

ISSN: 2395-8170
2019
Vol 12, Num. 1

Encuentro de expertos en Residuos Sólidos

Encuentro académico sobre residuos plásticos y microplásticos



Título de la obra:	Encuentro de Expertos en Residuos Sólidos
Subtítulo:	Encuentro académico sobre residuos plásticos y microplásticos
Compiladores:	Maribel Velasco Pérez y Alethia Vázquez Morillas
Diseño de portada:	Azalea Idalid Martínez Pérez
Crédito fotografías de la portada y contraportada:	Microplásticos en ambientes marinos
Editorial:	Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Aplicada a Residuos Sólidos A.C. http://www.somers-ac.org

Los trabajos incluidos fueron arbitrados por pares académicos. Se privilegia con el aval de la Editorial.

Información legal

ENCUENTRO DE EXPERTOS EN RESIDUOS SOLIDOS, año 12, No. 1, Octubre 2018-Octubre 2019, es una publicación anual editada por la Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Aplicada a Residuos Sólidos, A.C., Priv. Molcajete No. 44. Hacienda de las Fuentes, Calimaya, Estado de México, México, C.P. 52227, Tel. (722) 5097824, www.somers-ac.org. Editor responsable: Dra. María del Consuelo Mañón Salas. Reserva de Derechos al uso Exclusivo No. 04-2014-112714070200-203 ISSN: 2395-8170, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este Número, Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Aplicada a Residuos Sólidos, A.C., Dra. Maribel Velasco Pérez y Dra. Alethia Vázquez Morillas, Avenida San Pablo No 180, Colonia Reynosa-Tamaulipas, CP 02200, Alcaldía Azcapotzalco, Ciudad de México. Fecha de última modificación, 20 de junio de 2019.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Aplicada a Residuos Sólidos, A.C.



Comité técnico científico

Mtra. Adriana de la Luz Cisneros Ramos

Universidad Autónoma Metropolitana

M. en. C. I. Margarita Beltrán Villavicencio

Universidad Autónoma Metropolitana

Dra. Maribel Velasco Pérez

Universidad Autónoma Metropolitana

Dra. Rosa María Espinosa Valdemar

Universidad Autónoma Metropolitana



Editorial

Los plásticos son materiales indispensables en la vida moderna, éstos se han convertido en una parte integral de la economía global por los beneficios. Desempeñan un papel fundamental en la vida humana debido a su uso rentable y versátil. Se han vuelto omnipresentes, aparentemente indispensables para la sociedad moderna, siendo utilizados de innumerables formas como elementos estructurales en infraestructura y herramientas, como envoltura de alimentos y bienes. Se sabe que los plásticos tienen una mezcla de muchos componentes químicos que les proporcionan estabilidad en diversas aplicaciones domésticas.

Góngora [1] enfatiza que una de las características de este material es su versatilidad, lo cual permite su incorporación a cualquier proceso productivo o producto final, por lo que en la actualidad el mercado de los productos plásticos tiene un lugar importante en la economía, pero también provocan un problema de gestión al final de su ciclo de vida. Esto significa que los residuos plásticos se acumulan tanto en suelo como en los océanos, lo cual provoca efectos negativos. En este sentido Varjani [2], señala que los plásticos son uno de los principales contaminantes entre los diversos contaminantes que se disponen en el ambiente. Se estima que la producción de plásticos en todo el mundo está creciendo a una tasa de alrededor del 5% por año, de acuerdo con Dilkes-Hoffman y colaboradores [3], se calcula que un porcentaje muy alto de residuos plásticos, 60% aproximadamente, se disponen en espacios abiertos o se vierten en rellenos sanitarios.

En las últimas cinco décadas, la producción mundial de plástico ha aumentado exponencialmente, el resultado ha sido la generación de una gran cantidad de residuos relacionados con el plástico, en 2015 la producción mundial de plástico se estimó en 322 millones de toneladas, la cual fue aproximadamente 90 veces más que en 1960, año en el que la producción fue de 3.6 millones de toneladas [4].

En los países desarrollados, los residuos de plásticos son gestionados a través de programas de recolección separada para ser reciclados e integrados como materias primas a otros procesos, sin embargo, a menudo todavía son dispuestos en rellenos sanitarios. En países en desarrollo, como México, la gestión de los residuos de plástico es incipiente, generalmente son dispuestos en tiraderos a cielo abierto mezclados con la basura y quemados. Lo cual provoca problemas de salud por la quema no regulada y contaminación. La mayor carga ambiental de los plásticos está asociada a la etapa de fin de vida de estos productos, siendo la acumulación de plásticos uno de los principales problemas que se genera, ésta se produce debido a la durabilidad de éstos en los sitios de disposición final, aunado a la gran cantidad de residuos que no son gestionados. Los impactos de la acumulación se pueden separar en dos grandes vertientes, la primera está relacionada con la disposición de los plásticos en los rellenos sanitarios y tiraderos a cielo abierto, la segunda con los plásticos en las playas y océanos que se convierten en microplásticos.

Por lo anterior es importante que los plásticos se recuperen, segreguen y sean tratados para tener un ciclo de manejo integral que pueda reducir los factores que afectan el ambiente. Sin embargo, también es esencial tener un ciclo sustentable de producción de plásticos que se puede lograr si las industrias integran tecnologías de manejo de residuos con producción de procesos de una manera más eficiente [5].

Este breve panorama sobre los plásticos nos introduce a la presentación de los siete trabajos que se expusieron, en el Encuentro académico sobre plásticos y microplásticos que se realizó en la UAM-Azcapotzalco. Dos de los trabajos abordan el tema de normatividad, uno se enfoca al análisis de varios proyectos de ley sobre el tratamiento de envases postconsumo en Argentina, el cual comparan con la legislación europea, particularmente la española. En otro trabajo se presenta un análisis de la situación actual de la regulación de plásticos en México, se analizaron las diversas reformas legislativas en materia de plásticos para seis estados y sus municipios, además de un análisis del establecimiento de iniciativas de prohibición y disminución del uso de algunos plásticos en ciertos estados y municipios del país con la finalidad de identificar el tipo de acciones que se han propuesto. En el siguiente trabajo se evalúa el cumplimiento de los objetivos del programa de manejo de residuos sólidos universitarios de Basura Cero implementado en el campus Morelos de la UNAM. También se incluye un trabajo que se enfoca a la generación de plásticos comparándola con las actividades económicas en cuatro municipios del Estado de México, a través de un análisis de correlación entre cinco actividades económicas y los tipos de plástico.

En el penúltimo manuscrito se presenta el diseño de un prototipo de captación y almacenamiento de agua de lluvia para uso doméstico, utilizando estos residuos como materia prima, el cual se implementó en un programa de captación de agua en Veracruz.

Los últimos dos artículos abordan la problemática de los residuos plásticos en playas, uno de ellos presenta una visión sobre cómo ha sido abordado el tema por diferentes autores identificando el estado que guarda la investigación sobre los nano y microplásticos, mientras que el otro aborda el tema de residuos sólidos urbanos en pleamar y bajamar de playas mexicanas, presentando una metodología.

Dra. Sara Ojeda Benítez
Presidenta de SOMERS
Instituto de Ingeniería, UABC
sara.ojeda.benitez@uabc.edu.mx

REFERENCIAS

- [1] Varjani S. (2019). Plastic pollutants: Waste management for pollution control and abatement. *Current Opinion in Environmental Science & Health*. En línea. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2019.08.006>
- [2] Dilkes-Hoffman L. S., Pratt, S., Lant, P. A., & Laycock, B. (2019). The role of biodegradable plastic in solving plastic solid waste accumulation. In Al-Salem (Ed) *Plastics to Energy* (pp. 469-505). Elsevier Publishing Estado Unidos. DOI: 10.1016/B978-0-12-813140-4.00019-4
- [3] Gholampour A. y Ozbakkaloglu T. (2019). Recycled plastic. En de Brito, J., & Agrela, F. (Eds.). *New Trends in Eco-efficient and Recycled Concrete*. Elsevier Publishing. pp 59-85 DOI: 10.1016/B978-0-08-102480-5.00003-8
- [4] Góngora J. P. (2014). La industria del plástico en México y el mundo. *Comercio exterior*, 64 (5), pp. 6-8
- [5] Al-Salem S.M (2019) *Plastics to energy. Fuel, Chemicals, and Sustainability Implications*. Elsevier Publishing Estados Unidos DOI: 10.1016/C2016-0-04293-6 pp. 526



Contenido

Comité técnico científico	iii
Editorial.....	iv
Contenido	vi
Proyectos de ley en Argentina para la gestión de envases postconsumo: comparación con legislación europea.....	1
Situación actual de la regulación de plásticos en México	12
Hacia Basura Cero: auditoría al Programa de manejo integral de residuos sólidos universitarios en el Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, UNAM	21
Generación de plásticos versus actividades económicas en cuatro municipios del Estado de México.....	30
Desarrollo de un sistema sustentable de captación de agua de lluvia para zonas rurales.....	39
Daño por residuos plásticos en el mar.....	47
Residuos sólidos urbanos en la pleamar y bajamar de playas mexicanas	55

Proyectos de ley en Argentina para la gestión de envases postconsumo: comparación con legislación europea

¹Juan Pablo Ojeda, ²Irma Teresa Mercante

¹ Centro de Estudios de Ingeniería de Residuos Sólidos, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cuyo, Centro Universitario, Parque General San Martín, Mendoza, Argentina, +54 (0261) 413-5000 int. 2142, juan.pablo.ojeda@ingenieria.uncuyo.edu.ar.

