



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“REVISIÓN GLOBAL DEL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS”

Trabajo de Investigación para optar el grado de:
BACHILLER EN INGENIERÍA AMBIENTAL

Presentado por:

Milagros Marisol Montes Matos

Asesor:

Alberto Huiman Cruz

Lima – Perú

2019



RESOLUCIÓN DIRECTORAL ACADÉMICA DE CARRERA N°162-2019-DACIA-DAFCA-CIENTIFICA

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES / CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

Lima 11 de noviembre de 2019

VISTO:

La revisión realizada y la aprobación de Trabajo de Investigación titulado: **Revisión Global del Manejo de Residuos Sólidos Urbanos**, presentado por:

- **Milagros Marisol Montes Matos**

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo al Reglamento General de la Universidad Científica del Sur y los reglamentos de pregrado para obtener el grado de Bachiller en **Ingeniería Ambiental** en la **Facultad de Ciencias Ambientales**, se debe desarrollar un trabajo de investigación.

Que, de acuerdo a la normativa vigente de la Universidad Científica del Sur, en uso de las atribuciones conferidas al Director Académico de Carrera.

SE RESUELVE:

Aprobar e inscribir el trabajo de investigación titulado: **Revisión Global del Manejo de Residuos Sólidos Urbanos** con N° de registro de la carrera: **023-FCA-IAM**.

Nombrar al docente/colaborador **Armando Vélez Azañero** como asesor de dicho trabajo de investigación.

Regístrese, comuníquese y archívese,


Mg. Gonzalo Francisco Flores Roca
Director Académico de Carrera
Ingeniería Ambiental

REVISIÓN GLOBAL DEL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

Milagros Marisol Montes Matos

milam2816@gmail.com

*Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad Científica del Sur, Panamericana Sur
Km. 19, Villa El Salvador – Lima, Perú*

RESUMEN

El objetivo de este artículo de revisión es documentar información relevante sobre el manejo de residuos sólidos urbanos (RSU); así como técnicas de reaprovechamiento y medidas de mejoramiento de la gestión pública adoptadas por diferentes países para aumentar la calidad de vida y del medio ambiente. Esta investigación se clasifica como bibliográfica, ya que se ha recogido información de distintas fuentes y bases de datos, tales como: ScienceDirect, Scielo, Scopus. Se encontraron más de 300 artículos, de los cuales fueron utilizados 40 para esta investigación. Se llegó a la conclusión de que existe un aumento significativo en la generación de RSU en las últimas décadas a causa de la rápida urbanización e industrialización. Asimismo, debido a la ineficiente práctica de segregación y manejo de los residuos sólidos (MSW) en muchas partes del mundo, existe una gran brecha entre los países en desarrollo y países desarrollados.

Palabras clave: *residuos sólidos, crecimiento poblacional, manejo, políticas públicas.*

ABSTRACT

The objective of this review article is to document relevant information on the management of urban solid waste (MSW); as well as reuse techniques and public management improvement measures adopted by different countries to increase the quality of life and the environment. This research is classified as bibliographic, since information has been collected from different sources and databases, such as: ScienceDirect, Scielo, Scopus. More than 300 articles were found, of which 40 were used for this research. It was concluded that there is a significant increase in the generation of MSW in the last decades due to rapid urbanization and industrialization. Also, due to the inefficient solid waste management and segregation practice in many parts of the world, there is a large gap between developing and developed countries.

Key words: *solid waste, population growth, management, public policies.*

INTRODUCCIÓN

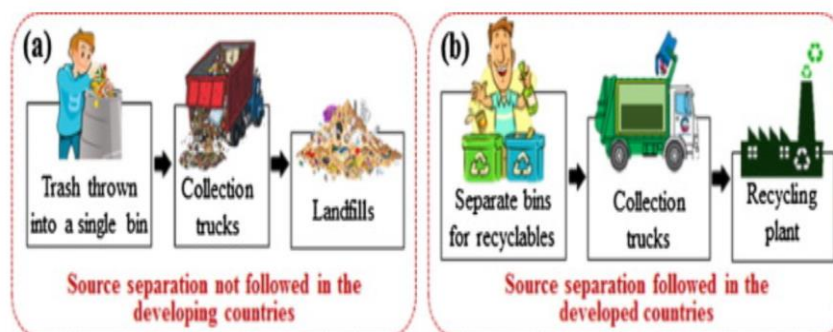
A lo largo de los años, nuestra economía industrial convencional no se ha desapegado de su característica fundamental que es la de "extraer, producir y desechar"; es decir, las empresas extraen recursos, aplican energía y trabajo para fabricar un producto y venderle al consumidor, quién luego lo desecha cuando ya no cumple su finalidad [1]. Este patrón de conducta ha provocado que se genere 2010 millones de toneladas de

residuos sólidos municipales. Sin embargo, sólo el 9% del volumen total de aquellos residuos se recicla en nuestras economías. En ese sentido, se entiende que más del 90% de los residuos se arrojan y/o queman en la intemperie [2].

