxígeno). 3) Generación de Gases: Durante la descomposición biológica, especialmente en condiciones anaeróbicas, se generan gases como metano y dióxido de carbono. Estos gases son componentes importantes del biogás y tienen implicaciones tanto para la gestión de residuos como para el impacto ambiental.

La combinación de estas características físicas, químicas y biológicas define los desafíos y oportunidades en la gestión de los RSU. Por ejemplo, la alta biodegradabilidad y contenido orgánico de los RSU favorecen procesos como el compostaje y la digestión anaeróbica, mientras que la variabilidad en la composición y densidad requiere sistemas de recolección y transporte flexibles. La presencia de componentes peligrosos o tóxicos en los RSU también subraya la necesidad de una separación adecuada y un manejo especializado para evitar impactos negativos en la salud pública y el medio ambiente.

3. PANORAMA GLOBAL DE LA GENERACIÓN DE RSU

De acuerdo con información del Banco Mundial, a nivel global se generan 0.74 kg de residuos per cápita por día, las tasas de generación por cada país fluctúan entre 0.11 kg a 4.54 kg por cada habitante con una generación importante de países como Estados Unidos, Canadá y Australia (Figura 1) (Banco Mundial, 2021). Los volúmenes de generación de residuos generalmente se correlacionan con niveles de ingresos y tasas de urbanización. Tan solo en 2016 se generaron aproximadamente 2,010 millones de toneladas de RSU y se espera que este número aumente a 3,400 millones para el año 2050, sobre todo por el aumento de RSU en países de bajos ingreso donde se estima que la cantidad total de residuos aumentará en más de tres veces (Kaza et al., 2018)

Figura 1. Generación per cápita de RSU por país en kg.



Fuente: Elaborado a partir de datos del Banco mundial, 2021.

Si se analizan las tendencias de generación por región, la zona del pacífico y este de Asia es la región con mayor porcentaje de generación con 23 %, seguido de Europa y Asia central con 20 %. Sin bien las regiones de Oriente Medio, África del Norte y África central son las que menos producen en términos absolutos, de acuerdo con la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés) son las regiones en donde se proyecta un crecimiento importante de las tasas de generación que, de continuar así, se triplicarían en menos de 30 años (EPA, 2021). En lo que respecta a la composición, ésta varía según la región. A nivel global la composición se divide en 44 % de residuos orgánicos y 46 % de inorgánicos con una distribución importante de papel-cartón y plásticos. Es importante señalar que la composición está influenciada por varios factores, entre ellos: actividades económicas, clima, cultura, fuentes de energía, etc. Sin embargo, los países de bajos ingresos tienden a generar una proporción significativa de desechos orgánicos, mientras que los países de altos ingresos presentan las proporciones más altas de papel, plásticos y otros materiales inorgánicos. En la Tabla 1 se aprecia que, de una muestra de 105 países, las economías de ingresos bajos tienen una fracción orgánica del 64 % en comparación con el 28 % en los países de ingresos altos. Esto demuestra que, a medida que un país se vuelve más desarrollado, la fracción orgánica disminuye mientras que aumenta el consumo de materiales inorgánicos; sin embargo, en los países de ingresos medio-bajos y bajos, existe un alto porcentaje de materia orgánica que oscila entre el 40 % y el 85 % del total (Banco Mundial, 2021).

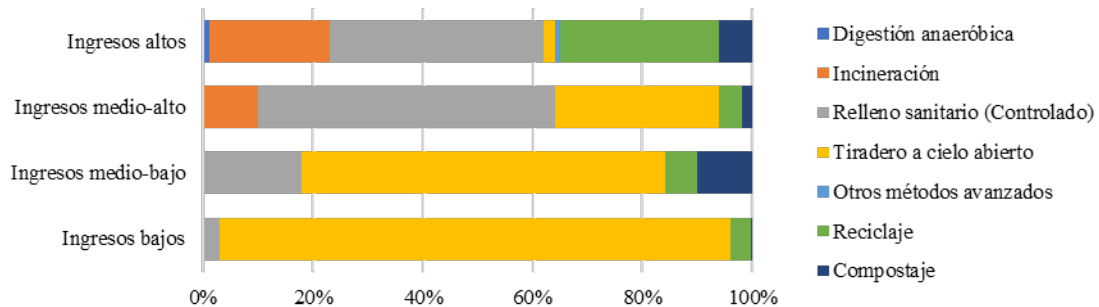
Tabla 1. Composición mundial de RSU por nivel de ingreso (%)

Nivel de ingresos	Orgánico	Papel/Cartón	Residuos plásticos	Vidrio	Metales	Otro
Bajo	64	5	8	3	3	17
Medio bajo	59	9	12	3	2	15
Medio alto	54	14	11	5	3	13
Alto	28	31	11	7	6	17

Fuente: Elaborado a partir de datos del Banco Mundial, 2021

A medida que los países aumentan en nivel de ingresos, aumenta la cantidad de reciclables en el flujo de residuos, con el aumento del papel de manera más significativa. Más de un tercio de los residuos en los países de ingresos altos se recupera mediante reciclaje y compostaje. Las tasas de recolección de desechos varían ampliamente según los niveles de ingresos. Los países de ingresos altos y medio altos suelen ofrecer la recolección de residuos universal con tasas de eficiencia del 80 % al 100 %. No obstante, en países de ingresos medio bajos y bajos, las tasas oscilan en 48 y 26 % de eficiencia (Kaza et al., 2018).

Figura 2. Sistema de tratamiento de RSU aplicado a nivel mundial por tipo de ingreso



Fuente: Elaborado a partir de datos del Banco mundial, 2021.

En referencia a los sistemas de tratamiento, la tendencia mundial muestra que el 29 % de los RSU generados son dispuestos en rellenos sanitarios, el 13.5 % es reciclado, el 11 % incinerado, el 8 % es aprovechado para obtención de biogás, el 5.5 % es composteado y alarmantemente el 33 % es dispuesto en tiraderos a cielo abierto sin ningún tipo de control (Banco Mundial, 2021). Mientras en países desarrollados con ingresos altos y medio altos, la tendencia muestra la valorización energética de los residuos y el desuso de rellenos sanitarios, en los países en vías de desarrollo con ingresos bajos, los tiraderos clandestinos y sitios no controlados son abundantes (Figura 2).

4. AFECTACIONES ASOCIADAS A LOS RSU EN LAS POBLACIONES

Los RSU son un problema importante en los asentamientos urbanos. Las altas densidades de población, junto con sistemas ineficientes de gestión de residuos, pueden generar significativas afectaciones sociales, económicas y ambientales (Guerrero et al., 2013). Los principales impactos y daños que resultan del manejo inadecuado de los RSU incluyen entre otros (Marshall y Farahbakhsh, 2013): 1) contaminación de cuerpos de aguas superficiales y subterráneas, 2) emisión de gases de efecto invernadero, 3) alteración de las propiedades físico/químicas del suelo, 4) inundaciones por el bloqueo de alcantarillas y desagües, 5) proliferación de insectos y fauna nociva, 6) alteración del entorno urbano, 7) deterioro de los espacios públicos, 8) marginación de poblaciones y deterioro de la calidad de vida. A continuación, se analizan los principales impactos ambientales, sociales y económicos.