² Centro de Estudios de Ingeniería de Residuos Sólidos, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cuyo

RESUMEN

En Argentina existen varios proyectos de ley para la gestión de envases que se enmarcan en el principio de responsabilidad extendida del productor. El objetivo de este trabajo fue realizar la recopilación y análisis de 12 proyectos de ley que han sido presentados en Argentina sobre el tratamiento de envases postconsumo y compararlos con la legislación europea y, particularmente, española. Como resultado del análisis comparativo se observó similitud en casi todos los casos en el objeto de la ley y en el establecimiento explícito de una jerarquía para el sistema de gestión, de metas específicas y de la forma de financiamiento. Por otro lado, se identificaron diferencias en cuanto a que todos los proyectos de ley argentinos previeron sanciones, mientras que la Unión Europea no fijó ninguna y España las derogó. Finalmente, desde 2016 los proyectos argentinos incorporaron previsiones para los trabajadores del reciclaje, algo no mencionado en el caso de España y Europa. Como conclusión, los proyectos argentinos tuvieron bastantes similitudes entre sí y también con la legislación europea. Sólo se identificaron algunas diferencias en cuanto a previsiones sociales, a la alternativa de valorización energética y al régimen sancionatorio.

Palabras clave: *legislación, plástico, residuos, responsabilidad extendida del productor.*

1. INTRODUCCIÓN

La mayoría de los productos actuales utilizan envoltorios y contenedores para facilitar la logística de su distribución y venta y preservar la higiene, calidad, durabilidad y salubridad de los mismos.

El aumento poblacional, la modificación de los patrones de consumo y la oferta de alimentos cada vez más procesados son causales de los actuales niveles de generación de residuos. Actualmente se observa un incremento en la fracción de materiales plásticos y uno de los principales componentes de los residuos son los envases [1].

En la mayoría de los casos, los envases podrían permanecer en el circuito productivo; es decir, retornar al productor para ser reutilizados hasta que deban ser reciclados. Hoy ocurre que los costos de la gestión de envases residuales son transferidos al Estado: la gestión de los residuos recae en los municipios, quienes destinan gran parte de su presupuesto para esta tarea [2].

1.1 El principio de responsabilidad extendida del productor (REP)

Uno de los principios más importantes del derecho ambiental es el de responsabilidad, que indica que quien realiza un daño al ambiente es responsable por su recuperación. El principio de responsabilidad extendida del productor se basa en que el fabricante sea responsable durante todo el ciclo de vida del producto, especialmente de su recuperación, reciclaje o disposición final. Esto promueve mejoras ambientales en los procesos de producción, en el diseño de productos, en el aprovechamiento de recursos naturales; desincentiva la generación de residuos y favorece el reciclaje.

Las mejores prácticas ambientales se traducen no sólo en mejores condiciones de vida y del ambiente, sino también en menores costos para las empresas. El uso de materiales y diseños reusables, fácilmente reciclables y sin sustancias tóxicas en productos implican menores necesidades de materia prima virgen, menores consumos energético y de agua y menores emisiones.

La responsabilidad extendida del productor se debe centrar en 3 puntos fundamentales [3]:

1° Responsabilidad legal: debe entenderse en el marco del principio ambiental de responsabilidad frente al daño, donde la contaminación y la generación de residuos son causas directas de la producción y, por lo tanto, es el productor quien debe evitarlas o remediarlas.

2° Responsabilidad económica: los costos asociados a estas acciones deben estar vinculados al precio del producto y no transferirse al Estado.

3° Responsabilidad de comunicar e informar: por último, el productor también debe comunicar a sus consumidores sobre las características de los productos y de sus envases.

1.2 Situación en Argentina

Argentina es el país iberoamericano con mayor fracción de plásticos en sus residuos: aproximadamente un 15 % en peso. Más de la mitad de los residuos plásticos son envases postconsumo descartados [4]. En Argentina se han presentado varios proyectos de ley para la gestión de envases, pero aún no han sido tratados en el Congreso Nacional, en ninguna de sus cámaras. Sólo han llegado a discusión en algunas comisiones.

Por otro lado, se destaca la existencia de la ley especial 27.279. Ésta establece los presupuestos mínimos para la gestión de envases fitosanitarios vacíos. Su implementación tuvo un largo camino: el anteproyecto comenzó a trabajarse en 2013, el proyecto ingresó al Congreso en 2015, se sancionó en septiembre de 2016, un mes después se promulgó y fue reglamentada en febrero de 2018. En el decreto reglamentario se detallan las etapas del sistema de gestión de los envases vacíos: reutilización, reciclado, valorización y disposición final; y se establece qué envases no podrán reutilizarse, tomando en consideración el riesgo para la salud humana.

2. OBJETIVO

El objetivo de este trabajo fue realizar una recopilación y análisis de los proyectos de ley que se han presentado en Argentina sobre el tratamiento de envases postconsumo y compararlos con la legislación europea y particularmente la ley de España.

3. METODOLOGÍA

Se recopilaron 12 proyectos de ley presentados oficialmente en el Congreso, tanto en el Senado como en la Cámara de Diputados de la Nación. A continuación, se analizaron los siguientes puntos clave:

- Año de presentación del proyecto
- N° de artículos
- Objeto
- Si plantearon o no el principio de REP
- Si establecieron una jerarquía para la gestión de envases
- Si establecieron sanciones
- Si establecieron metas específicas
- Si explicitaron la forma de financiamiento de lo establecido en la ley
- Si establecieron medidas respecto a los recicladores (recuperadores de base)

Por último, se compararon los proyectos con la legislación extranjera.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se analizaron 12 proyectos de ley en forma comparativa, junto con la legislación europea y española. En la figura 1 puede observarse el número de proyectos presentados cada año en el Congreso de la República Argentina. Hubo un interés inicial en legislar sobre este tema en el año 2011. En el año 2016 se presentaron nuevas propuestas, en coincidencia con la sanción de la Ley 27.279, que trata sobre la gestión de envases fitosanitarios vacíos. No es casual que a raíz de la discusión de dicha ley surgiera el interrogante de qué hacer con el resto de los envases.

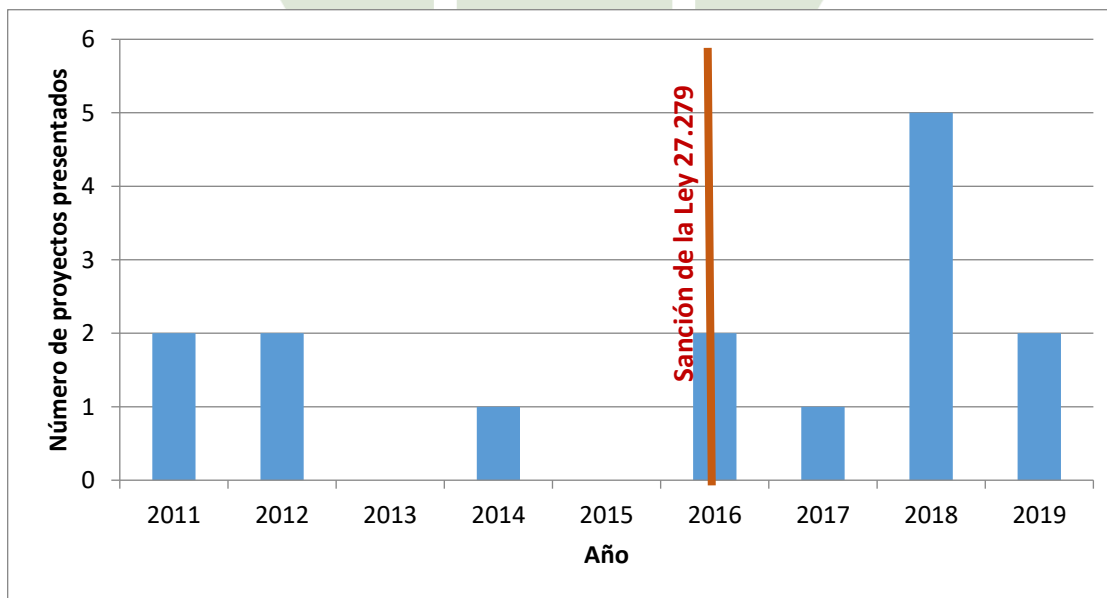


Figura 1. Número de proyectos de ley de envases presentados en Argentina por año

En la tabla 1 se presentan los primeros datos obtenidos del análisis de los proyectos de ley y la legislación europea y española. Los distintos textos tuvieron entre 14 y 49 artículos y como objeto se enfocaron en la gestión de envases, exceptuando aquellos que fueran para exportación, de uso

industrial interno, que contuvieran residuos peligrosos o que estuvieran contemplados en otra ley especial. Un proyecto se limitó exclusivamente a la gestión de envases de polietileno tereftalato (PET) de bebidas.

En cuanto a la autoridad de aplicación, en muchos casos se explicitó al organismo correspondiente (Ministerio de Ambiente o Secretaría, según el año del proyecto) y en otros se generalizó a la autoridad ambiental competente, tal como lo hace la Unión Europea y España. Sólo un caso en Argentina incluyó al ex Ministerio de Producción y Trabajo, para asegurar la protección de los trabajadores recicladores.

Cabe destacar que tres de los proyectos propusieron la creación de nuevos órganos públicos: un consejo consultivo honorífico, una comisión asesora y un ente autárquico. De acuerdo con la mayoría de las propuestas presentadas no sería necesaria la creación de un nuevo ente, ya que la estructura actual sería suficiente para ejecutar y controlar el cumplimiento de la ley.