Asimismo, de acuerdo a la tendencia de crecimiento poblacional, la generación de residuos sólidos municipales podría aumentar hasta 3400 millones de toneladas para el año 2050 [3]. Motivo por el cual nos induce a preguntarnos ¿qué hacer y cómo poder reaprovechar tanto "desperdicio"? En ese sentido, dicha cuestión ambiental ha sido un tema central de gran preocupación para los tomadores de decisiones en los últimos años [4]. De esta manera, muchos especialistas indican que la solución es minimizar la generación de residuos, desarrollando técnicas que eliminen el desperdicio, contribuyendo al desarrollo sostenible [5]. Conforme a algunos autores, la gestión ambiental viene ganando un espacio creciente en el medio ambiente [6,7].

La generación de RSU depende de la situación económica, el estilo de vida, el crecimiento poblacional [8] y la urbanización en las grandes ciudades [9]. Esta última condición sucede de manera ocurrente en los continentes de África y Asia [10], y la cantidad de RSU producido se eleva considerablemente como consecuencia de ello. El objetivo de éste artículo de revisión es presentar información científica más relevante sobre el manejo de residuos sólidos municipales a nivel mundial; así como técnicas de reaprovechamiento y medidas de mejoramiento de la gestión pública adoptadas por diferentes países para aumentar la calidad de vida y del medio ambiente.

Figura 1: Segregación y disposición final de residuos sólidos en países desarrollados (b) y en desarrollo(a), (2008).



METODOLOGÍA

La metodología empleada en la presente revisión tuvo como criterios de selección a artículos con términos de búsqueda: manejo, municipales, residuos sólidos, reaprovechamiento, recursos, conservación y reciclaje, en las bases de datos Science Direct; Scielo y Scopus, disponibles de diciembre de 2012 a diciembre de 2018 de los (últimos 6 años).

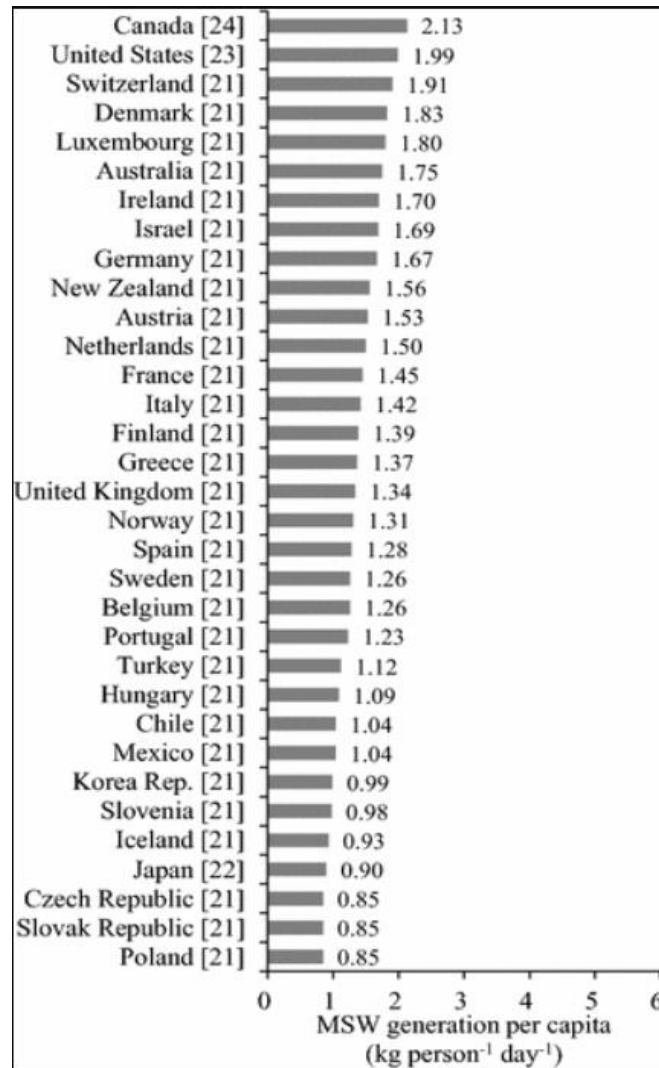
GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES PER CÁPITA A NIVEL GLOBAL

Por un lado, la información obtenida de los países miembros (34) de la OCDE en cuanto a MSW se hallan en la base de datos iLibrary de la misma organización, la cual reúne reportes anuales sobre la generación de MSW per cápita. Por otro lado, la información para los países miembros de la Unión Europea (UE) y que no forman parte de la OCDE (Rumania, Letonia, Serbia, Croacia, Bulgaria, Lituania y Chipre) resulta de las estadísticas de Eurostat [11,12].