4.1. AFECTACIONES AMBIENTALES Y DE SALUD PÚBLICA

La disposición de residuos orgánicos en rellenos sanitarios y tiraderos clandestinos a cielo abierto contribuye a la generación de gases de efecto invernadero (GEI), como el metano, que típicamente comprende el 60 % de

todos los gases generados por residuos (Pillai y Riverol, 2018). A nivel mundial, la producción de metano (CH₄) a partir de los RSU es una fuente significativa de gases de efecto invernadero. Según informes del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente se estima que los RSU emiten alrededor de 800 millones de toneladas métricas de CO₂e anualmente (ONU, 2022). Por otra parte según la Agencia Internacional de Energía, la incineración de RSU puede emitir aproximadamente de 1.0 a 1.5 toneladas de CO₂ por cada tonelada de residuos incinerados (IAE, 2022). Globalmente, se estima que se incineran aproximadamente 200 millones de toneladas de residuos al año, lo que resulta en alrededor de 200 a 300 millones de toneladas métricas de CO₂ anualmente, sumando las emisiones de incineración y considerando las emisiones adicionales de rellenos sanitarios y otras fuentes menores, se estima que las emisiones totales de CO₂ de los RSU podrían rondar entre 300 y 400 millones de toneladas métricas de CO₂ anualmente (IPCC, 2023). Particularmente el metano es un gas peligroso altamente explosivo que contamina no solo el aire sino también aguas subterráneas y la superficie del suelo lo que implica un riesgo significativo para la salud humana (Guerrero et al., 2013). De igual manera esta acumulación de gas conlleva el riesgo de explosiones e incendios. Se estima que, dadas las condiciones de operación actuales, más de un 80 % de los sitios de disposición final presentan estos riesgos de incendios y explosiones, así como una amplia dispersión de partículas dañinas volátiles (Schwanse, 2014). Con respecto a la emisión de gases y partículas a la atmosfera se tiene por tanto una importante afectación en temas de contaminación del aire. Karmakar et al. (2023) condujeron un estudio en India en donde encontró que la emisión de contaminantes a la atmosfera por RSU en tiradores a cielo abierto y en combustión no controlada, incluyen no solo el metano (CH₄) el dióxido de carbono (CO₂) sino que también se encontraron gases ácidos (dióxido de azufre, cloruros ácidos, fluoruro) gases de efecto invernadero (hexafluoruro de azufre, perfluorocarbonos e hidrofluorocarbonos), componentes orgánicos volátiles (etano, propano, benceno, tolueno), contaminantes orgánicos persistentes (dioxinas y furanos) y metales pesados (mercurio (Hg), antimonio (Sb), arsénico (As), cromo (Cr), vanadio (V), Cadmio (Cd), Manganeseo (Mn), Níquel (Ni) y Plomo (Pb). Por otra parte, en la región sur de China se realizó un estudio del aire en poblaciones circundantes a plantas no controladas de recepción y disposición final de RSU en donde adicionalmente se encontraron óxidos de nitrógeno (NO_x), monóxido de carbono (CO), vapores orgánicos volátiles (VOC), amoníaco (NH₃) e hidrocarburos halogenados (Shi y Zhang, 2023). Estos contaminantes pueden incrementar por ejemplo en poblaciones rurales, ya que estas son aún más propensas a generar contaminantes atmosféricos derivados de la quema de residuos orgánicos como combustible, esto debido a que el combustible residencial en más del 50% de las poblaciones rurales es estiércol y materia orgánica (Gürel et al., 2024, Sharma et al., 2023). En cualquier caso, ante esta alta presencia de contaminantes en el aire, las consecuencias en poblaciones son significativas. En primera instancia se tiene un daño importante a la biodiversidad y ecosistema natural. Por ejemplo, el desarrollo de sitios de disposición final no controlada implica que se pierdan alrededor de 30 a 300 especies animales en cada hectárea. Al mismo tiempo, se producen cambios entre las especies locales, donde algunas aves y mamíferos son reemplazados por especies que se alimentan de desechos como cuervos y ratas (Siddiqua et al., 2022). En adicción a lo anterior, de acuerdo con Agencia Ambiental Europea, la presencia de altas dosis de partículas contaminantes en el aire en zonas cercanas a sitios con altas concentraciones de RSU, ha resultado en afectaciones como la vulneración de cerca del 59% de la superficie forestal, esto en cerca de 32 países europeos, así como un aumento en un 6% de tierras agrícolas expuestas a

estos contaminantes (EEA, 2023). Esto igualmente ha sido reportado en algunas regiones de África donde la contaminación por residuos ha afectado la calidad del suelo y, por lo tanto, el crecimiento de cultivos, la producción y la agricultura (Danthurebandara et al., 2013). De igual forma en Asia Central se ha reportado una pérdida de algunos de los servicios ecosistémicos en el pasado reciente vinculados con las altas tasas de contaminantes atmosféricos relacionados con RSU. Por ejemplo, en esa región del mundo se ha estimado una reducción del 74% en el valor del secuestro de gases de efecto invernadero, una reducción del 60% en el almacenamiento de carbono, una reducción del 94% en la recreación basada en la naturaleza y una reducción del 88% en la calidad del agua (Kattel, 2017).

Con respecto a las afectaciones a la salud humana, el problema de la contaminación del aire provocada por residuos se incrementa al retomar el punto de la utilización de fuegos abiertos o estufas domésticas ineficientes alimentadas con biomasa (madera, estiércol de animales y residuos de cultivos-alimentos). La quema de este combustible de biomasa en tecnologías ineficientes genera una serie de contaminantes dañinos para la salud, incluidas pequeñas partículas que penetran profundamente en los pulmones y entran en el torrente sanguíneo (Nahian et al., 2023). En viviendas mal ventiladas, el humo interior puede tener niveles de partículas finas 100 veces más altos de lo aceptable (Gürel et al., 2024). Esta exposición es particularmente alta entre mujeres y niños, que pasan más tiempo cerca del hogar. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, esta contaminación del aire en el hogar fue responsable de aproximadamente 3,2 millones de muertes por año en 2020, incluidas más de 237,000 muertes de niños menores de 5 años localizados en poblaciones marginadas (WHO, 2023). Las partículas en suspensión y otros contaminantes en el aire inflaman las vías respiratorias y los pulmones, afectan la respuesta inmune y reducen la capacidad de transporte de oxígeno de la sangre (Siddiqua et al., 2022). A estas afectaciones en poblaciones domésticas se debe de sumar igualmente los impactos en las familias que trabajan y viven en los tiraderos de basura y cuya actividad de subsistencia se centra en la selección de residuos con valor reciclable. Independientemente del tipo de población, diversos estudios han analizado la afectación de la contaminación del aire por residuos en la salud humana en donde se ha establecido que los efectos a corto plazo son temporales y van desde simple malestar, cefaleas, náuseas, mareos, irritación de los ojos, la nariz, la piel, la garganta, sibilancias, tos y opresión en el pecho, y dificultades para respirar, hasta estados más graves, como el asma, neumonía, bronquitis y hasta el accidente cerebrovascular, la enfermedad cardíaca isquémica, la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) y el cáncer de pulmón (Njoku et al., 2019). Estos padecimientos están estrechamente asociados con la inhalación de contaminantes del aire, no obstante, es necesario señalar que el daño celular está relacionado con el componente del contaminante involucrado, su origen y dosis la cual puede variar significativamente en función de la región geográfica y las condiciones socioeconómicas. De acuerdo con el Índice de Calidad del Aire (ICA) países como Chad, Irak, Bangladesh reportan el aire más contaminado en el mundo con un ICA entre 169-156, en contraste, países Latinoamericanos como México y Brasil reportan ICAs de 70 y 51 respectivamente, los cuales son considerados como moderados (IQAir, 2023). Sin bien el ICA integra diferentes compuestos que no todos derivan de los residuos, si es un indicador que puede brindar un panorama sobre esta contaminación y el posible grado de gravedad en términos de exposición de las poblaciones al aire de la región. Ahora bien, las afectaciones finales a la salud también dependen de condiciones

preexistentes las cuales acrecientan el riesgo. Sin embargo, la exposición al aire contaminado en las inmediaciones de sitios de residuos es significativa. De acuerdo con Njoku et al. (2019) alrededor del 78% de las personas que viven cerca de estos sitios se ven afectadas por la contaminación y reportan problemas de salud incluidos la irritación de los ojos y la gripe. En otros estudios se reportaron múltiples efectos cardiovasculares después de la exposición a los contaminantes del aire en zonas cercanas a tiraderos a cielo abierto de RSU, en donde problemas de hipertensión, de funcionalidad cardíaca, de arteriosclerosis coronaria fueron encontrados y vinculados a la inhalación de contaminantes (Miller, 2022; Zhang et al., 2022; Daiber et al., 2020). En otros estudios se ha analizado la posible vinculación en las complicaciones psicológicas, el autismo, la retinopatía, el crecimiento fetal y el bajo peso al nacer como consecuencia a la exposición a largo plazo de contaminantes en el aire, esto por el estrés oxidativo, agregación de proteínas, inflamación y deterioro mitocondrial en neuronas (Li et al., 2023; Nahian et al., 2023). Finalmente, estas afectaciones han sido igualmente evaluadas en fauna cercana a los sitios de disposición de residuos, por ejemplo, en México se observó inflamación cerebral en perros que vivían en un área altamente contaminada por RSU en un largo período (Calderón-Garcidueñas et al., 2002).