Tabla 1. Proyectos de ley, año de presentación, autores, n° de artículos, objeto y autoridad de aplicación

Proyecto	Año	Autores	N° art.	Objeto	Autoridad de aplicación
0820-D-2019 [5]	2019	Luis Gustavo Borsani	42	Envases PET para bebidas y sus residuos	Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación
2127-D-2019 [6]	2019	Sergio Leavy	32	Envases y sus residuos	Ministerio de Producción y Trabajo y Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Crea una Comisión Nacional Asesora de Gestión Sustentable de Envases
4031-D-2018 [7]	2017 y 2018	María Soria y Sandra Castro	32	Presupuestos mínimos para la gestión de envases (excepto aquellos con legislación propia)	Los organismos que las Provincias y CABA determinen. Propone la creación de un Consejo Consultivo.
S-1376/18 [8]	2018	Guillermo Snopek	49	Presupuestos mínimos para la gestión de envases, excepto fitosanitarios y con legislación propia	Organismo de mayor nivel jerárquico con competencia ambiental
3080-D-2018 [9]	2018	Adriana Nazario Carlos Selva	29	Presupuestos mínimos para la gestión de envases, excepto aquellos peligrosos y con legislación propia	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. Propone la creación de un Consejo Consultivo.
6910-D-16 [10] y 3141-D-2018 [11]	2016 y 2018	Facundo Moyano y Argumedo Alcira	39	Presupuestos mínimos para la gestión de envases y sus residuos, excepto aquellos de exportación y residuos peligrosos	Crea el Ente Nacional Administrador de Envases y sus Residuos (ENAER) en el ámbito del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable

Proyecto	Año	Autores	Nº art.	Objeto	Autoridad de aplicación
S-3279/16 [12] S-356/18 [13]	2016	Alfredo H. Luenzo	34	Presupuestos mínimos para la gestión de envases y sus residuos, excepto aquellos de exportación, de uso industrial interno y con legislación propia	Los organismos que la Nación, las Provincias y CABA determinen
4435-D-2014 [14]	2014	Romero Oscar	42	Gestión de envases y sus residuos	Nacional: Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable y COFEMA. También las que correspondan a nivel provincial y municipal
S-348/12 [15]	2012	Graciela di Perna	23	Presupuestos mínimos para la gestión de envases, excepto aquellos de exportación, de uso industrial y los que determine la autoridad de aplicación	Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable u organismo que la sustituya
S-1777/12 [16]	2012	Rubén Giustiniani	39	Presupuestos mínimos para la gestión de envases, excepto aquellos de exportación, de uso industrial y residuos peligrosos	Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable u organismo que la sustituya
S-2575/11 [17]	2011	Daniel Filmus	34	Presupuestos mínimos para la gestión de envases y sus residuos, excepto aquellos de exportación, de uso industrial interno y con legislación propia	Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable u organismo que la sustituya
S-1383/11 [18]	2011	Carlos S. Menem	14	Presupuestos mínimos para la gestión de envases	Organismo nacional de mayor nivel jerárquico con competencia ambiental
DIRECTIVA 94/62/CE [19]	1994	Unión Europea	25	Armonizar las medidas nacionales sobre gestión de envases y residuos de envases para prevenir o reducir su impacto	Autoridad pública competente
Ley 11/1997 [20]	1997	España	22	Envases y la gestión de los residuos de envases a lo largo de todo su ciclo de vida	Autoridad competente

Lo siguiente que se analizó en este trabajo (tabla 2) fue si los proyectos y las leyes incorporaban el principio de REP. Todos ellos lo hicieron, incluso muchos lo recogieron expresamente en sus textos. También se estudió la utilización de una jerarquía para la gestión de los envases, encontrando que en la mayoría de los casos se expresaron prioridades similares, con la prevención y minimización a la cabeza y la disposición final en relleno sanitario como última opción. Se destaca que el caso europeo menciona la valorización energética por incineración, tecnología que en Argentina no es de uso común. Sólo uno de los proyectos estableció la incineración como alternativa de gestión prioritaria.

En cuanto a sanciones, algunos proyectos establecieron apercibimiento, multa, suspensión y clausura como respuesta al incumplimiento de la ley; otros lo dejaron librado a lo que determine la autoridad. La legislación europea no especificó sanciones y la española derogó los artículos en los que las establecía.

Respecto de metas específicas, la legislación europea optó por incluir valores concretos de cumplimiento obligatorio, relacionados a la jerarquía de gestión y diferenciados por corriente residual. Gran parte de los proyectos argentinos optaron por metas generales, para todo tipo de envases, repitiéndose el objetivo de valorizar el 50 % de los envases pasados los 10 años de la promulgación de la ley. Otros proyectos dejaron libradas las metas a las autoridades correspondientes. En vista de lo ocurrido con la ley de envases fitosanitarios, sería conveniente dejar establecidas las metas en la ley para evitar dilaciones en su aplicación efectiva.

Tabla 2. Principio de REP, jerarquía para la gestión, sanciones y metas específicas según los diferentes proyectos de ley y normas

Proyecto	Principio de REP	Jerarquía para la gestión	Sanciones	Metas específicas
0820-D-2019	x	<ol style="list-style-type: none"> 1. Prevención 2. Reutilización 3. Reciclado 4. Valorización 	Establece categorías de infracciones (leves, graves y muy graves) y sus sanciones: apercibimiento, multa, suspensión y clausura	Las que fije la autoridad
2127-D-2019	x	No es explícita	No establece sanciones específicas	Establece exigencias de valorización energética mediante incineración y objetivos de reciclaje por fracción
4031-D-2018	x	<ol style="list-style-type: none"> 1. Prevención 2. Reducción 3. Reutilización 4. Reciclado 5. Valorización 6. Disposición final en relleno sanitario 	Establece apercibimiento, multa, suspensión y clausura	Valorización 50% cumplidos 10 años de la promulgación de la ley
S-1376/18	x	<ol style="list-style-type: none"> 1. Reducción 2. Reutilización 3. Reciclado 4. Valorización 5. Disposición final 	Establece apercibimiento, multa, suspensión y clausura	Valorización 50% cumplidos 10 años de la promulgación de la ley y plan para el 50% restante
3080-D-2018	x	<ol style="list-style-type: none"> 1. Prevención 2. Reducción en la fuente 3. Reutilización 4. Reciclado 5. Valorización 6. Disposición final en relleno sanitario 	Establece apercibimiento, multa, suspensión y clausura	Lograr 50% o más de valorización cumplidos 10 años de la promulgación de la ley

Proyecto	Principio de REP	Jerarquía para la gestión	Sanciones	Metas específicas
6910-D-16 y 3141-D-2018	x	1. Prevención 2. Minimización 3. Reutilización 4. Reciclado 5. Disposición final	Establece categorías de infracciones (leves, graves y muy graves) y sus sanciones: apercibimiento, multa, suspensión y clausura	Librado a la autoridad del ENAER
S-3279/16 S-356/18	x	No es explícita	Establece apercibimiento, multa, suspensión y clausura	Aprobar todos los planes de gestión (1 año). Valorización: 20 % (3 años) 50 % (10 años) 80 % (20 años)
4435-D-2014	x	1. Prevención 2. Minimización 3. Reutilización 4. Reciclado. Prohíbe la incineración y la disposición final en relleno, salvo autorización especial.	Las que fije la autoridad	Las que fije la autoridad
S-348/12	x	No es explícita	Las autoridades locales determinarán las infracciones y sanciones	Las autoridades locales podrán fijar metas graduales de valorización
S-1777/12	x	1. Reducción en la fuente de producción 2. Reutilización 3. Reciclado 4. Disposición final	Establece apercibimiento, multa, suspensión y clausura	Aprobar todos los planes de gestión (1 año). Valorización: 20 % (3 años) 50 % (10 años) 80 % (20 años)
S-2575/11	x	Expresa como objetivos: a) Minimizar b) Reducir la generación y disposición final c) Priorizar la reutilización, el reciclado y otras formas de valorización d) Incorporar el análisis del ciclo de vida	Establece apercibimiento, multa y suspensión	El Estado Nacional establecerá metas progresivas de recupero y valorización adecuadas y las controlará
S-1383/11	x	1. Prevención 2. Reutilización 3. Reciclado	Establece apercibimiento, multa, suspensión y clausura	Librado a la reglamentación de la ley

Proyecto	Principio de REP	Jerarquía para la gestión	Sanciones	Metas específicas
DIRECTIVA 94/62/CE	x	1. Reducción 2. Reutilización 3. Reciclado 4. Valorización 5. Disposición final	No específica	Establece una gran cantidad de metas específicas acordes a la jerarquía antes mencionada, y con distinción entre las corrientes residuales
Ley 11/1997	x	1. Reducción 2. Reutilización 3. Reciclado 4. Valorización 5. Disposición final	Fueron derogadas	Recoge las metas establecidas en la directiva europea

En la tabla 3 se muestran los resultados respecto del análisis de la forma de financiamiento propuesta y la presencia de previsiones respecto de los recuperadores de base. En la mayoría de los casos se estableció que los productores son responsables por la gestión de los envases (en concordancia con el principio de REP). Así también lo hizo la legislación europea. Algunos proyectos no especifican expresamente esta responsabilidad.

Los últimos proyectos argentinos incorporaron previsiones específicas para los trabajadores del reciclaje a raíz de la discusión en comisiones del proyecto 6910-D, presentado en 2016, que fue pionero en este aspecto. La legislación europea no contempló ningún aspecto social y laboral.