Las estadísticas para otros países, los cuales serán presentados a continuación, fueron realizadas por organizaciones internacionales y consultores especialistas en el tema. La información de los países en desarrollo fue poco accesible de obtener ya que existen muchas fuentes restringidas [13].

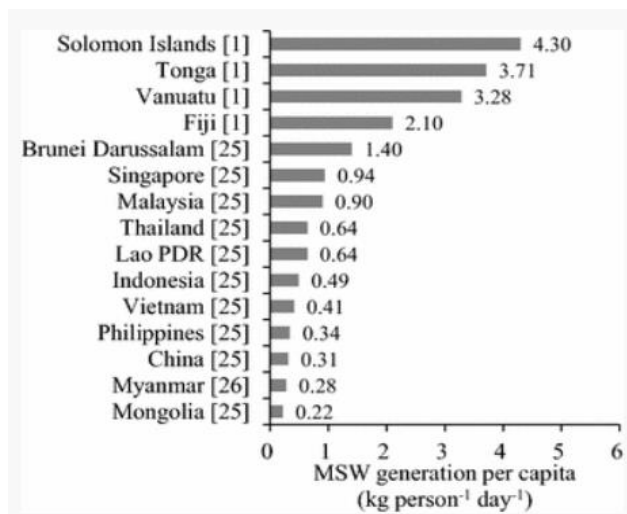
Finalmente, la veracidad de los datos no puede garantizarse en los países en desarrollo, a excepción de los países donde se ha llevado a cabo el apoyo internacional ad hoc, tal como en el caso de Nepal. Las Figuras 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 indican los recientes datos disponibles sobre la generación de residuos sólidos municipales per cápita de 157 países por región [13 - 29].

Figura 2: Residuos sólidos municipales per cápita generados en los países miembros de la OCDE, (2008).



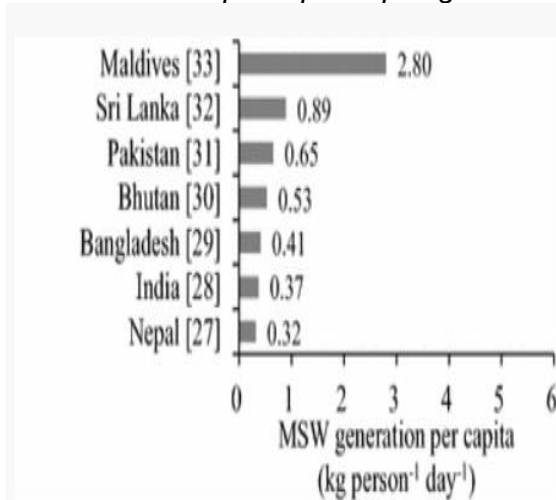
Se evidencia que Canadá es el país con mayor generación de residuos sólidos municipales por habitante con 2.13 kg día⁻¹ y, por el contrario, Polonia genera menor cantidad de residuos con 0.85 kg día⁻¹.

Figura 3: Residuos sólidos municipales per cápita generados en Islas de Asia oriental y el Pacífico.



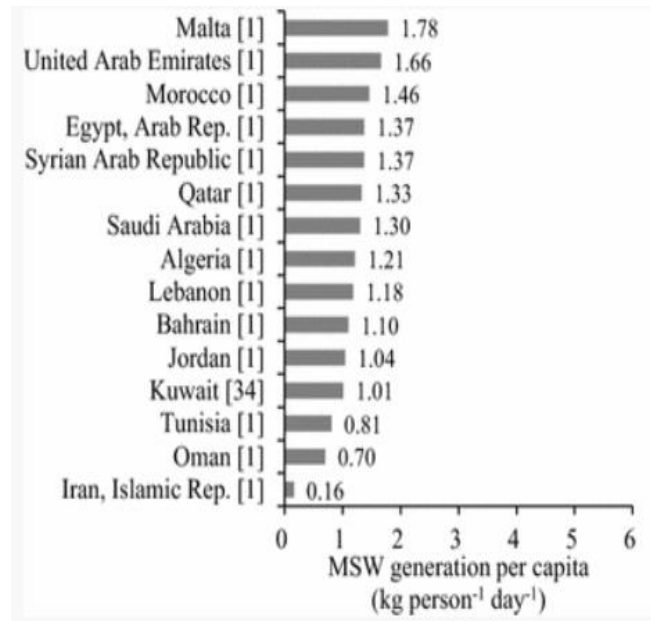
La generación per cápita tuvo una variación de 0.22 kg día⁻¹ en Mongolia a 4.30 kg día⁻¹ en Islas Salomón. Aproximadamente, la generación de MSW resulta ser 20 veces mayor en éste último.