Otra de las afectaciones importante de los RSU en poblaciones tiene que ver con la contaminación de cuerpos de agua. Diferentes estudios han evaluado la calidad del agua subterránea cerca de los sitios de disposición de RSU tanto controlados como no controlados mediante estudios de campo, evaluaciones de impacto ambiental y análisis meteorológicos e hidrogeológicos. Algunos estudios se han concentrado en evaluar la presencia de metales pesados como Plomo (Pb), Mercurio (Hg), Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Níquel (Ni) (Balasooriya et al., 2023), por ejemplo, en 2021 en la región de los Himalayas se encontró que el agua subterránea de la región está fuertemente contaminada por nitrato (PI = 7,5), seguido por nitrito (PI = 3,5) y metales pesados, incluido el arsénico (PI = 4,1) y el cromo hexavalente (PI = 2,8), elementos resultantes de los lixiviados de RSU. Cabe señalar que el grado de contaminación tiene relación con las características ambientales en la región, incluida la alta evaporación, la escasez de precipitaciones y la presencia de permafrost (Zeng et al., 2021), esto es que, si el territorio no cuenta con barreras geológicas naturales y el clima presenta temperaturas elevadas, el riesgo de contaminación se acrecienta. En la región de India derivado de la migración vertical y horizontal de los lixiviados, igualmente se monitoreó una alta presencia de metales pesados como plomo, hierro y manganeso en concentraciones de 0,097, 0,97 y 0,36 mg/L, superando los 10.500 de la normatividad local para agua potable (Chakraborty y Kumar, 2016). Por ejemplo, en Brasil, después de una revisión de 104 sitios diferentes de disposición de RSU se encontró que los parámetros fisicoquímicos de las muestras de aguas superficiales y subterráneas estaban en promedio un 74% y 70% respectivamente por encima de los niveles permisibles para este tipo de metales (Morita et al., 2021).

Otro contaminante importante en los cuerpos de agua por RSU tiene que ver con la presencia de productos químicos tóxicos como pesticidas y herbicidas, productos farmacéuticos, productos químicos industriales, compuestos orgánicos persistentes (COPs), productos de limpieza y detergentes. La presencia de este tipo de materiales igualmente ha sido documentada en diferentes regiones. Por ejemplo, en España se han encontrado concentraciones de nitratos en aguas circundantes a sitios de RSU, que superan los 50 mg/L, lo cual la hace no apta para el consumo humano (MTERD, 2023). En Cuba al muestrear cuerpos de agua cerca de

tres sitios de disposición final se encontró una alta concentración de aceites, grasas, fenoles y detergentes en una medida de 66 a 73 t DBO año⁻¹, lo que igualmente implica un incumplimiento con la normatividad aplicable con riesgo para la salud humana (Espinosa et al., 2010). En Australia se han encontrado también rastros de tensioactivos, es decir mezclas complejas que contienen una variedad de ingredientes, particularmente mejoradores, blanqueadores y aditivos, en cuerpos de agua cercanos a sitios de gestión y manejo de RSU, los cuales se han medido en un 20% por encima de los límites permisibles (Balasooriya et al., 2023). De igual manera, la contaminación del agua se puede dar por la presencia de patógenos. En el sureste asiático un estudio encontró una contaminación importante de aguas subterráneas con *Escherichia coli* (*E. coli*), en donde se determinó que los parámetros hidrogeológicos y las distancias juegan un papel preponderante en la posible aparición de las bacterias, esto al encontrar que, en distancias desde 106 m a 5,46 km en contraste con distancias de 2,4 a 58,7 km desde el sitio de dispersión de los RSU y los acuíferos, la presencia del *E. coli* puede ser hasta 30 veces mayor (Xiang et al., 2019). Otra bacteria documentada es la *Salmonella*, en un estudio conducido en medio oriente, se encontraron restos de *Cryptosporidium* ($1,25 \times 10^{-3}$ por persona), seguido de *Salmonella* y *Campylobacter*, en alimentos agrícolas cuyo riego utilizó fuentes hídricas cercanas a sitios de disposición de RSU, esto demostró un riesgo moderado de infección para criptosporidiosis o gastroenteritis (Sadeghi et al., 2022).

Ahora bien, igual que con la contaminación del aire, esta contaminación acuática conlleva afectaciones directas a la salud en las poblaciones. En primera instancia, se ha documentado que la ingesta de antibióticos presentes en agua contaminada por residuos puede cambiar la composición de la microbiota gastrointestinal e influir en la aparición de bacterias resistentes a los antibióticos (Anand et al., 2021). Esto puede causar infecciones difíciles de tratar, ya que los antibióticos convencionales pueden ser ineficaces contra ellas aumentando así las tasas de mortalidad y morbilidad asociadas con las infecciones, ya que los pacientes pueden enfrentar complicaciones graves debido a la falta de opciones de tratamiento efectivas. Algunas investigaciones han analizado este desequilibrio de la microbiota intestinal humana y su relación con la proliferación de bacterias patógenas que causan diversas enfermedades como el cáncer colorrectal y el desequilibrio intestinal (Vignesh, et al., 2023; Dong et al., 2021). Por otra parte, los metales pesados y las sustancias químicas en el agua han sido ya ampliamente documentadas en sus afectaciones sobre la salud humana. En 1995 en los Estados Unidos se realizó una investigación que correlacionó la aparición de cáncer con tipos y cantidades de carcinógenos (arsénico, asbesto, radón, productos químicos agrícolas y desechos peligrosos) presentes en el agua potable accesible en poblaciones circundantes a sitios de no controlados de gestión y manejo de RSU. Se estimó que posiblemente alrededor de 5.000 casos de cáncer de vejiga y 8.000 casos de cáncer de recto pudieron tener origen en esta contaminación del agua (Morris, 1995). En investigaciones más recientes, se tiene evidencia en Brasil, donde en 2022 se informó sobre la presencia de pesticidas (alacloro, aldrín-dieldrín, atrazina, clordano, DDT-DDD-DDE, diurón, glifosato-AMPA, lindano- γ -HCH, mancozeb-ETU, molinato y trifluralín) en cuerpos de agua de 127 municipios cercanos a sitios de disposición de RSU. En el estudio se determinó una asociación de estos residuos en el agua con el desarrollo de disfunción endocrina, desregulación inmunológica y cáncer (Panis et al., 2022).

Dentro de la contaminación del agua por RSU, igualmente se puede hablar de la liberación de nutrientes (Eutrofización) como Nitrógeno (N),

Fósforo (P) y Potasio. Estos elementos se consideran como contaminantes dado que se ha comprobado que la liberación excesiva de nutrientes puede causar proliferación de algas y eutrofización, lo que puede agotar el oxígeno en el agua y causar daños a los ecosistemas acuáticos (Kahiluoto et al., 2011). La eutrofización desencadena una reacción en cadena en el ecosistema, empezando por una sobreabundancia de algas y plantas las cuales eventualmente se descomponen, produciendo grandes cantidades de dióxido de carbono. Esto reduce el pH del agua de mar, un proceso conocido como acidificación del océano, la cual retarda el crecimiento de peces y mariscos y puede prevenir la formación de conchas en los moluscos bivalvos. Esto conduce a una reducción de las capturas en la pesca comercial y recreativa, lo que significa menores cosechas y productos de mar más caros (NOS, 2024). Además, los niveles elevados de nutrientes y la proliferación de algas también pueden causar problemas en el agua potable en las comunidades cercanas, esto por la liberación de toxinas que contaminan el agua y causan enfermedades a animales y humanos (EPA, 2024). Esta afectación igualmente ha sido ya documentada, por ejemplo, un estudio en el sur de África evaluó seis regiones con diferentes actividades de gestión y manejo de RSU, y se encontró que la incineración no controlada y la digestión anaeróbica son las actividades que mayor abonan a la eutrofización en contraste con la disposición final en rellenos sanitarios controlados y las actividades de recuperación y reciclaje de materiales (Nhubu, et al., 2019). En otro caso, en Finlandia se vincularon los residuos agroalimentarios y las biomásas forestales con la eutrofización entre 14-20% de grado de impacto (Kahiluoto et al., 2011).