Tabla 3. Financiamiento y previsiones sobre los recuperadores de base

Proyecto	Financiamiento	Recuperadores de base
0820-D-2019	Los productores son responsables por la gestión	No aporta medidas concretas
2127-D-2019	No específica	Contempla la incorporación de trabajadores a la comisión asesora e incorpora al Ministerio de Trabajo para asegurar la protección de sus derechos
4031-D-2018	Los productores son responsables por la gestión	Permite establecer planes y programas para estos trabajadores
S-1376/18	Establece todo un capítulo. Aportes de los productores. Crédito fiscal por inversiones en capital para la gestión de residuos. Estímulo a la inversión.	Establece todo un capítulo. Fomentar las cooperativas, integrarlas al sistema de gestión, capacitar y brindar seguridad social a los trabajadores
3080-D-2018	Gestión a cargo de las empresas. El Consejo Consultivo con carácter honorario	Propone en sus objetivos integrar a los trabajadores, pero no aporta medidas concretas

Proyecto	Financiamiento	Recuperadores de base
6910-D-16 y 3141-D-2018	El ente es autárquico y se financia con aportes de los productores. Los productores financian la gestión	Establece todo un capítulo. Crea el Programa Nacional de Fortalecimiento de los Trabajadores Recicladores
S-3279/16 S-356/18	Aportes obligatorios anticipados que deben hacer los productores por cada producto envasado o envase	No aporta medidas concretas
4435-D-2014	Aportes de los envasadores por cada producto envasado puesto en el mercado	No aporta medidas concretas
S-348/12	Aportes de los productores y organizaciones sin fines de lucro y empresas	No aporta medidas concretas
S-1777/12	No especifica	No aporta medidas concretas
S-2575/11	No especifica	No aporta medidas concretas
S-1383/11	No especifica	No aporta medidas concretas
DIRECTIVA 94/62/CE	Menciona el principio "quien contamina paga"	No especifica
Ley 11/1997	Los sistemas de gestión se financiarán mediante aportes de los envasadores por cada producto envasado puesto por primera vez en el mercado	No especifica

Para finalizar, se resumen en la tabla 4 los proyectos y leyes que explicitaron el principio de REP, la jerarquía para la gestión de los envases, un régimen sancionatorio, metas específicas (sin distinción de si fueron previstas por la ley o libradas a la autoridad de aplicación), forma de financiamiento y previsiones sobre los trabajadores recicladores (recuperadores de base).

Tabla 4. Cuadro resumen de aspectos identificados (x) en los proyectos y leyes analizados

	Principio de REP	Jerarquía para la gestión	Sanciones	Metas específicas	Financiamiento	Recuperadores de base
0820-D-2019	x	x	x	x	x	
2127-D-2019	x			x		x
4031-D-2018	x	x	x	x	x	x
S-1376/18	x	x	x	x	x	x
3080-D-2018	x	x	x	x	x	x

	Principio de REP	Jerarquía para la gestión	Sanciones	Metas específicas	Financiamiento	Recuperadores de base
6910-D-16 y 3141-D-2018	x	x	x	x	x	x
S-3279/16 S-356/18	x		x	x	x	
4435-D-2014	x	x	x	x	x	
S-348/12	x		x	x	x	
S-1777/12	x	x	x	x		
S-2575/11	x	x	x	x		
S-1383/11	x	x	x	x		
DIRECTIVA 94/62/CE	x	x		x	x	
Ley 11/1997	x	x		x	x	

5. CONCLUSIONES

Como conclusión, se observaron bastantes similitudes entre los proyectos entre sí y con la legislación europea, y sólo algunas diferencias particulares. La mayoría de los proyectos argentinos establecieron previsiones sobre jerarquías de gestión, metas específicas, sanciones, formas de financiamiento y recuperadores de base (esto último a partir del 2016), mientras que la directiva europea y la ley española no contemplaron y eliminaron las sanciones, respectivamente, y no incorporaron previsiones sobre los recicladores. Otra diferencia fue la valorización energética de los envases, que en el caso europeo fue incluido tanto en la jerarquía como en las metas específicas, mientras que en Argentina sólo un proyecto consideró esta alternativa de gestión, pues no es una tecnología común en el país.

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría de Investigación, Internacionales y Posgrado de la Universidad Nacional de Cuyo por el financiamiento para la ejecución del proyecto bienal.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Arandes J. M., Bilbao J. y López D. 2004. "Reciclado de residuos plásticos". *Revista Iberoamericana de Polímeros*. Vol. 5(1), pp. 28-45.
- [2] Schejtman L. e Irurita N. 2012. (1 de octubre de 2019). <https://www.cippec.org/wp-content/uploads/2017/03/1552.pdf>
- [3] Testa M. E. 2018. (1 de octubre de 2019). <http://www.circulodepoliticambientales.org/assets/pdf/REP%20Informe.pdf>

- [4] Morillas A. V., Pérez M. V., Valdemar R. M. E., Contreras M. M., Islas S. H., Guillén M. Y. L. O. y Filgueira H. J. A. (2017). “Generación, legislación y valorización de residuos plásticos en Iberoamérica”. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. Vol. 32, pp. 63-76.
- [5] Borsani L. G. 2019. (1 de octubre de 2019).
<https://www.diputados.gov.ar/proyectos/proyectoTP.jsp?exp=0820-D-2019>
- [6] Leavy S. 2019. (1 de octubre de 2019).
<https://www.diputados.gov.ar/proyectos/proyecto.jsp?exp=2127-D-2019>
- [7] Soria M. y Castro S. 2018. (1 de octubre de 2019).
<https://www.hcdn.gov.ar/proyectos/proyecto.jsp?exp=4031-D-2018>
- [8] Snopek G. 2018. <http://www.senado.gov.ar/parlamentario/comisiones/verExp/1376.18/S/PL>
- [9] Nazario A. y Selva C. 2018. (1 de octubre de 2019).
<https://www.diputados.gov.ar/comisiones/permanentes/crnaturales/proyectos/proyecto.jsp?exp=3080-D-2018>
- [10] Moyano F. y Argumedo A. 2016. (1 de octubre de 2019).
<https://www.hcdn.gov.ar/proyectos/proyecto.jsp?exp=6910-D-2016>
- [11] Moyano F. y Argumedo A. 2018. (1 de octubre de 2019).
<https://www.hcdn.gov.ar/proyectos/proyecto.jsp?exp=3141-D-2018>
- [12] Luenzo A. H. 2016. (1 de octubre de 2019).
<https://www.senado.gov.ar/parlamentario/comisiones/verExp/3279.16/S/PL>
- [13] Luenzo A. H. 2018. (1 de octubre de 2019).
<http://www.senado.gov.ar/parlamentario/comisiones/verExp/356.18/S/PL>
- [14] Romero O. 2014. (1 de octubre de 2019).
<http://www.l.hcdn.gov.ar/proxml/expediente.asp?fundamentos=si&numexp=4435-D-2014>
- [15] Di Perna G. 2012. (1 de octubre de 2019).
<https://www.senado.gov.ar/parlamentario/comisiones/verExp/348.12/S/PL>
- [16] Giustiniani R. 2012. (1 de octubre de 2019).
<http://www.senado.gov.ar/parlamentario/parlamentaria/318314/downloadPdf>
- [17] Filmus D. 2011. <https://studylib.es/doc/1503779/proyecto-de-ley-s-2575-11>
- [18] Menem C. S. 2011. (1 de octubre de 2019).
<https://www.senado.gov.ar/parlamentario/comisiones/verExp/1383.11/S/PL>
- [19] Comisión Europea. Directiva 62. 1994. (1 de octubre de 2019).
<https://www.iberley.es/legislacion/directiva-94-62-ce-20-dic-doue-envases-residuos-envases-12250042>
- [20] Ley 11. 1997. (1 de octubre de 2019). <https://www.boe.es/eli/es/l/1997/04/24/11/con>

Situación actual de la regulación de plásticos en México

¹Arely Areanely Cruz Salas, ² Alethia Vázquez Morillas, ³ Juan Carlos Alvarez Zeferino

¹ Universidad Autónoma Metropolitana, Av. San Pablo No. 180 Col. Reynosa Tamaulipas, C.P. 02200 Alcaldía Azcapotzalco Ciudad de México, México,

al2173803384@azc.uam.mx, Tel: 5553189000 Ext. 2196

² Universidad Autónoma Metropolitana, Av. San Pablo No. 180 Col. Reynosa Tamaulipas, C.P. 02200 Alcaldía Azcapotzalco Ciudad de México, México

³ Universidad Autónoma de Baja California, Calle de la Normal S/N y Blvd. Benito Juárez, Col. Insurgente Este, Mexicali Baja California, México

RESUMEN

Los plásticos son materiales usados en diversas áreas debido a su alta durabilidad, bajo costo de producción, fácil fabricación y baja densidad. La producción de estos materiales, al igual que la generación de residuos plásticos aumenta de manera proporcional; cuando los residuos plásticos se disponen de manera inadecuada pueden obstruir los drenajes y tuberías, transportarse por las vías fluviales hacia ambientes marinos y ser ingeridos por la fauna presente. Como resultado de lo anterior una alternativa para evitar la contaminación por tales residuos es el establecimiento de iniciativas de prohibición y disminución del uso de algunos plásticos en ciertos estados y municipios del país. En este estudio se tomó como referencia un listado, publicado por el senado, de estados que contaban con tales regulaciones; se buscaron y se analizaron las diversas reformas legislativas en materia de plásticos para seis estados y sus municipios (Ciudad de México, Guerrero, Nuevo León, Oaxaca, Quintana Roo y Querétaro) con la finalidad de identificar el tipo de acciones propuestas y si había inconsistencias. Se encontró que la mayoría de las regulaciones incluye la prohibición de bolsas y popotes y que a nivel estatal se regulan más plásticos que a nivel municipal. Asimismo, se identificó en los documentos regulatorios la falta de términos claros y adecuados, ya que, muchas veces carecen de sustento y limitan su efectividad. Este estudio resalta la importancia de que las legislaciones incluyan información clara, completa y de fuentes confiables para que su comprensión sea fácil y su cumplimiento sea viable.

Palabras clave: *prohibición, ley, biodegradable*

1. INTRODUCCIÓN

La palabra *plástico* proviene del griego *plastikos* que indica que un material es moldeable. Hace alusión a la flexibilidad o plasticidad del material, durante su manufactura, la cual permite fundirlo o prensarlo para obtener distintas formas (láminas, fibras, tubos, botellas, cajas) [1]. Los plásticos han sustituido a materiales como la madera, metales y cerámica debido a que son ligeros, de alta durabilidad, resistentes a la corrosión, fáciles de fabricar y presentan bajo costo [2].