Figura 4: Residuos sólidos municipales per cápita generados en Asia del Sur.



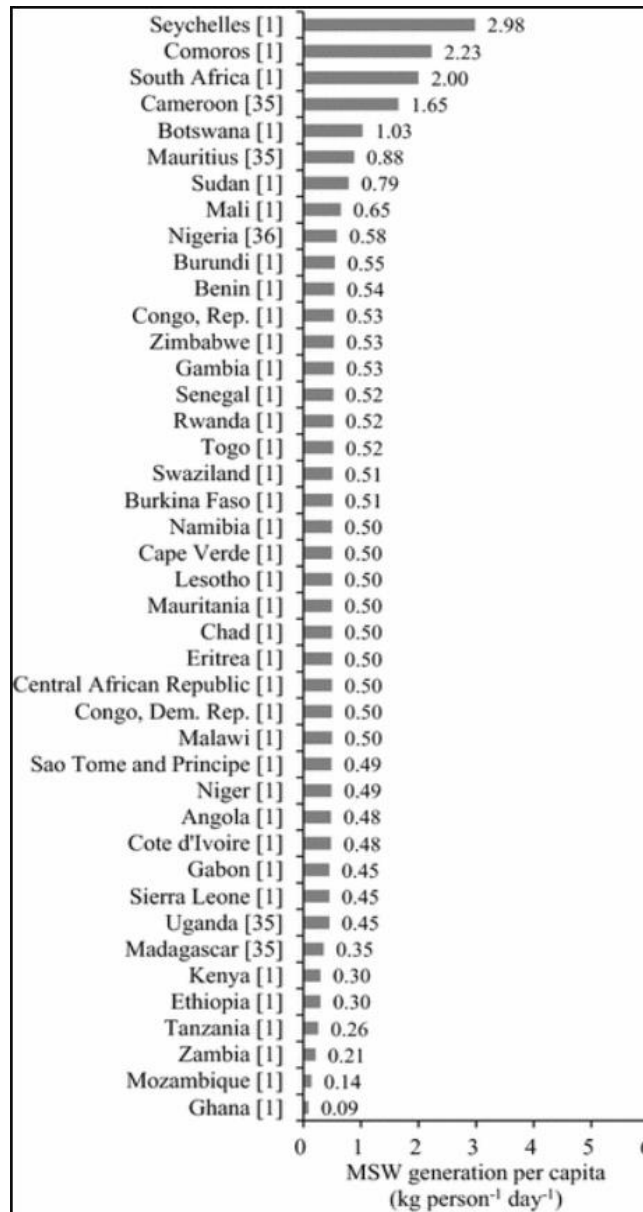
La generación de MSW per cápita varió de 0.32 kg día⁻¹ en Nepal a 2.80 kg día⁻¹ en Maldivas.

Figura 5: Residuos sólidos municipales per cápita generados en Oriente Medio y África del Norte.