Finalmente, otro contaminante en cuerpos de agua por los RSU son los microplásticos. Los microplásticos (MPs) son pequeñas partículas de plástico que tienen un tamaño que va desde unos pocos nanómetros hasta 5 milímetros de diámetro, lo que los hace invisibles a simple vista. Estas partículas pueden ser de origen primario, es decir, fabricadas y utilizadas específicamente en productos como exfoliantes, cosméticos, prendas de vestir, envases de alimentos, entre otros. También pueden ser de origen secundario, resultantes de la descomposición de plásticos más grandes por la acción del sol, el viento, el agua y las actividades humanas. Su presencia ha sido ya reportada en importantes cuerpos de agua como los Grandes Lagos de América del Norte. Según un estudio realizado por Hoffman y Hittinger (2017), una estimación inicial indicó que aproximadamente 9,887 toneladas métricas de desechos plásticos ingresan a los Grandes Lagos anualmente. Otro estudio realizado por Cizdziel (2020) mostró que las concentraciones promedio de MPs dentro del sistema del río Mississippi exhibieron una considerable variabilidad, que oscilaba desde aproximadamente 14 partículas por litro (ppl) en el río Tennessee, y hasta alrededor de 83 ppl en el río Ohio con residuos de poliéster, polietileno, polipropileno y poliácido. Por ejemplo, en México, según algunos estudios (Wessel et al., 2016; Sánchez-Hernández, 2021) los microplásticos más comunes incluyen: polietileno de baja densidad, poliéster, polipropileno, policarbonato, rayón, cloruro de polivinilo, poliácido, poliamida, nailon y tereftalato de polietileno, materiales muy extendidos en diferentes zonas del Golfo de México, con concentraciones que oscilan entre 66 y 253 veces más que lo reportado para mar abierto. En la región del Pacífico, un estudio analizó 70 sedimentos de playas mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) y durante dos temporadas distintas (abril de 2013 y diciembre de 2014) se identificaron microplásticos fibrosos (con un diámetro inferior a 5 mm). La mayor concentración de materiales fibrosos se descubrió en abril de 2013 en playa Rincón Sabroso (48 fibras por 30 gramos de sedimento) y en diciembre de 2014 en playa Cuatunalcó (México) (69 fibras por 30 gramos de sedimento). En general, se

encontraron cantidades significativas de microplásticos en diferentes playas de México provenientes principalmente de actividades relacionadas con el turismo y efluentes vertidos por hoteles y restaurantes situados a lo largo de estas playas (Retama, 2016). Además, Alvarez-Zeferino et al. (2020) investigaron la aparición de microplásticos en el tracto digestivo de seis especies de peces (*Calamus brachysomus*, *Paralabrax maculatofasciatus*, *Eucinostomus dowii*, *Balistes polylepis*, *Achirus mazatlanus* y *Muqil curema*) obtenidos de la Bahía Magdalena en la costa del Pacífico de México. Se aislaron un total de 64 MPs de 87 muestras individuales, siendo *E. dowii* (30 partículas) y *P. maculatofasciatus* (27 partículas) los que exhibieron los recuentos más altos de MPs. Igualmente, en el mar caribe, de acuerdo con un estudio realizado por Aldana et al. (2022), se ha revelado la presencia de microplásticos en las heces de 175 caracoles rosados muestreados.

Con lo anterior, se tiene evidencia para argumentar que las afectaciones ambientales y de salud asociadas con los RSU son graves debido a la amplia gama de contaminantes que pueden contener y a los impactos adversos que pueden tener en los ecosistemas naturales y en las comunidades humanas que los rodean. La gestión adecuada de los residuos sólidos urbanos es crucial para mitigar estos impactos y promover un ambiente más saludable y sostenible.

4.2. AFECTACIONES SOCIALES

Las altas tasas de generación de RSU en paralelo a la construcción de infraestructura precaria y no controlada para la gestión de los mismos puede tener impactos sociales importantes. Sobre todo en países en vías de desarrollo, las instalaciones o sitios para la gestión y manejo de RSU, que van desde estaciones de transferencia, rellenos sanitarios e incineradores hasta tiraderos a cielo abierto sin sistemas de control, son una fuente importante de afectaciones sociales dada su ubicación en las cercanías e inmediaciones de asentamientos poblacionales (Escamilla-García, 2024). En muchas partes del mundo, una proporción considerable de la población vive en áreas cercanas a instalaciones de tratamiento de residuos. Algunas estimaciones sugieren que entre el 50% y el 70% de la población mundial vive a menos de 1 kilómetro de un relleno sanitario o una planta de gestión de residuos (Kaza et al., 2018). En Estados Unidos cerca de un 80% de las plantas de incineración se ubican en comunidades marginales (Li, 2019). Anteriormente se ha discutido y analizado las consecuencias adversas para el medio ambiente y la salud de los residentes, sin embargo, aspectos sociales como la marginación e estigmatización, la calidad de vida, la seguridad alimentaria, el impacto visual entre otros, son factores sociales que igualmente se deben de discutir. Estas afectaciones han tenido ya un lugar importante en la literatura al analizarse desde diferentes perspectivas. En 2023 se analizaron más de 220 artículos científicos que estudiaban el deterioro de la calidad de vida en torno a la gestión de los RSU en donde se encontró que en más del 80% de los estudios había una correlación positiva moderada y significativa entre los indicadores de gestión integral de residuos sólidos y aspectos vinculados a la calidad de vida (Benavides et al., 2023). En la región de Indochina un estudio que analizó a 801 sujetos que vivían cerca de un sitio de disposición final encontró que solo el 22.6% podrían clasificarse con buena calidad de vida de acuerdo con la escala de la Organización Mundial de la Salud, particularmente se evidenció que solo el 6.9% tenía buena salud psicológica (Phan et al., 2021). En otro estudio se enfatizó que la calidad de vida de las personas que viven en un radio de 2km de la instalación de manejo de RSU presentaban un estado de salud deficiente al presentar enfermedades dermatológicas y trastornos digestivos con mayor frecuencia que los personas que vivían más lejos del sitio (EPA, 2023). En China se encontró que las personas que viven cerca de los sitios

de disposición final presentan menor desarrollo académico, ya que el 95% no cuenta con educación secundaria (Lee et al., 2006). A estos aspectos previamente mencionados sobre la calidad de vida en factores como la salud y la educación se vincula los servicios inconsistentes de gestión y manejo de RSU, lo que obliga a los residentes a utilizar métodos de eliminación inseguros, como la incineración o el vertido no regulado. El problema poco a poco se acrecienta en las poblaciones lo que genera una marginación en donde consecuentemente la prestación de servicios públicos es escasa, creando así un círculo vicioso. Los grados de marginación varían en función de las condiciones socioeconómicas, no obstante, se identifica una marginación política, espacial y económica. Un estudio en República Dominicana delimitó que, en poblaciones que viven en las cercanías de sitios de gestión de RSU, existe una marginación a nivel individual, interpersonal, comunitaria e institucional, y en donde se encontró que los habitantes de la comunidad se sentían mal preparados para generar cambios a nivel individual ya que no existía ningún apoyo institucional (Sasman et al., 2021).