Hoy en día se usan en la construcción, maquinaria industrial, transporte, eléctrica y electrónica, productos de consumo, envase y embalaje, de los cuales los dos últimos son la principal aplicación de los plásticos con 42 % [3]. La producción de plásticos ha aumentado año con año, alcanzando en

2017 una producción mundial de 348 millones de toneladas [4]. Comparando esta producción con la de 1960, la actual es 20 veces mayor y se estima que se duplicará en los próximos 20 años [5].

La generación de residuos plásticos ha crecido al mismo ritmo que la producción de estos materiales, en 2016 se generaron 242 millones de toneladas a nivel mundial encontrándose en los primeros lugares las regiones Asia Oriental y del Pacífico (57 millones de toneladas), Europa y Asia Central (45 millones de toneladas) y América del Norte (35 millones de toneladas) [6]. Los residuos plásticos entran al ambiente cuando se manejan de manera inadecuada, por ejemplo, cuando se depositan en sitios a cielo abierto, se queman o se arrojan a las vías fluviales. En algunos países se recolectan los residuos plásticos para darles un tratamiento, sin embargo, muchos otros países no cuentan con la infraestructura para procesarlos [7].

Algunas de las afectaciones de los residuos plásticos en el ambiente son: inundaciones al obstruir los drenajes, contaminación de los cuerpos de agua al desecharlos a las vías fluviales e ingesta por algunas especies de fauna marina [8]. Debido a los impactos negativos y a su acumulación en el ambiente se están buscando acciones, para frenar o disminuir su generación, en las cuales participen los distintos actores involucrados, tales como los ciudadanos, empresas y gobierno [6].

Particularmente en México se han promovido diversas iniciativas a nivel estatal y municipal, que incluyen la prohibición o disminución del uso de ciertos plásticos y el empleo de materiales biodegradables para su producción. Aun cuando tales iniciativas demuestran el interés particular que cada entidad federativa tiene por la problemática de los plásticos, no todos los estados las han adoptado y quienes lo han hecho en ocasiones presentan inconsistencias [9].

2. OBJETIVO

Esta investigación tiene por objeto analizar las regulaciones estatales y municipales en materia de residuos plásticos en seis entidades federativas (Ciudad de México - CDMX, Guerrero, Nuevo León, Oaxaca, Quintana Roo y Querétaro).

3. METODOLOGÍA

En la figura 1 se muestra la metodología que se siguió, para llevar a cabo la presente investigación, la cual se dividió en cuatro etapas.

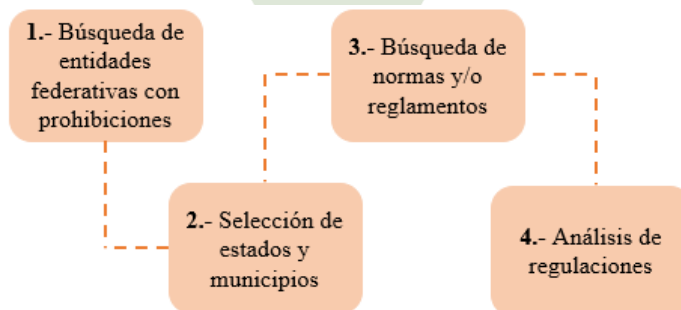


Figura 1. Metodología empleada en la investigación

2.1 Búsqueda de entidades federativas con prohibiciones

Se consultó la plataforma del Senado de la República y se siguió la ruta: información parlamentaria> gaceta del senado> listado de asuntos publicados> iniciativas. Del listado resultante se encontró la iniciativa (más actual) con proyecto de decreto para reformar, adicionar y derogar diversas disposiciones a la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) en materia de plásticos la cual fue propuesta por diferentes partidos políticos (Partido Revolucionario Institucional - PRI, Partido del Trabajo - PT, Encuentro Social, Partido de la Revolución Democrática - PRD, Morena, Movimiento Ciudadano y Partido Acción Nacional - PAN) se tomó como referencia para este trabajo [9].

2.2 Selección de estados y municipios

En el documento de iniciativa se encontraron las entidades federativas y los municipios que cuentan con regulaciones en materia de plásticos las cuales estaban agrupadas por tipo de regulación. Tomando como referencia lo anterior se seleccionaron seis estados y los municipios correspondientes.

2.3 Búsqueda de legislación en materia de plásticos

Seleccionados los estados y municipios se procedió a la búsqueda de las reformas legislativas en materia de residuos sólidos. En todos los casos se consultaron fuentes oficiales tales como, la Gaceta Oficial, el Periódico Oficial y el Diario Oficial, según fuera el caso para cada estado o municipio.

2.4 Análisis de regulaciones

Se verificó si los estados y municipios seleccionados contaban con reformas legislativas en materia de plásticos. Se identificaron dos grupos, las entidades que contaban con regulación estatal o municipal y las que contaban con ambas. En cada una de ellas se revisaron los documentos regulatorios y se identificaron problemas de términos ambiguos, conceptos erróneos, facilidad de acceso y claridad. Adicionalmente en el segundo grupo se identificó si las medidas tomadas a en cada nivel de gobierno regulaban a los mismos productos plásticos o si contemplaban a otros.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este apartado se dan a conocer los resultados de cada una de las etapas de la metodología.

3.1 Búsqueda de entidades federativas con prohibiciones

Con base en la fuente de información consultada se encontró que se han promovido más de 30 iniciativas a nivel estatal y más de 25 a nivel municipal para la prohibición o disminución de plásticos. A partir de esto se seleccionaron los estados y municipios de interés para este trabajo.

3.2 Selección de estados y municipios

Los estados y los municipios seleccionados, con base en el listado que contemplaba la iniciativa, se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Tipos de regulaciones por estado y por municipio

Tipo de regulación	Estado	Municipio
Disminución de bolsas de plástico	Querétaro	Querétaro
Prohibición de bolsas de plástico, unicef, cubiertos y popotes	Guerrero, Quintana Roo y Oaxaca	Cancún
Prohibición de bolsas de plástico, popotes y unicef		Oaxaca de Juárez
Disminución de bolsas de plástico y popotes	CDMX y Nuevo León	CDMX, Monterrey

3.3 Búsqueda de legislación en materia de plásticos

En la tabla 2 se muestra el nombre resumido de la reforma legislativa y el tipo de regulación para cada uno de los estados seleccionados. Cinco entidades federativas contaron con reformas legislativas estatales siendo en su mayoría prohibiciones que se han hecho a leyes o reglamentos existentes en materia de residuos sólidos excepto en el caso de Quintana Roo donde se creó una ley que además de contemplar la prevención y gestión de residuos incluye el tema de economía circular.

Tabla 2. Reformas legislativas por estado

Reforma legislativa	Estado	Tipo de regulación	Referencia
Decreto que reforma la Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal	CDMX	Prohibición	[10]
Decreto que reforma la Ley de Aprovechamiento y Gestión Integral de los Residuos del Estado de Guerrero	Guerrero	Prohibición	[11]
Decreto que reforma la Ley Ambiental del Estado de Nuevo León	Nuevo León	Prevención, control y abatimiento	[12]
Decreto que reforma la Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos	Oaxaca	Prohibición	[13]
Decreto que expide la Ley para la Prevención, Gestión Integral y Economía Circular de los Residuos	Quintana Roo	Prohibición	[14]

Por otro lado, en la tabla 3 se incluyen las reformas legislativas para los municipios las cuales se refieren a la prohibición de plásticos. Se observa que, en el caso de Monterrey, Guerrero y la Ciudad de México no se encontraron regulaciones municipales, en los dos primeros casos, ni regulaciones por alcaldía para el último caso.

Tabla 3. Reformas legislativas por municipio

Reforma legislativa	Municipio	Tipo de regulación	Referencia
Acuerdo que reforma el Reglamento para la Prevención y Gestión Integral de Residuos en el municipio de Benito Juárez	Benito Juárez	Prohibición	[15]
Dictamen que reforma el Reglamento de Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental del Municipio de Oaxaca de Juárez	Oaxaca de Juárez	Prohibición	[16]
Dictamen que reforma el Reglamento para el Funcionamiento de Establecimientos Comerciales del Municipio de Oaxaca de Juárez		Prohibición	[17]
Acuerdo que reforma el Reglamento de Protección Ambiental y Cambio Climático del Municipio de Querétaro	Querétaro	Prohibición	[18]

3.4 Análisis de las regulaciones

Para las entidades que contaban con algún tipo de regulación, se muestran en la tabla 4 los tipos de plásticos regulados, así como los problemas detectados. En cuanto al tipo de plástico regulado, se aprecia que las bolsas de acarreo son las que se han regulado en los cuatro lugares seguidas de los popotes. El resto de los plásticos varía de acuerdo con los intereses de cada estado o municipio.

Con relación a términos ambiguos la mayoría de estos corresponden a “biodegradable” y “compostable”. En Nuevo León, ambos términos se mencionan cuando se especifica que se permitirá el uso de plásticos con tales características, sin embargo, no se define en que consiste cada una. Para Guerrero, también se excluye de la prohibición los plásticos biodegradables y/o compostables refiriéndose en ambos casos a materiales que al desecharse se convierten en abono o composta.

En los términos incorrectos, están “compostable” y “biodegradable” para la CDMX y el Municipio de Querétaro, respectivamente. En el primer caso, la definición hace referencia al material que es sometido a un ambiente rico en CO₂ o en contacto con materiales orgánicos y en el segundo caso, se menciona que una bolsa es biodegradable cuando ha sido fabricada de recursos naturales los cuales pueden ser metabolizados por algún componente del ambiente.