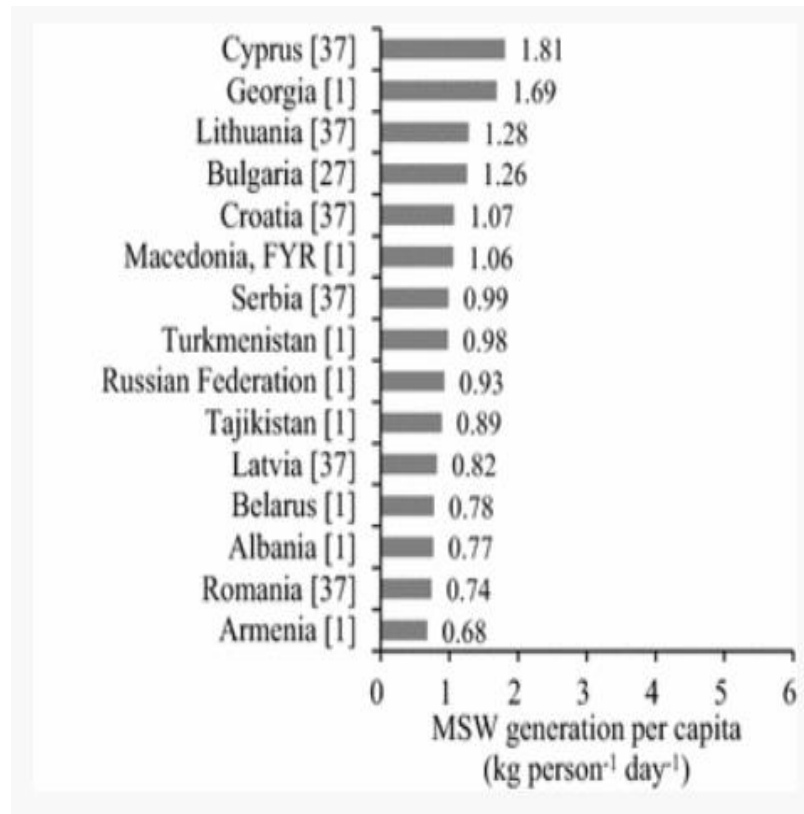
La generación de MSW per cápita varió de 0.16 kg día⁻¹ en Irán a 1.78 kg día⁻¹ en Malta. La diferencia entre ambos países es de 10 veces mayor uno del otro.

Figura 6: Residuos sólidos municipales per cápita generados en Africa Subsahariana.



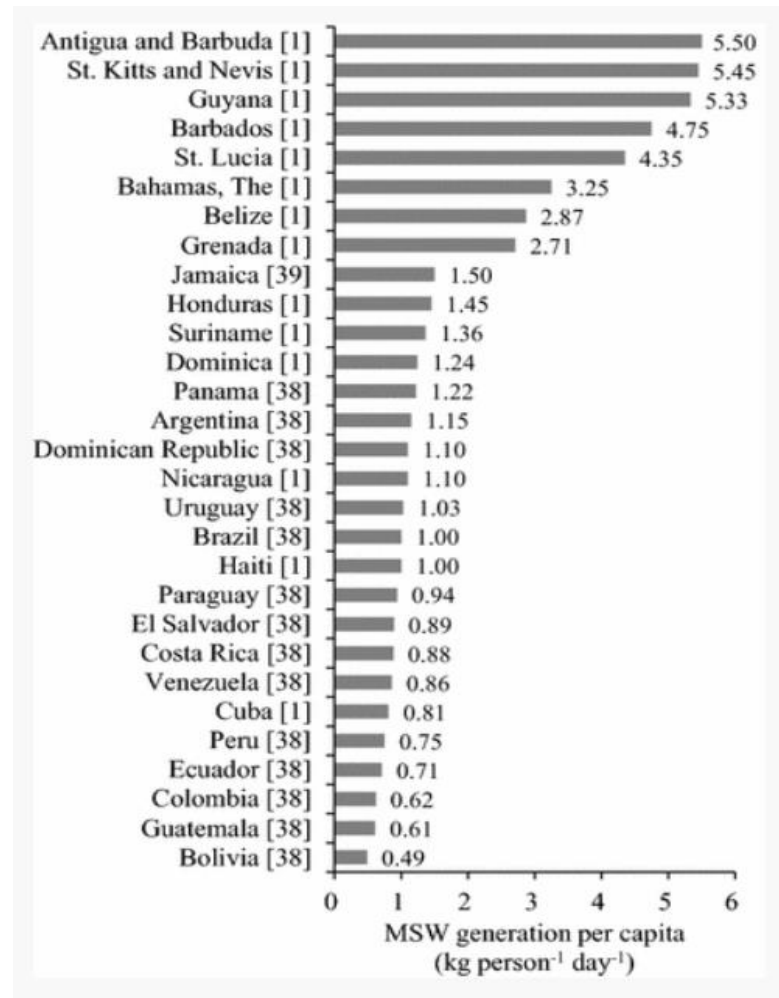
La generación de MSW per cápita no llega ni a los 100 gramos por día en Ghana (0.09 kg día⁻¹), a comparación de Islas de Seychelles, donde la generación per cápita es de 2.98 kg día⁻¹.

Figura 7: Residuos sólidos municipales per cápita generados en Europa del Este y Asia Central.



La generación per cápita de MSW en Armenia resultó 0.68 kg día-1 y en Chipre de 1.81 kg día-1. En esta oportunidad que la diferencia no es muy notoria con respecto a los demás sectores de estudio.

Figura 8: Residuos sólidos municipales per cápita generados en América Latina y el Caribe.