Ahora bien, se han mencionado las afectaciones a la calidad de vida de las poblaciones cercanas a las instalaciones de manejo de RSU, no obstante, otro grupo vulnerable son los trabajadores directos en los sistemas de gestión de residuos. Estos grupos pueden ir desde los trabajadores formales en sistemas correctamente gestionados, hasta trabajadores sin ningún esquema de protección laboral y condiciones peligrosas de trabajo. Si bien las afectaciones en calidad de vida en el primer grupo pueden ser mínimas, si se han reportado afectaciones a condiciones físicas que impactan en su bienestar. Por ejemplo, en Hamburgo de una muestra de 65 recolectores de residuos se encontró que el 67.2% presentan problemas musculoesqueléticos y el 95% manifestaba dolor de espalda moderado y severo, esto por las condiciones y actividades cotidianas del trabajo, esto demuestra que la ergonomía se ve comprometida afectando su calidad de vida (Garrido et al., 2015). Sin embargo, el grupo realmente de interés tiene que ver con el sector informal de recolectores de basura en sitios de disposición final. Este grupo es identificado con diferentes nombres de acuerdo con la región geográfica. En México y Perú se utiliza el término "pepenadores", en Argentina se les conoce como "cartoneros" o "cirujas", en Colombia son los "recicladores" o "guaraches", en Chile se les conoce como "buchones" o "chatarreros", en Brasil se les conoce como "catadores de lixo", mientras que en Francia les llama "glaneurs", y en países de habla inglesa se les identifica como "pickers" o "scavengers". Independiente de su denominación coloquial, este grupo social se caracteriza por un alto grado de marginación y vulnerabilidad ya que trabajan en condiciones laborales precarias, sin seguridad social, beneficios laborales o protección legal. Su trabajo los expone a diversos riesgos para la salud, como la inhalación de gases tóxicos, la exposición a productos químicos nocivos, enfermedades transmitidas por roedores y lesiones físicas causadas por la manipulación de objetos afilados o peligrosos. Estos grupos suelen ser estigmatizados y marginados socialmente debido a la naturaleza de su trabajo y su condición socioeconómica. Muchas personas los perciben como personas de bajos recursos, sucias o socialmente inferiores, lo que puede contribuir a su exclusión y discriminación en la sociedad (Fidelis et al., 2020). Muchos pepenadores viven en asentamientos informales o áreas marginales donde carecen de acceso adecuado a servicios básicos como agua potable, saneamiento, educación y vivienda digna, además de que su trabajo informal y la naturaleza fluctuante del mercado de materiales reciclables pueden generar inestabilidad económica y falta de ingresos consistentes para ellos y sus familias (Gómez-Maldonado et al., 2023). Esto los hace un grupo más susceptibles a la explotación laboral y pueden ser objeto de

abusos por parte de intermediarios o empleadores que se benefician de su trabajo sin proporcionar condiciones laborales justas o adecuadas. Todos estos aspectos anteriormente referidos, se han analizado a profundidad desde una perspectiva socioeconómica en donde se ha resaltado la marginación y la precaria calidad de vida como elementos centrales. Por ejemplo, en el aspecto del ingreso económico, un estudio en Indonesia que analizó 78 hogares de recolectores encontró que el ingreso familiar mensual promedio es de 197 dólares americanos, colocándolo por debajo del de todas las industrias y ocupaciones en los sectores formales e informales en ese país (Sasaki et al., 2022). En México de acuerdo con datos del Gobierno Federal, los pepenadores tienen un ingreso promedio mensual de 212 dólares americanos (GM, 2023), muy por encima del promedio de ingreso de los cartoneros argentinos que reportan un promedio de 48 dólares al mes (Lanata, 2023), en India se ha informado de un ingreso mensual promedio de 108 dólares (IAWP, 2021) mientras que en China el promedio oscila en 279 dólares (Li, et al., 2024). Estos niveles de ingreso se localizan en niveles de pobreza moderada. No obstante, estas cifras corresponden a recolectores con experiencia y con un cierto grado de control sobre el mercado informal de reciclaje, lo que implica que existan otros grupos de recolectores informales con un ingreso mucho menor y que se encuentran por debajo de la línea de pobreza extrema.

La solución a estas afectaciones socioeconómicas de los RSU en las poblaciones, particularmente entre los grupos de recolectores informales, ha sido abordada bajo diferentes enfoques. Se tiene registro por ejemplo desde 1993 en India donde se formó el primer sindicato de recolectores informales, el cual en 2005 logró alianzas estratégicas con corporaciones locales para lanzar un programa piloto que incorporó al sector informal al sistema formal de gestión de RSU mejorando así las condiciones laborales y los ingresos (Ahuja, 2023). Lo anterior demuestra que para abordar estas afectaciones es fundamental la creación de alianzas en los sistemas de gestión de residuos ya que estos pueden impactar positivamente la calidad de vida al mejorar la prestación efectiva de este servicio básico urbano integrando a los sectores marginados de recolectores informales, similar al caso indio, en Manila, Filipinas y en Lima, Perú, se han desarrollado alianzas entre autoridades locales, ONGs u OBCs y se ha logrado gestionar el comercio informal para que así las empresas de reciclaje contribuyan más a la viabilidad financiera, el empleo y a tener barrios urbanos más limpios (Baud et al., 2001). En Filipinas por ejemplo se creó un modelo donde los trabajadores informales de residuos se integraron al sistema oficial de gestión de RSU y se les otorgó derecho a voto en la junta municipal de gestión de residuos, esto aumentó del 12% en 2012 al 76% en 2017 la eficiencia de recolección de RSU y mejoró significativamente las condiciones socioeconómicas de los recolectores (GAIA, 2021). Otro ejemplo se tiene en Mozambique en donde en 2014, una alianza entre una empresa local de tecnología, el banco mundial y gobiernos locales, desarrollaron un sistema de inclusión de los recolectores informales al desarrollar plataformas de comunicación gratuita en las cuales los recolectores funcionan como los monitores y notificadores sobre problemas de recolección de residuos, incluidas recolecciones perdidas y contenedores de residuos desbordados, lo cual hizo más eficiente el sistema de recolección de RSU (UNESCO, 2018). Otro caso en India, la jurisdicción de Paradeep ha evidenciado un modelo exitoso de integración de grupos marginados en la gestión de residuos. En este modelo integra mujeres y grupos transgénero en donde previa capacitación, participan activamente en la recolección, transporte y manipulación de residuos puerta a puerta proporcionándoles así un flujo de ingresos estable para mejorar sus medios de vida (NITI Aayog 2021). Finalmente, en China se encontró que la integración de los recolectores para

la clasificación secundaria de RSU puede reducir el costo de gestión de residuos por tonelada hasta en un 20% lo que reeditaría en ahorros cercanos a los 58.7 millones de dólares anuales, dejando un amplio margen para el establecimiento de regímenes salariales justos y la formalización del sector (Li et al., 2024).

Con lo anterior se presenta un panorama, en donde si bien como se estableció en el inicio de la discusión la prevalencia de los sitios de gestión de RSU en comunidades marginales acrecienta la precarización de las condiciones de vida, particularmente de los grupos sociales informales dedicados a la recolección y separación; existen estrategias que pueden abordar estas afectaciones sociales para generar modelos de desarrollo y mejorar así las condiciones de vida de las poblaciones asociadas con los RSU. Estas afectaciones sociales de los RSU deben ser analizadas con un enfoque interdisciplinario y no solo desde una perspectiva técnica que si pudiera aplicarse a las afectaciones ambientales. Esto debido a que la modernización de la infraestructura para mitigar el impacto ambiental de la gestión de los residuos conlleva en consecuencia el cierre de los sistemas de gestión obsoletos y precarios, sin embargo, esto amenaza los medios de vida de los grupos sociales ya ampliamente descritos. En cualquier iniciativa para la mejora de los sistemas de gestión se debe integrar la perspectiva de sustentabilidad para no solo abordar el aspecto económico y ambiental solo también incorporar políticas sociales inclusivas. Existen fracasos importantes en la modernización de sistemas de manejo de RSU por no integrar adecuadamente a los grupos sociales. Por ejemplo, en Managua, Nicaragua, un proyecto de cierre de un tiradero de basura desplazó a cerca de 200 familias, lo que abonó aún más al empobrecimiento persistente de la comunidad (Hartmann, 2018). Ante estos casos, los grupos marginados deben de observarse como capital humano en potencia que necesita ser identificado, organizado, capacitado y valorado para su integración a diferentes niveles de interacción y así las acciones de gestión de RSU tengan mayor impacto positivo ambiental, pero igualmente generen una mejora de la calidad de vida de las personas.