Cada uno de los términos anteriores es diferente. Un plástico biodegradable es aquel que ha sido obtenido de un recurso natural renovable o no y que puede ser degradado por microorganismos bajo condiciones específicas [19] en composta, suelo, ambientes marinos, rellenos sanitarios y procesos de degradación anaerobia [20]. Los plásticos serán más biodegradables en la medida que contengan en su cadena principal más átomos de oxígeno y átomos diferentes al carbono. Por otro lado, el término de plástico compostable se refiere a aquel plástico que se degrada en un proceso de composteo ante la presencia de microorganismos y las condiciones de aire y humedad necesarias [19]. Debido a lo anterior casi todos los documentos regulatorios son confusos, ya que, al no definir bien los términos cada lector entenderá cosas diferentes lo cual dificulta que las personas involucradas cumplan las legislaciones tal como lo requieren las autoridades estatales o municipales.

Aun cuando los documentos regulatorios son públicos el acceso a la mayoría de ellos es difícil, si no se cuenta con la fecha de publicación o nombre exacto de la regulación difícilmente se obtiene el documento. Nuevo León fue el único estado que al escribir en el buscador del periódico oficial la palabra “plástico” arrojó el nombre de la reforma regulatoria en materia de plásticos el cual facilitó la búsqueda del documento correspondiente.

Tabla 4. Aspectos importantes de las regulaciones estatales

Estado o Municipio	Tipo de plástico regulado	Problemas detectados			
		Términos ambiguos	Conceptos incorrectos	Facilidad de acceso o públicos	Claridad
CDMX	Bolsas, cubiertos, palitos mezcladores, platos, popotes, bastoncillos para hisopos, globos y sus varillas, vasos y sus tapas, charolas para alimentos, aplicadores de tampones, productos con microplásticos, cápsulas de café		Compostable	Difícil de acceder	Sí
Nuevo León	Popotes, bolsas, unice	Reusable, biodegradable orgánico y compostable		Fácil de acceder	Es confuso
Guerrero	Bolsas, envases de unice, utensilios de un solo uso, popotes	Biodegradable, compostable		Difícil de acceder	Es confuso
Municipio de Querétaro	Bolsas		Biodegradable	Difícil de acceder	Es confuso

Para las entidades que contaban con ambos tipos de regulaciones, en la tabla 5 se muestra la información relevante de cada una de ellas. Al igual que en los casos anteriores, los plásticos más regulados son las bolsas y los popotes además del unice. Por otra parte, a nivel estatal se regulan más tipos de plásticos que a nivel municipal.

En cuanto a los términos ambiguos además de los antes mencionados, también se encuentran “reusable”, “popotes de acarreo de alimentos” y “oxobiodegradable”. En las regulaciones en donde se mencionan no se da a conocer su definición, por lo que el significado que el lector les dé dependerá del conocimiento que tenga acerca de tales términos o las fuentes que consulte.

Por otro lado, en los conceptos incorrectos se tiene “composta” que se define como proceso natural o inducido de la transformación de la materia orgánica mediante microorganismos, “oxobiodegradable” definido como producto que se somete a oxobiodegradación el cual es un proceso de descomposición donde ocurre simultánea o sucesivamente la oxidación y biodegradación y “biorresiduos” que los definen como sustratos orgánicos biodegradables generados en domicilios, comercios o derivados del arrastre de corrientes marinas, siempre que los últimos sean similares a los primeros.

En el primer concepto la composta no es un proceso, es un producto de color marrón, obtenido a partir del proceso de composteo, que contiene macro y micronutrientes indispensables para el suelo y las plantas [21]. En el segundo concepto las etapas de la oxidación y biodegradación no ocurren de manera simultánea, primero es la oxidación y luego la biodegradación [19]. En el concepto de biorresiduo, los residuos marinos no son similares a los generados en tierra debido a la concentración de sal de los primeros. A partir de esto se puede decir que casi todas estas regulaciones son confusas, excepto la de Benito Juárez donde no se identificaron términos ambiguos, conceptos incorrectos y el documento es conciso y preciso.

Tabla 5. Aspectos importantes de las regulaciones estatales y municipales

Estado/ Municipio	Tipo de plástico regulado	Problemas detectados			
		Términos ambiguos	Conceptos incorrectos	Facilidad de acceso o públicos	Claridad
Oaxaca	Popotes, bolsas, envases de PET, unigel	Reusable, biodegradable y compostable	Composta	Difícil de acceder	Es confuso
Oaxaca de Juárez (Establecimientos comerciales)	Bolsas, envases de unigel, popotes	Oxobiodegradable y biodegradable		Difícil de acceder	Es confuso
Oaxaca de Juárez (Equilibrio Ecológico)	Bolsas, envases de unigel, popotes	Popotes de acarreo de alimentos	Oxobiodegradable y biodegradable	Difícil de acceder	Es confuso
Quintana Roo	Popotes, envases, platos, vasos, tazas, copas, charolas, cubiertos, unigel, bolsas y anillos para envases		Biorresiduos	Difícil de acceder	Es confuso
Benito Juárez	Popotes, bolsas, envases, embalajes y recipientes			Difícil de acceder	Sí

4. CONCLUSIONES

A partir de las regulaciones analizadas en materia de plásticos se observó que casi todas ellas se refieren a la prohibición de bolsas y popotes y que el resto de los productos plásticos contemplados varía de acuerdo con el interés que cada municipio o estado tenga. Por otro lado, se encontró que en la mayoría de los documentos regulatorios se emplean términos ambiguos y conceptos incorrectos de los cuales no existe una homogeneización en cuanto a su significado y que en ocasiones estos suelen ser de fuentes no fidedignas. Lo anterior conlleva a que las regulaciones establecidas sean confusas y por lo tanto difíciles de cumplir.

Debido a lo anterior es importante que tales documentos elaborados por las autoridades incluyan información clara, completa y de fuentes confiables que sean de utilidad para que los actores involucrados puedan cumplirlas de la mejor manera.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Plastics Europe, “¿Qué son los plásticos?,” 2019.
- [2] Wong S. L., Ngadi N., Abdullah T. A. T., Inuwa I. M. “Current state and future prospects of plastic waste as source of fuel: A review,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 50, pp. 1167–1180, Oct. 2015.
- [3] Geyer R., Jambeck J. R., Law K. L. “Production, use, and fate of all plastics ever made,” *Sci. Adv.*, vol. 3, no. 7, p. e1700782, Jul. 2017.
- [4] Plastics Europe, “Plastics - the Facts 2018. An analysis of European plastics production, demand and waste data,” Bruselas, Bélgica, 2018.
- [5] European Commission, “A European Strategy for Plastics in a Circular Economy,” Bruselas, Bélgica, 2018.
- [6] Kaza S., Yao L., Bhada-Tata P., Van Woerden F., “What a Waste 2.0. A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050,” Washington, DC, 2018.
- [7] The Economist, “The known unknowns of plastic pollution,” 2003.
- [8] Bacongus B., “Stemming the Plastic Flood. A Break Free From Plastic Movement Report,” 2018.
- [9] Senado de la República, *Iniciativa con proyecto de decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, en materia de plásticos*. Ciudad de México, México, 2019, p. 38.
- [10] Gaceta Oficial de la Ciudad de México, *Decreto que adiciona las fracciones IV BIS, VIII BIS, XXIII BIS, XXVI BIS, XXVI TER, XXVI QUATER al artículo 3 y una fracción XI BIS al artículo 6; asimismo, se reforman las fracciones VI del artículo 3, XI del artículo 6 y XI BIS del artículo 25, todas en la Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal*. México, 2019, pp. 5–8.
- [11] Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Guerrero, *Decreto número 220 por el que se adiciona el artículo 49 Bis y se deroga el segundo párrafo al artículo 49 de la Ley 593 de Aprovechamiento y Gestión Integral de los Residuos del Estado de Guerrero*. México: Tomo 100, Num. 27 Alcance I, 2019, pp. 2–17.
- [12] Periódico Oficial del Estado, *Decreto 122. Se reforma por modificación las fracciones LIII y LIV y por adición de la fracción LV del artículo 8 de la Ley Ambiental del Estado de Nuevo León*. México, 2019, pp. 4–6.
- [13] Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Oaxaca, *Decreto número 629 mediante el cual se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos*. México, 2019, p. 2.
- [14] Periódico del Estado de Quintana Roo, *Decreto número 337 por el que se expide la Ley para la Prevención, Gestión Integral y Economía Circular de los Residuos del Estado de Quintana*

Roo. México, 2019, pp. 12–119.

- [15] Gaceta Oficial del Municipio de Benito Juárez, *Acuerdo 18-21/046 en el que se aprueba el dictamen de la iniciativa por la que se reforman y adicionan diversas disposiciones del Reglamento para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos en el municipio de Benito Juárez, Quintana Roo*. México, 2019, pp. 2–9.
- [16] Gaceta Municipal de Oaxaca de Juárez, *Dictamen RGRN/014/2018 que aprueba se adicionen las fracciones XXXIV a la XLVI al artículo 5; adición del título tercero, capítulo único que consta de 5 artículos y se recorren los artículos 27 al 114 con sus respectivos títulos y capítulos, al Reglamento*. México, 2018, pp. 103–107.
- [17] Gaceta Municipal de Oaxaca de Juárez, *Dictamen RGRN/014/2018 que aprueba se reforme y adicione al artículo 16, fracciones XVIII y XIX del Reglamento para el Funcionamiento de Establecimientos Comerciales del Municipio de Oaxaca de Juárez*. México, 2018, pp. 107–108.
- [18] La Sombra de Arteaga. Periódico Oficial del Estado de Querétaro, *Acuerdo que reforma el artículo transitorio segundo del Reglamento de Protección Ambiental y Cambio Climático del Municipio de Querétaro*. México, 2018, pp. 27452–27453.
- [19] Vázquez-Morillas A. *et al.*, “Degradación & biodegradación de plásticos. Resumen Ejecutivo 2018,” Ciudad de México, 2018.
- [20] Vázquez-Morillas A., Espinosa-Valdemar R. M., Beltrán-Villavicencio M., and Velasco-Pérez M., “Bioplásticos y plásticos biodegradables,” Distrito Federal, 2014.
- [21] Román P., Martínez M. M., Pantoja A., “Manual de compostaje del agricultor,” Santiago de Chile, 2013.