La generación per cápita de MSW tuvo una variación de 0.49 kg día⁻¹ en Bolivia a 5.50 kg día⁻¹ en Antigua y Barbuda, lo cual resulta entendible ya que Antigua y Barbuda es un país con atractivos turísticos, especialmente por sus playas. Si bien le ofrece un mayor crecimiento económico, no será de sustentable si es que no se gestiona de manera correcta y responsable los residuos sólidos [30 ,31]. Finalmente, la generación de MSW per cápita global varió de 0.09 kg día⁻¹ en Ghana a 5.50 kg día⁻¹ en Antigua y Barbuda.

COMPARACIÓN DEL MANEJO DE RSU ENTRE UN PAIS DESARROLLADO Y EN DESARROLLO

REINO UNIDO

Los métodos para la segregación, recolección y tratamiento de los residuos sólidos domésticos están bien establecidos y se aplican ampliamente en toda Europa, siendo Reino Unido uno de los países con mayores estándares y procedimientos en dicha materia [32]. En ese sentido, se tiene como prototipo a dos ciudades, las cuales se mencionarán a continuación.

Por un lado, Southampton, trata térmicamente el 90% de los residuos residuales en el Centro de Recuperación de Energía de Marchwood (ERF) (165,000 tpa) [33]. Para ello, se toma en consideración la distancia, ya que los residuos se tratan especialmente en Marchwood, a cuatro millas de la planta de transferencia de Project Integra en Southampton Docks. El 10% sobrante de aquellos se envía al relleno, el cual se encuentra a 22 millas de la planta de transferencia Project Integra. La ceniza resultante de incineración se vende y/o reprocesa para su uso como conglomerado en el sector construcción [33,34].

Por otro lado, Cardiff envía el 70% de sus residuos residuales a Lamby Way (50,000 tpa). Hay otros 10 rellenos municipales aceptados como MSW, de los cuales nuevos de ellos están establecidos en Inglaterra. Los residuos domésticos pendientes se tratan previamente en tres sistemas de recuperación de materiales, el más grande en Cardiff (15,000 tpa) y los dos restantes se encuentran en Somerset, Inglaterra [34].

Este porcentaje de residuo residual forma parte del 30% de los materiales reprocesados para reciclaje y/o dispuesto. El 20% se recupera térmicamente y la mitad de este se exporta a Holanda como combustible proveniente de aquellos residuos (RDF); mientras que para el 10% se procedió a gasificarlo en la Isla de Wight. Lo último del material rechazado se eliminó en un relleno inerte específico para cenizas en un lugar retirado de la ciudad [35].

JORDANIA

Alrededor de 2.7 millones de toneladas de residuos sólidos municipales fueron generados y recolectados por las autoridades pertinentes en Jordania en 2014, producidos por una población de 6.7 millones de habitantes que consta de alrededor de 1 millón refugiados sirios que viven en campos y zonas urbanas [36]. En el 2009, el volumen de residuos sólidos generado fue de 1,9 millones de toneladas anual para una población de 5,8 millones de personas. Estos datos muestran un incremento acelerado de la tasa de generación de MSW en Jordania, de la cual se deduce que continuará aumentando en un 3% anual. Además de la afluencia de refugiados que se estima que

ha agregado un 10% adicional a la población que ha aumentado las cantidades proyectadas anualmente de MSW generados en 0,5 millones de toneladas [37].

El estudio de caracterización de residuos sólidos de Jordania en el 2012 evidencia que alrededor del 50% corresponde a residuos de origen orgánico, 15% de papel y cartón, 16% de plástico y el porcentaje restante incluye vidrio, metal y otros tipos de residuos. La generación MSW per cápita en Jordania se encuentra en el rango de 0,6 y 0,9 kg por día, en zonas rurales y áreas urbanas, respectivamente. La disposición final de residuos se realiza en vertederos al aire libre, sin protección en la superficie terrestre, ni previo tratamiento de los mismos. Existen 21 puntos críticos como parte de la disposición final en Jordania, de los cuales solo 1 corresponde a un relleno sanitario como tal. En consecuencia, menos del 5% de los desechos sólidos de Jordania se reciclan, ya que no existe una práctica de clasificación de desechos sólidos municipales o un sistema de reciclaje a gran escala y eficaz administrados por el gobierno [37-39].