5. CONCLUSIONES

La generación excesiva de los RSU es una problemática que continuará en aumento sobre todo en países en vías de desarrollo. A nivel mundial se estima que para el 2050 las tasas de generación aumenten casi a un doble del nivel actual. Por consiguiente, es imperativo el establecimiento de modelos sustentables para el tratamiento de los RSU que no solo conduzcan a una reducción, sino que aprovechen el potencial energético. En este documento se analizaron las tendencias mundiales sobre los residuos y se hizo un particular énfasis en la revisión de las principales afectaciones en las poblaciones que tienen los residuos, desde un impacto ambiental, hasta las consecuencias en la salud humana y las condiciones sociales de las poblaciones y personas vinculadas directa e indirectamente con la gestión de los RSU. En conclusión, esta revisión revela la urgente necesidad de abordar este problema de manera integral y sostenible. La proliferación de RSU a nivel global plantea desafíos significativos para la salud pública, el medio ambiente y el bienestar socioeconómico de las poblaciones. Desde la contaminación del aire y del agua hasta los impactos negativos en la biodiversidad y el cambio climático, las afectaciones derivadas de los RSU son diversas y profundas. Es evidente que la gestión inadecuada de los RSU agrava estos problemas, exacerbando la carga sobre los sistemas de salud, aumentando la vulnerabilidad de las comunidades más marginadas y contribuyendo a la degradación ambiental a largo plazo. Por lo tanto, es

imperativo que los gobiernos, las industrias y la sociedad en su conjunto adopten enfoques más efectivos para reducir, reciclar y gestionar de manera responsable los RSU. Se requiere una acción concertada a nivel local, nacional e internacional para implementar políticas y programas que fomenten la reducción en la fuente, la separación en origen, la promoción de la economía circular y la inversión en tecnologías innovadoras de tratamiento de residuos. Además, es crucial mejorar la conciencia pública sobre la importancia de reducir el consumo excesivo, reutilizar productos y fomentar prácticas de disposición final adecuadas. En última instancia, abordar el desafío de los RSU no solo beneficiará la salud humana y el medio ambiente, sino que también contribuirá al desarrollo sostenible y a la construcción de sociedades más resilientes y equitativas para las generaciones futuras. Es hora de actuar con determinación y compromiso para enfrentar este problema global con la seriedad y la urgencia que merece.

6. REFERENCIAS

- Ahuja, A. (2023, Marzo 4) How A Cooperative Owned By Garbage Pickers Is Solving Waste Management Crisis In Pune. NDTV. <https://shorturl.at/qUbyn>
- Aldana, D., Oxenford, H., Medina, J., Delgado, G., Enríquez, M., Samano, C., Castillo, V., Bardet, M., Mouret, E. and Bouchon, C. (2022) Widespread microplastic pollution across the Caribbean Sea confirmed using queen conch. *Marine Pollution Bulletin*, 178, 113582. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113582>
- Alvarez-Zeferino, J.C., Ojeda, S., Cruz, A., Martínez, C. y Vázquez, A. (2020) Microplastics in Mexican beaches. *Resources, Conservation and Recycling* 155, 104633. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104633>
- Anand, U., Reddy, B., Singh, V., Singh, A., Kesari, K., Tripathi, P., Kumar, P., Tripathi, V., y Simal-Gandara, J. (2021) Potential Environmental and Human Health Risks Caused by Antibiotic-Resistant Bacteria (ARB), Antibiotic Resistance Genes (ARGs) and Emerging Contaminants (ECs) from Municipal Solid Waste (MSW) Landfill. *Antibiotics*, 10(4), 374. <https://doi.org/10.3390/antibiotics10040374>
- Balasoorya, B., Rajapakse, J. y Gallage, C. (2023) A review of drinking water quality issues in remote and indigenous communities in rich nations with special emphasis on Australia. *Science of The Total Environment*, 903, 166559. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166559>
- Banco Mundial (2021) Bridging the Gap in Solid Waste Management, Governance Requirements for Results. Recuperado de: <https://shorturl.at/zXIGL> (Fecha de acceso: 5-06-2024).
- Baud, I., Grafakos, S., Hordijk, M. y Post, J. (2001) Quality of Life and Alliances in Solid Waste Management: Contributions to Urban Sustainable Development. *Cities*, 18(1), 3-12. [https://doi.org/10.1016/S0264-2751\(00\)00049-4](https://doi.org/10.1016/S0264-2751(00)00049-4)
- Bees, A., y Williams, I. (2017) Explaining the differences in household food waste collection and treatment provisions between local authorities in England and Wales. *Waste Management*, 70, 222-235. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.09.004>
- Benavides, K., Vasquez, M., Barrientos, L. y Cusihuallpa, Y. (2024) Solid waste management associated with quality of life. *European Chemical Bulletin*, 12(S3),5218-5232. <https://doi.org/10.31838/ecb/2023.12.s3.590>

- Calderón-Garcidueñas, L., Azzarelli, B., Acuna, H., Garcia, R., Gambling, T., Osnaya, N., Monroy, S., Tizapantzi, M., Carson, J., Villarreal-Calderon, A. y Rewcastle, B. (2002) Air pollution and brain damage. *Toxicologic Pathology*, 30(3), 373-389. <https://doi.org/10.1080/01926230252929954>
- Chakraborty, S. y Kumar, R. (2016) Assessment of groundwater quality at a MSW landfill site using standard and AHP based water quality index: a case study from Ranchi, Jharkhand, India. *Environmental Monitoring and Assessment*, 188, 335. <https://doi.org/10.1007/s10661-016-5336-x>
- Cizdziel, J. (2020) Microplastics in the Mississippi River and Mississippi Sound. Mississippi Water Resources Research Institute. Retrieved from: <https://www.wrri.msstate.edu/pdf/Cizdziel-final-2020.pdf> (Fecha de acceso: 8-02-2024).
- Daiber, A., Kuntic, M., Hahad, O., Delogu, L., Rohrbach, S., Lisa, F., Schulz, R. y Münzel, T. (2020) Effects of air pollution particles (ultrafine and fine particulate matter) on mitochondrial function and oxidative stress – Implications for cardiovascular and neurodegenerative diseases. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 696, 108662. <https://doi.org/10.1016/j.abb.2020.108662>
- Danthurebandara, M., Passel, S., Nelen, D., Tielemans, Y. y Acker, K. (2013, Noviembre) Environmental and socio-economic impacts of landfills. Ponencia presentada en Linnaeus Eco-Tech, Kalmar, Suecia.
- Dong, P., Guo, H., Wang, Y., Wang, R., Chen, H., Zhao, Y., Wang, K. y Zhang, D. (2021) Gastrointestinal microbiota imbalance is triggered by the enrichment of *Vibrio* in subadult *Litopenaeus vannamei* with acute hepatopancreatic necrosis disease. *Aquaculture*, 533, 736199. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.736199>
- EEA (2019) Eficiencia en el uso de los recursos y residuos. Recuperado de: <https://www.eea.europa.eu/es/themes/waste/intro> (Fecha de acceso: 6-06-2024).
- EEA (2023) Impacts of air pollution on ecosystems. European Environment Agency. Recuperado de: <https://shorturl.at/MqllJ> (Fecha de acceso: 5-03-2024).
- EPA (2021) Environmental Protection Agency. Best Practices for Solid Waste Management: A Guide for Decision-Makers in Developing Countries. Recuperado de: <https://shorturl.at/N3F7K> (Fecha de acceso: 5-06-2024).
- EPA (2023) Best Practices for Solid Waste Management A Guide for Decision-Makers in Developing Countries. Equity in Solid Waste Management. Recuperado de: https://www.epa.gov/system/files/documents/2023-07/SWM_Equity-Final.pdf (Fecha de acceso: 04-03-2024).
- EPA (2024) The Effects: Dead Zones and Harmful Algal Blooms. United States Environmental Protection Agency. Recuperado de: <https://shorturl.at/mRv2L> (Fecha de acceso: 02-03-2024).
- Escamilla-García, P.E. (2024) Landfills in Developing Economies: Drivers, Challenges, and Sustainable Solutions. En Anouzla, A. y Souabi, S. (eds) *Technical Landfills and Waste Management*. Springer Water. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-52633-6_6
- Espinosa, M., López, M., Pellón, A., Robert, M., Díaz, S., González, A., Rodríguez, N. y Fernández, A. (2010) Análisis del comportamiento de los lixiviados generados en un vertedero de residuos sólidos municipales de la ciudad de la Habana. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 26(4), 313-325.
- Fernando, R. (2019) Solid waste management of local governments in the Western Province of Sri Lanka: An implementation analysis. *Waste Management*, 84, 194-203. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.11.030>