Hacia Basura Cero: auditoría al Programa de manejo integral de residuos sólidos universitarios en el Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, UNAM

¹Jiménez-Martínez, Nancy Merary

¹ Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias (CRIM-UNAM), Av. Universidad s/n, Circuito 2 CP 62210, Col. Chamilpa, Ciudad Universitaria de la UAEM, Cuernavaca, Morelos, México, Teléfono 7773291600 Ext 38207, njimenez@crim.unam.mx

RESUMEN

En el artículo se expone una forma de evaluar el cumplimiento de los objetivos del programa de manejo de residuos sólidos universitarios que, bajo el enfoque de Basura Cero, se implementa en el campus Morelos de la UNAM. Se propone una caracterización y una cuantificación de los residuos con base en dos fuentes de información: (1) los datos del acopio de los residuos sólidos valorizables y (2) una caracterización de los subproductos de los residuos del bote gris, el de la basura. Los resultados indican que la cantidad de los residuos enviados a la disposición final ha disminuido mediante la separación en la fuente y la elaboración de compostas. Se encontró una transformación en la composición de residuos que indicaría un consumo más responsable y marcaría un camino hacia “Basura Cero”.

Palabras clave: *caracterización de residuos, gestión ambiental, sustentabilidad universitaria.*

1. INTRODUCCIÓN

Desde el 2015 se implantó en el Campus Morelos de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), el Programa de Manejo Integral de Residuos Sólidos Universitarios con el enfoque de Basura Cero (MIRSU-B0), mejor conocido como Basura Cero, la estrategia con la que se procura cumplir con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR), observando una ética universitaria exigente en el manejo de los mismos.

Los objetivos específicos del programa son reducir el impacto de la disposición final de los residuos que se generan en el campus mediante la recuperación de los subproductos valorizables que se envían a cadenas de reciclaje y a compostaje; ser ejemplo de compromiso con el ambiente así como dignificar y modernizar el actual sistema de manejo de residuos.

Una de las primeras tareas que emprendió el equipo de implantación de Basura Cero, fue un ejercicio de consulta para explorar y priorizar los problemas de sustentabilidad en el campus, conocer la disposición de los miembros de la comunidad para participar en el programa de separación de residuos y las expectativas que tenían hacia éste.

Entre las respuestas más destacadas en el tema del manejo de los residuos, se acentúa que 93.3% de los 314 participantes señaló que para disminuir el impacto ambiental de los residuos generados en el campus era importante separar, reciclar y convertir los cestos en separadores de basura. Asimismo,

80% dijo que sería necesario implantar esta práctica en todos los lugares del campus y 93% consideró que para hacerlo se requerían hasta cinco contenedores para segregar: plásticos; papel y cartón; metales y vidrio; compostables; y basura [1].

El programa Basura Cero ha sido exitoso. Se retiraron todos los cestos de basura de los salones, cubículos y oficinas y se instalaron diferentes dispositivos de separación de residuos: islas de separación internas y externas con un esquema que distingue cinco categorías: (1) residuos orgánicos compostables (bote verde); (2) botellas de plástico y bolsas elásticas (bote azul); (3) papel y cartón (bote café); (4) latas, vidrio y envases multicapa (bote amarillo) y (5) otros residuos (bote gris); así como papeleras, depósitos para pilas y contenedores especiales en los sanitarios de mujeres para residuos higiénicos femeninos. Se construyeron centros de acopio para los residuos inorgánicos valorizables y áreas de compostaje para los residuos del bote verde.

De acuerdo con los datos que se recopilan de manera sistemática para monitorear el programa, desde el último cuatrimestre de 2016 hasta junio de 2019 se han recuperado 23 752 kg de residuos valorizables en los centros de acopio; 100% de los residuos orgánicos provenientes de podas y jardinería se envían a la composta municipal y 100% de los residuos del bote verde se usan en el compostaje interno.

Sin embargo, después de tres años de ejecución, es necesario evaluar qué tanto se cumple con los objetivos del programa; es decir, en qué medida se ha disminuido la cantidad de residuos enviados a disposición final y cuánto se ha logrado avanzar hacia una generación de Basura Cero en el campus; pero la evaluación que se propone no es por medio de una encuesta, sino de la expresión concreta de las prácticas de separación y consumo; es decir, a partir de la caracterización del bote gris, en otras palabras, de una auditoría al bote de la basura.

1.1 El manejo de residuos como parte de la sustentabilidad universitaria

La gestión de residuos en un campus universitario es una de las vías para transitar hacia la sustentabilidad universitaria [2], por ello, las acciones tendientes a mejorar su manejo asumen una importancia creciente.

Sin embargo, el éxito de los programas de separación de los residuos no está basado sólo en la tecnología disponible, sino en la participación de las personas, así como en desarrollar y mantener un comportamiento comprometido [3] que se exprese en prácticas de separación y consumo responsable. La literatura sobre el comportamiento de la población universitaria a este respecto se ha centrado en evaluar intervenciones a corto plazo y en documentar las campañas de comunicación y educación emprendidas con este propósito [4]. Entre los hallazgos de estos estudios se señala que los factores que limitan un comportamiento favorable a la separación y reciclaje son la incomodidad [5], la dificultad percibida [6], el conocimiento ambiental general y el comportamiento anterior que el usuario experimentó [7].

Si bien es cierto que las respuestas obtenidas en la encuesta anteriormente referida indican que en el campus prevalecen las actitudes pro-ambientales y una alta disposición a la separación de residuos en la fuente, se considera que, una expresión concreta de dicha actitud, es la práctica de la separación misma. Por lo cual, se propone a la caracterización de los residuos como un reflejo de dicha práctica y como un insumo que permitirá mejorar la gestión de los residuos en el campus.

2. OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo es evaluar qué tanto se cumplen con los objetivos de Basura Cero en una de las entidades académicas del campus Morelos, el Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias (CRIM). Específicamente en qué medida se ha disminuido la cantidad de residuos enviados a disposición final mediante la recuperación de residuos y la elaboración de composta. Se informa lo anterior, a partir de una caracterización de los residuos generados.

3. METODOLOGÍA

Para la caracterización de los residuos se recurrió a dos fuentes de información. La primera son los datos proporcionados por la asociación denominada Nosotros Reciclamos, que cada semana recolecta los residuos valorizables del campus e informa la cantidad en kilogramos que se envía a cadenas de reciclaje, además la información proporcionada por la Administradora Ejecutiva del Programa Basura Cero, quien es la responsable del pesaje de los residuos del bote verde y de la elaboración de las compostas. Por lo tanto, a partir del recuento de materiales valorizables recolectados, se estimó la cantidad de residuos generados, desechados (separados correctamente) y recuperados en el centro de acopio.

Los datos anteriores se completaron con una segunda fuente de información correspondiente a aquellos obtenidos de la caracterización específica al bote gris, que consistió en la identificación de los componentes que constituyen el flujo de residuos que son depositados en éste y su distribución relativa, basada en el porcentaje por peso.

3.1 Descripción del área de estudio

Se decidió llevar a cabo este estudio en el CRIM, porque es una de las entidades académicas donde el programa se ha implementado con menos inconvenientes y porque en este centro se presentaron las condiciones para organizar el acopio y pesaje de los residuos, y la clasificación de los subproductos.

El CRIM es un centro de investigaciones en ciencias sociales que se localiza en el Campus Morelos, en la ciudad de Cuernavaca. Es pequeño en extensión física y en población, cuenta con una población de 131 personas (76 académicos y 55 trabajadores administrativos y manuales) y una superficie de 8611 m², de la que el 48.8% son áreas verdes.

3.2 Materiales y métodos

Para la caracterización de los residuos se solicitó a la funcionaria responsable de los servicios generales que informara al personal encargado de la recolección de los residuos, que se almacenaran aquellos del bote gris durante una semana laboral (de 10 al 14 de junio de 2019), independientemente de la isla de la que procedieran. Las bolsas fueron recolectadas y llevadas al centro de acopio, que sirvió como espacio de almacenamiento temporal.

Se analizaron todas las bolsas acopiadas en la semana en el centro de acopio de la entidad y se clasificaron los residuos de manera manual sobre un plástico grande. La clasificación y el pesaje de los residuos tomaron aproximadamente cinco horas. Dicho proceso se efectuó al final de la última recolección del viernes 14 de junio.

Las categorías de clasificación de los residuos se adaptaron conforme la propuesta establecida por la norma mexicana NMX-AA-22-1985; de acuerdo con el tipo de residuos que son recuperados por el programa y que están condicionados a las salidas disponibles en el mercado de reciclaje local; y a los residuos que se generan específicamente en el CRIM y que son resultado de un cambio en los criterios institucionales de compra (específicamente la vajilla compostable y las bolsas biodegradables en sustitución de sus homólogos de plástico).

Los residuos se clasificaron en dieciocho categorías: (1) bolsas de fécula de maíz, (2) bolsas de plástico (polietileno de baja densidad), (3) botellas de polietileno de alta densidad (HDPE), (4) botellas de tereftalato de polietileno (PET), (5) cartón, (6) colillas de cigarro, (7) desechables compostables (de fécula de maíz), (8) desechables de plástico (polipropileno), (9) envolturas metalizadas (polipropileno), (10) material ferroso (aluminio, grapas, clips), (11) otros residuos de plástico (envolturas, empaques y contenedores hechos de mezclas de polipropileno, poliestireno y polietileno), (12) papel (hojas, revistas, periódico), (13) residuos alimenticios, (14) residuos finos (de barrido), (15) residuos sanitarios, (16) servitoallas, (17) trapos, y (18) unicel (poliestireno expandido).