Los municipios cotidianamente recolectan los residuos generados y se deshacen de ellos, sin clasificarlos o reciclarlos previamente. Por el contrario, derivan todo el volumen de residuos a los sitios de eliminación improvisados (vertederos abiertos). La única actividad de valorización ocurre a través de un sector informal de recicladores, quienes han tenido una participación activa en los últimos veinte años, pero sin las medidas de seguridad necesarias que permitan proteger la salud de cada uno de ellos. Por lo tanto, el reciclaje se lleva a cabo de manera informal por personas con intereses individuales, ya que mediante dicha actividad pueden generar ciertos ingresos. Cabe mencionar que, hasta el momento, todas las actividades de reciclaje de residuos sólidos en Jordania se consideran proyectos piloto con intervenciones a pequeña escala, que también han sido iniciadas y apoyadas por ONG y organizaciones internacionales [40]. Siendo de esta manera una esperanza de calidad de vida para por ciudadanos de aquella nación.

CONCLUSIÓN

Existen grandes brechas sociales y económicas que inevitablemente se reflejan en el manejo de residuos sólidos urbanos a nivel mundial. Cabe resaltar que el escenario puede mejorar en los países en desarrollo, pero requerirá de compromiso político y por parte de la sociedad civil. Del mismo modo, es conveniente contar con el apoyo de las grandes instituciones y ONG mundiales para hacer sinergia entre naciones y pueda mejorar las condiciones en materia de salud y medio ambiente. De lo contrario, los “países en desarrollo” serán los más vulnerables a los fenómenos ambientales ya que no cuentan con la capacidad de resiliencia para anteponerse a una problemática ambiental.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Peinado-Vara, E. (2017, mayo 8). Más allá del reciclaje: un modelo de economía circular para América Latina y el Caribe. Retrieved from Multilateral Investment Fund: <https://www.fomin.org/es-es/PORTADA/Noticias/article-details> (es-ES)/ArtMID/19154/ArticleID/12673/M225s-all225-del-reciclaje-un-modelo-de-econom237a-circular-para-Am233rica-Latina-y-el-Caribe.aspx
2. Banco Mundial. (2018). *Informe Anual 2018*.
3. Arroyo, F. (2018). La economía circular como factor de desarrollo sustentable del sector productivo. *INNOVA Research Journal*, 3(12), 78–98. <https://doi.org/https://doi.org/10.33890/innova.v3.n12.2018.786> URL:
4. SOLEDADE, M. G. M. et al. ISO 14000 e a Gestão Ambiental: uma reflexão das praticas ambientais corporativas. In: IX ENGEMA – Encontro Nacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente, Curitiba, novembro, 2007
5. DRUZZIAN, E. T. V.; SANTOS, R. C., “Sistema de gerenciamento ambiental (SGA): Buscando uma resposta para os resíduos de laboratórios das instituições de ensino médio e profissionalizante”, *Revista Liberato*, Rio Grande do Sul, 2006, 7, 40-44.
6. ALENCAR, M. M. M., “Reciclagem de lixo numa escola pública do município de Salvador”, *Revista Virtual*, 2005, 1(2), 96-113.
7. TAUCHEM, J.; BRANDLI, L. L., “A Gestão Ambiental em Instituições de Ensino Superior: modelo para implantação em Campus universitário”, *Revista Gestão e Produção*, 2006, 13(3), 503-515.
8. Hoorweg D, Bhada-Tata P (2012) what a waste: a global review of solid waste management. World Bank, Washington, DC Google Scholar
9. OECD (2013) Municipal waste. *Environment at a Glance 2013: OECD Indicators*. OECD Publishing Google Scholar
10. Liu C, Wu XW (2010) Factors influencing municipal solid waste generation in China: a multiple statistical analysis study. *Waste Manag Res* 29:371–378. doi:10.1177/0734242X10380114 Google Scholar
11. OECD (2003) OECD environmental indicators: development, measurement and use. Reference paper. OECD
12. OECD (2008) OECD key environmental indicators 2008. OECD
13. Asian Development Bank (2013) Solid waste management in Nepal: current status and policy recommendations. Asian Development Bank, Mandaluyong
14. OECD (undated) Municipal waste, Generation and Treatment. Complete databases available via OECD's iLibrary. <http://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=MUNW>. Accessed 1 Dec 2014
15. Ministry of the Environment of Japan (undated) Ippan haikibutsu shori jittai chousa kekka (Results of survey on current municipal solid waste management) (in Japanese)