- Ferronato, N. y Torretta, V. (2019) Waste Mismanagement in Developing Countries: A Review of Global Issues. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 16(6), 1060. <https://doi.org/10.3390/ijerph16061060>
- Fidelis, R., Ferreira, A., Antunes, L. y Komatsu, A. (2020) Socio-productive inclusion of scavengers in municipal solid waste management in Brazil: Practices, paradigms and future prospects. *Resources, Conservation and Recycling*, 154, 04594. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104594>
- Garrido, M., Bittner, C., Harth, V. y Preisser, A. (2015) Health status and health-related quality of life of municipal waste collection workers – a cross-sectional survey. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*, 10(22), 1-7. <https://doi.org/10.1186/s12995-015-0065-6>
- GAIA (2023) picking up the baton: Political Will Key to Zero Waste. Global Alliance for Incinerator Alternatives. Recuperado de: <https://rb.gy/acwiOk> (Fecha de acceso: 08-03-2024).
- GM (2023) Recolectores de Basura y Material Reciclable. Gobierno de México. Recuperado de: <https://rb.gy/i4lxgt> (Fecha de acceso: 08-03-2024).
- Gómez-Maldonado, A., Espita, L., Lesmes, P. y Rodriguez, M. (2023) Barriers and opportunities for waste pickers within solid waste management policy in Colombia. *Waste Management*, 163, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2023.03.020>
- Guedes, F., Tamashiro, J., Pereira L., and Kinoshita, A. (2021) Utilization of inorganic solid wastes in cementitious materials – A systematic literature review. *Construction and Building Materials*, 285, 822-833. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.122833>
- Guerrero, L., Maas, G., and Hogland, W. (2013) Solid waste management challenges for cities in developing countries. *Waste Management*, 33, 220-232. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.09.008>
- Gürel, N., Kurtuluş, K., Yurdakul, s., Dolgun, G., Akman, R., Önür, M., Varol, M., Keçebaş, A. y Gürbüz, H., (2024) Combustion of chicken manure and Turkish lignite mixtures in a circulating fluidized bed. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 189,(Part A), 113960. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113960>
- Hartmann, C. (2018) Waste picker livelihoods and inclusive neoliberal municipal solid waste management policies: The case of the La Chureca garbage dump site in Managua, Nicaragua. *Waste Management*, 71, 565-577. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.10.008>
- He, R., Sandoval-Reyes, M., Scott, I., Semeano, R., Ferrao, P., Matthews, S. y Small, M. (2022) Global knowledge base for municipal solid waste management: Framework development and application in waste generation prediction. *Journal of Cleaner Production* 377, 134501. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134501>
- Hoffman, M. y Hittinger, E. (2017) Inventory and transport of plastic debris in the Laurentian Great Lakes Author links open overlay panel. *Marine Pollution Bulletin* 115(1–2), 273-281. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.11.061>
- IAWP (2021) City Report: Interview with a local Waste Picker. International Alliance of Waste Pickers. Recuperado de: <https://t.ly/5cQEs> (Fecha de acceso: 02-04-2024).
- IEA (2022) CO2 Emissions in 2022. Recuperado de: <https://www.iea.org/reports/co2-emissions-in-2022> (Fecha de acceso: 5-06-2024).
- IPCC (2023) Climate Change 2023, Synthesis Report, Summary for Policymakers. Recuperado de: https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SP_M.pdf (Fecha de acceso: 5-06-2024).

- IQAir (2024) Air quality index (AQI) and PM2.5 air pollution in the world. Recuperado de: <https://www.iqair.com/world-air-quality> (Fecha de acceso: 06-03-2024).
- Kahiluoto, H., Kuisma, M., Havukainen, J., Luoranen, M., Karttunen, P., Lehtonen, E. y Horttanainen, M. (2011) Potential of agrifood wastes in mitigation of climate change and eutrophication – Two case regions. *Biomass and Bioenergy*, 35(5), 1983-1994. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.01.058>
- Karmakar, A., Daftari, T., Sivagami, K., Chandan, M., Shaik, A., Kiran, B. y Chakraborty, S. (2023) A comprehensive insight into Waste to Energy conversion strategies in India and its associated air pollution hazard. *Environmental Technology & Innovation*, 29, 103017. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2023.103017>
- Kattel, G.R. (2017) Climate warming in the Himalayas threatens biodiversity, ecosystem functioning and ecosystem services in the 21st century: is there a better solution?. *Biodiversity Conservation*, 31, 2017–2044. <https://doi.org/10.1007/s10531-022-02417-6>
- Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., and Van, F. (2018) What a Waste 2.0 “A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. Banco Mundial.
- Kumar, A. y Agrawal, A. (2020) Recent trends in solid waste management status, challenges, and potential for the future Indian cities – A review. *Current Research in Environmental Sustainability*, 2, 100011. <https://doi.org/10.1016/j.crsust.2020.100011>
- Lanata, J. (2023, Julio 5) Jorge Lanata, sobre las 200 mil personas que viven siendo “cartoneros”: “La pobreza por todos lados”. Mitre. <https://radiomitre.cienradios.com/nuestro-aire/lanata-sin-filtro/jorge-lanata-sobre-las-200-mil-personas-que-viven-siendo-cartoneros-la-pobreza-por-todos-lados/#:~:text=%E2%80%9C%20Los%20cartoneros%20est%C3%A1n%20aburando%20por,el%20periodista%20por%20Radio%20Mitre.>
- Lee, M., Choi, J., Kim, I., Cho, Y., Kim, Y., Jung, H., Kim, L., Lee, Y. y Cho, Y. (2016) Does living nearby a garbage dumping site degrade the quality of life? A case study based on Shin-dong Myeon residents, Chun-cheon Si. *Journal of Preventive Medicine and Public Health*, 39(4), 302-308.
- Li, G., Wang, W. y You, X. (2024) Social-economic assessment of integrated waste pickers in municipal solid waste management system: A case of Tianjin in China. *Journal of Cleaner Production*, 434, 140302. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.140302>
- Li, R. (2019, Mayo 23) Nearly 80% of US incinerators located in marginalized communities, report reveals. WasteDive. <https://www.wastedive.com/news/majority-of-us-incinerators-located-in-marginalized-communities-report-r/555375/>
- Li, Y., Xie, T., Melo, R., Vries, M., Lakerveld, J., Zijlema, W. y Hartman, C. (2023) Longitudinal effects of environmental noise and air pollution exposure on autism spectrum disorder and attention-deficit/hyperactivity disorder during adolescence and early adulthood: The TRAILS study. *Environmental Research*, 227, 115704. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.115704>
- Marshall, R., and Farahbakhsh, K. (2013), Systems approaches to integrated solid waste management in developing countries. *Waste Management*, 33, 988-1003. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.12.023>
- Medina, L., Castillo, E. y Romero, R. (2013) Physical and Chemical Characteristics of Municipal Solid Waste in a Rural Locality Study Case: Cosautlán De Carvajal, Veracruz, Mexico. *International Journal of Business, Humanities and Technology* 3(8), 117-122.