16. United States Environmental Protection Agency (2014) Municipal solid waste generation, recycling, and disposal in the United States: Facts and figures for 2012. United States Environmental Protection Agency, Washington, DC
17. Conference Board of Canada (undated) Municipal Waste Generation. <http://www.conferenceboard.ca/hcp/details/environment/municipal-waste-generation.aspx>. Accessed 1 Dec 2014
18. AIT/UNEP RRC.AP (2010) Municipal waste management report: Status-quo and issues in Southeast and East Asian countries. <http://www.environment-health.asia/userfiles/file/Municipal%20Waste%20Report.pdf>. Accessed 1 Dec 2014
19. Thein UM (2010) GHG emissions from waste sector of INC of Myanmar. The 8th Workshop on GHG inventories in Asia (WGIA8). Vientiane
20. Asian Development Bank (2013) Solid waste management in Nepal: current status and policy recommendations. Asian Development Bank, Mandaluyong
21. Annepu RK (2012) Sustainable solid waste management in India. Columbia University, New York. http://www.seas.columbia.edu/earth/wtert/sofos/Sustainable%20Solid%20Waste%20Management%20in%20India_Final.pdf. Accessed 1 Dec 2014
22. Enayetullah I, Sinha AHMM, Khan SSA (2005) Urban solid waste management scenario of Bangladesh: problems and prospects. Waste Concern Technical Documentation. http://www.wasteconcern.org/Publication/Waste%20Survey_05.pdf. Accessed 1 Dec 2014
23. Phuntsho S, Dulal I, Yangden D, Tenzin UM, Herat S, Shon H, Vigneswaran S (2010) Studying municipal solid waste generation and composition in the urban areas of Bhutan. Waste Manag Res 28:545–551. doi:10.1177/0734242X09343118
24. Masood M, Barlow CY, Wilson DC (2014) An assessment of the current municipal solid waste management system in Lahore, Pakistan. Waste Manag Res 32:834–847. doi:10.1177/0734242X14545373
25. World Bank (1999) What a waste: solid waste management in Asia. <http://web.mit.edu/urbanupgrading/urbanenvironment/resources/references/pdfs/WhatAWasteAsia.pdf>. Accessed 1 Dec 2014
26. Peterson C (2013) Assessment of solid waste management practices and its vulnerability to climate risks in Maldives Tourism Sector. http://tourism.gov.mv/downloads/tap/2014/Solid_Waste.pdf. Accessed 1 Dec 2014
27. Al-Jarallah R, Aleisa E (2014) A baseline study characterizing the municipal solid waste in the State of Kuwait. Waste Manag 34:952–960. doi:10.1016/j.wasman.2014.02.015
28. United Nations Statistics Division (undated) Environmental indicators: waste. <http://unstats.un.org/unsd/environment/municipalwaste.htm>. Accessed 1 Dec 2014
29. Eurostat (undated) Municipal waste statistics. http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/Municipal_waste_statistics. Accessed 1 Dec 2014
30. Tello Espinoza P, Martínez Arce E, Daza D, Soulier Faure M, Terraza H (2010) Regional evaluation on urban solid waste management in Latin America and the Caribbean: 2010 report. UN-HABITAT
31. Planning Institute of Jamaica (2007) Management of hazardous and solid wastes in

- Jamaica. http://pioj.gov.jm/portals/0/sustainable_development/management_of_wastes.pdf. Accessed 1 Dec 2014
32. Papargyropoulou, E., Lozano, R., Steinberger, J.K., Wright, N., bin Ujang, Z., 2014. The food waste hierarchy as a framework for the management of food surplus and food waste. *J. Cleaner Prod.* 76, 106–115.
 33. HCC (Hampshire County Council), 2013. Hampshire Minerals and Waste Plan. Winchester, UK.
 34. Turner, D.A., Williams, I.D., Kemp, S., 2016. Combined material flow analysis and life cycle assessment as a support tool for solid waste management decision making. *J. Cleaner Prod.* 129, 234–248.
 35. CCC (Cardiff City Council), 2015. Recycling Waste Management Strategy 2015.
 36. Al-Hamamre, Z., Saidan, M., Hararah, M., Rawajfeh, K., Alkhasawneh, H., Al Shannag, M., 2017. Wastes and biomass materials as sustainable-renewable energy resources for Jordan. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 67, 295–314.
 37. UNHCR Jordan, 2014. Syrian Refugees Registration Records. UNHCR, Jordan.
 - Vergara, S.E., Tchobanoglous, G., 2012. Municipal solid waste and the environment: a global perspective. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 37, 277–309.
 38. Ministry of Municipal Affairs, 2010. Jordan's Ministry of Municipal Affairs Records. 2009. Amman, Jordan.
 39. UNDP, 2014. Mitigating the impact of the Syrian Refugee crisis on Jordanian vulnerable Host Communities Available at: <http://www.hostcommunities-jo.org/focus-area/solid-waste-management/>.
 40. SweepNet, 2014. Country Report on the Solid Waste Management in Jordan, SweepNet, GIZ, 2014.