- Miller, M. (2022) The cardiovascular effects of air pollution: Prevention and reversal by pharmacological agents. *Pharmacology & Therapeutics*, 232, 107996. <https://doi.org/10.1016/j.pharmthera.2021.107996>
- Morita, A., Ibelli-Bianco, C., Anache, J., Coutinho, J., Pelinson, N., Nobrega, J., Rosalem, L., Leite, C., Niviadonski, L., Manastella, C. y Wendland, E. (2021) Pollution threat to water and soil quality by dumpsites and non-sanitary landfills in Brazil: A review. *Waste Management*, 131, 163-176. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.06.004>
- Morris, R. (1995) Drinking water and cancer. *Environmental Health Perspectives*, 103(8), 225 – 231. <https://doi.org/10.1289/ehp.95103s8225>
- MTERD (2023) Impacto de los nitratos y pesticidas en el uso y calidad de las aguas. Ministerio para la Transformación Ecológica y el Reto Demográfico. Recuperado de: <https://t.ly/sUsUL> (Fecha de acceso: 03-03-2024).
- Nahian, M., Ahmad, T., Jahan, I., Chakraborty, N., Nahar, Q. y Streatfield, P. (2023) Air pollution and pregnancy outcomes in Dhaka, Bangladesh. *The Journal of Climate Change and Health*, 9, 100187. <https://doi.org/10.1016/j.joclim.2022.100187>
- Nhubu, T., Mbohwa, C. y Muzenda, E. (2019) Eutrophication impact potential of solid waste management options in Harare. En Vilarinho, C., Castro, F., Gonçalves, M. y Fernando, A. (Eds.) *Wastes: Solutions, Treatments and Opportunities III* (pp. 1-7). Taylor & Francis.
- NITI Aayog (2021) WASTE-WISE CITIES Best practices in municipal solid waste management. Recuperado de: <https://www.niti.gov.in/sites/default/files/2021-12/Waste-Wise-Cities.pdf> (Fecha de acceso: 08-03-2024).
- Njoku, P., Edokpayi, J. y Odiyo, J. (2019) Health and Environmental Risks of Residents Living Close to a Landfill: A Case Study of Thohoyandou Landfill, Limpopo Province, South Africa. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 16(12), 2125. <https://doi.org/10.3390/ijerph16122125>
- NOS (2024) What is eutrophication? National Ocean Service. Recuperado de: <https://t.ly/IWzkm> (Fecha de acceso: 03-03-2024).
- OCDE (2015) Municipal waste: Environmental trends. https://www.oecd-ilibrary.org/municipal-waste_5jrs2dxn2lg6.pdf (Fecha de acceso: 5-06-2024).
- ONU (2022) The Closing Window Climate crisis calls for rapid transformation of societies. Recuperado de: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/40874/EGR2022_2.pdf (Fecha de acceso: 5-06-2024).
- ONU (2023) Environment at a glance indicators: Circular economy - waste and materials. Recuperado de: <https://t.ly/99Rhp> (Fecha de acceso: 5-06-2024).
- Panis, C., Candiotta, L., Gaboardi, S., Gurzenda, S., Cruz, J., Castro, M. y Lemos, B. (2022) Widespread pesticide contamination of drinking water and impact on cancer risk in Brazil. *Environment International* 165, 107321. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107321>
- Phan, J., Nguyen, G., Nguyen, Q., Nguyen, H., Nguyen, T. y Watanabe, T. (2021) Quality of Life and Factors Affecting It: A Study Among People Living Near a Solid Waste Management Facility. *Front. Public Health*, 9, 720006. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2021.720006>
- Pillai, J., y Riverol., C. (2018) Estimation of gas emission and derived electrical power generation from landfills. Trinidad and Tobago as study case. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 29, 139-146. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2018.08.004>
- Retama, I., Jonathan, M.P., Shruti, V., Velumani, S., Sarkar, S., Roy, P. and Rodríguez, P. (2016) Microplastics in tourist beaches of Huatulco Bay,

- Pacific coast of southern Mexico. *Marine Pollution Bulletin*, 113(1–2), 530-535. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.08.053>
- Saravanan, A., Kumar, P., Nhung, T., Ramesh, B., Srinivasan, S. y Rangasamy, G. (2022) A review on biological methodologies in municipal solid waste management and landfilling: Resource and energy recovery. *Chemosphere* 309, Part 1, 136630. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.136630>
- Sadeghi, S., Nikaeeen, M., Mohammadi, F., Nafez, A., Gholipour, S., Shamsizadeh, Z. y Hadi, M. Microbial characteristics of municipal solid waste compost: Occupational and public health risks from surface applied compost. *Waste Management*, 144, 98-105. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2022.03.012>
- Sánchez-Hernández, L.J., Ramírez-Romero, P., Rodríguez-González, F., Ramos-Sánchez, V., Márques, R., Romero-Paredes, H., Sujitha, S. and Jonathan, M. (2021) Seasonal evidences of microplastics in environmental matrices of a tourist dominated urban estuary in Gulf of Mexico, Mexico. *Chemosphere* 277, 130261. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130261>
- Sasaki, S., Choi, Y. y Watanabe, K. (2022) Economic status of waste pickers in Bantar Gebang compared to other workers in Indonesia. *Habitat International*, 119, 102501. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2021.102501>
- Sasman, M., Dolan, C., Villegas, D., Eyob, E. y Barrett, C. (2021) The Influence of Marginalization on Cultural Attitudes and Trash Disposal Practices in Esfuerzo de Paraíso of the Dominican Republic: A Qualitative Interview Study. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 18(6), 2872. <https://doi.org/10.3390/ijerph18062872>
- Schwansé, E. (2014) La basura: un reto y una oportunidad para la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. *Inter Disciplina*, 2(2), 1-15.
- Sharma, G., Annadate, S., y Sinha, B. (2022) Will open waste burning become India's largest air pollution source? *Environmental Pollution*, 292(Part A), 118310. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118310>
- Shi, X. y Zhang, M. (2023) Waste import and air pollution: Evidence from China's waste import ban. *Journal of Environmental Economics and Management*, 120, 102837. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2023.102837>
- Siddiqua, A., Hahladakis, J. y Al-Attiya, W. (2022) An overview of the environmental pollution and health effects associated with waste landfilling and open dumping. *Environmental Science and Pollution Research*, 29, 58514-58536. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-21578-z>
- UNESCO (2018) Mopa: Case study by UNESCO-Pearson Initiative for Literacy. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Recuperado de: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261736> (Fecha de acceso: 06-03-2024).
- Vignesh, A., Amal, T., Selvakumar, S. y Vasanth. K. (2023) Unraveling the role of medicinal plants and Gut microbiota in colon cancer: Towards microbiota- based strategies for prevention and treatment. *Health Sciences Review*, 9, 100115. <https://doi.org/10.1016/j.hsr.2023.100115>
- Wessel, C., Lockridge, G., Battiste, D. and Cebrian, J. (2016) Abundance and characteristics of microplastics in beach sediments: Insights into microplastic accumulation in northern Gulf of Mexico estuaries. *Marine Pollution Bulletin*, 109(1), 178-183. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.06.002>
- WHO (2021) Compendium of WHO and other UN guidance on health and environment. Chapter 4. Solid waste. Recuperado de: <https://rb.gy/pj8e5b> (Fecha de acceso: 5-06-2024).
- WHO (2023) Household air pollution. Recuperado de: <https://rb.gy/1xkw6y> (Fecha de acceso: 05-03-2024).

- Xiang, R., Xu, Y., Liu, Y., Lei, G., Liu, J. y Huang Q. (2019) Isolation distance between municipal solid waste landfills and drinking water wells for bacteria attenuation and safe drinking. *Scientific Reports*, 9, 17881. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-54506-2>
- Xu, Y., Xue, X., Dong, L., Nai, Y., Liu, Y., and Huang, Q. (2018) Long-term dynamics of leachate production, leakage from hazardous waste landfill sites and the impact on groundwater quality and human health. *Waste Management*, 82, 156-166. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.10.009>
- Yang, R., Xu, Z. y Chai, J. (2018) A Review of Characteristics of Landfilled Municipal Solid Waste in Several Countries: Physical Composition, Unit Weight, and Permeability Coefficient. *Polish Journal of Environmental Studies* 27(6), 2425-2435. <https://doi.org/10.15244/pjoes/81089>
- Zhang, Q., Du, X., Li, H., Jiang, Y., Zhu, X., Zhang, Y., Niu, Y., Liu, C., Ji, J., Chillrud, S., Cai, J., Chen, R. y Kan, H. (2022) Cardiovascular effects of traffic-related air pollution: A multi-omics analysis from a randomized, crossover trial. *Journal of Hazardous Materials*, 435, 129031. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.129031>
- Zeng, D., Chen, G., Zhou, P., Xu, H., Qiong, A., Duo, B., Lu, X., Wang, Z. y Han, Z. (2021) Factors influencing groundwater contamination near municipal solid waste landfill sites in the Qinghai-Tibetan plateau. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 111913. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.111913>
- Zhang, Z., Chen, Z., Zhang, J., Liu, Y., Chen, L., Yang, M., Osman, A., Farghali, M., Liu, E., Hassan, D., Ihara, I., Lu, K., Rooney, D. y Yap, P. (2024) Municipal solid waste management challenges in developing regions: A comprehensive review and future perspectives for Asia and Africa. *Science of The Total Environment* 930, 172794. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.172794>