Una vez concluida la clasificación, los residuos de cada subproducto se depositaron en bolsas de fécula de maíz y se pesaron en una báscula comercial digital Torrey SXB de batería recargable con capacidad de 20 kg. Los datos se asentaron en una hoja de registro. Después, se procedió al cálculo del porcentaje de cada subproducto, tomando en cuenta el peso total de los residuos generados en una semana en el bote gris (Gt) y el peso de cada componente (Pi). El porcentaje se calculó con la siguiente fórmula: $\text{Porcentaje} = (Pi/Gt) 100$.

Para contrastar los datos resultantes de este ejercicio se tomaron como referencia los datos de un estudio de generación y composición de residuos llevado a cabo en 2015, previo a la implantación del Programa.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del estudio permiten analizar críticamente el desempeño del programa Basura Cero. Un estudio de generación y composición de residuos efectuado en el CRIM en 2015 arrojó que se generaban 88.24 kg de residuos por semana, de los cuales 36.06% correspondía a residuos orgánicos, 34.72% a residuos inorgánicos valorizables y 29.21% a residuos no valorizables o propiamente basura. En ese momento, el total de los residuos se enviaba a los sitios de disposición final.

Después de tres años de implantado el programa Basura Cero y partiendo de los datos del presente estudio, la generación de residuos actual es de 92.19 kg por semana, lo cual significa que la generación aumentó en 4%. En tanto que su composición es la siguiente: 45.3% corresponden a residuos valorizables, 33.9% son residuos compostables y 20.8% equivalen a residuos no valorizables.

Aunque estos datos en sí mismos indican que se cumple ampliamente con el objetivo del Programa Basura Cero, que es evitar el envío de los residuos a la disposición final. Es importante señalar que la caracterización del bote gris da cuenta que una mala separación en el origen impacta la consecución de dicho objetivo, toda vez que 35% de los residuos fueron depositados ahí de manera incorrecta. Esta cifra representa 11% del total de los residuos generados.

4.1 Caracterización de los residuos del bote gris

La caracterización de los residuos del bote gris generados en una semana en el CRIM, dio un total de dieciocho categorías, en las que predominan las servitoallas y los residuos alimenticios, como se observa en la tabla 1, donde se muestra la clasificación y cuantificación de los subproductos identificados.

Tabla 1. Clasificación y cuantificación de subproductos del bote gris

Categorías de subproductos	Masa (kg)	% masa
Bolsas de fécula de maíz	2.00	7
Bolsas de plástico (polietileno de baja densidad)	1.89	6
Botellas de HDPE (polietileno de alta densidad)	0.28	1
Botellas de PET (tereftalato de polietileno)	0.20	1
Cartón	0.92	3
Colillas de cigarro	0.05	0
Desechables compostables (de fécula de maíz)	0.59	2
Desechables de plástico (polipropileno)	1.33	5
Envolturas metalizadas (polipropileno)	0.35	1
Material ferroso (aluminio, grapas, clips)	0.18	1
Otros residuos de plástico (envolturas, empaques y contenedores hechos de mezclas de polipropileno, poliestireno y polietileno)	1.08	4
Papel	0.66	2
Residuos alimenticios	3.70	13
Residuos finos (de barrido)	0.09	0
Residuos sanitarios	0.22	1
Servitoallas	15.17	51
Trapo	0.38	1
Unicel (poliestireno expandido).	0.45	2
Total	29.54	100

Los datos de la tabla permiten advertir dos aspectos interesantes: el primero es que 35% de dichos residuos fueron incorrectamente separados por el usuario: 21% corresponden a residuos que debieron depositarse en el bote verde, para la elaboración de compostas (alimenticios y desechables compostables); 8% son residuos del bote azul (bolsas de plástico, botellas de HDPE y botellas de PET); 5% residuos del bote café (papel y cartón) y 1% del bote amarillo (material ferroso correspondiente a residuos de aluminio, grapas y clips). De ahí que, a partir de una mala separación

en el origen, se vulneran los objetivos del programa, al no contribuir a la disminución de residuos enviados a la disposición final.

El segundo aspecto tiene que ver con la alta prevalencia de las servitoallas. La presencia de este residuo merece una atención especial al indicar una transición en las prácticas de consumo dentro de CRIM, donde la población ha demostrado un compromiso con el programa y han sustituido el uso de vajilla desechable por una reutilizable, la cual se lava en las cocinetas de la entidad y se seca con servitoallas. Asimismo, los proveedores de comida venden diariamente alimentos en recipientes reutilizables con los que siguen el mismo proceso. Se considera que estos son factores explicativos del incremento en la generación de este residuo.

Por otra parte, que 51% de los residuos del bote gris sean servitoallas presenta oportunidades para Basura Cero, al permitir la exploración de un mercado de productos ecológicos para satisfacer necesidades tan específicas del campus (actualmente dichas servitoallas son fabricadas con materiales mixtos y por lo menos 50% de sus insumos son reciclados) y por plantear un reto en el diseño de estrategias para su disminución. Ya lo decía la Dra. Severina Salvatierra en una de las “Crónicas de la Basura Universitaria”[8], un instrumento de comunicación desarrollado por el programa al interior del campus, que no sólo debería exigirse a los universitarios traer su taza sino también una toalla para secarse las manos.

Asimismo es de destacar que 26% de los residuos del bote gris contienen algún elemento de plástico, es cierto que algunos son reciclables y que llegaron ahí por una mala separación en el origen (15%); sin embargo, el resto de los residuos cuyos componentes son polipropileno o mezclas de polipropileno, poliestireno y polietileno son difícilmente reciclables en el mercado local y representan una parte importante de la basura del campus. Este dato es un indicador de la importancia de este subproducto en el flujo de residuos sólidos urbanos y de la urgencia que sea considerado como objeto de una estricta regulación.

4.2 Hacia basura cero

Al integrar la información correspondiente a los residuos valorizables segregados en las islas de separación y recuperados en los centros de acopio con los datos de caracterización del bote gris, se encuentra que la generación semanal de residuos sólidos urbanos en el CRIM es de 92.19 kg, por lo que podría considerarse que no ha habido un incremento importante en la generación de residuos con respecto a la estimada en 2015.

Sin embargo, aunque dicha variación no es significativa sí hay una variación cualitativa en la composición de los residuos que vale la pena destacar. En la figura 1 se muestra una comparación de la composición de los residuos generados en 2015 y 2019.

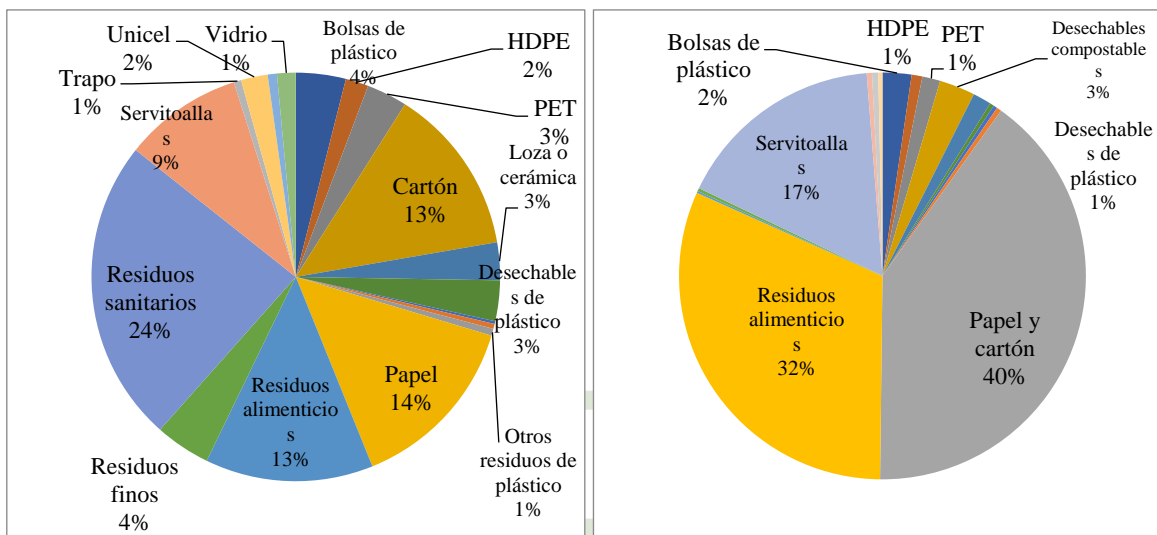


Figura 1. Composición de residuos sólidos urbanos en el CRIM en 2015 y 2019

Se observa que en la composición actual de residuos hay una prevalencia de residuos de papel y cartón y residuos alimenticios. Se podría asumir que la implantación del programa Basura Cero ha conducido a una transformación en los hábitos de consumo y por ende ha modificado la composición de los residuos: por una parte, el Programa ha incentivado la compra y el uso de desechables compostables y de bolsas biodegradables, así como la prevalencia de residuos alimenticios y de papel y cartón; y por otro, ha incentivado la disminución de otros, como las bolsas del plástico, los envases de HDPE, las botellas de PET, los desechables de plástico y el unicel, y casi se han erradicado los residuos sanitarios.

Al agrupar los residuos en cuatro grandes categorías, de acuerdo con su composición (figura 2): plásticos, papel y cartón, compostables y no valorizables, las cuales comprenden más de 97% del peso de los residuos del CRIM, se identifica que, a partir de la implantación del programa Basura Cero se produjo una transformación cualitativa en la composición de los residuos y un desplazamiento hacia una generación de residuos más responsable en comparación con la composición de residuos del 2015.

Sobresale el caso de los residuos no valorizables que disminuyeron 11.5 puntos porcentuales en relación con el peso que tuvieron en la composición del 2015 y los plásticos que se redujeron 9.7% en el mismo periodo.

Puede decirse que el incremento en la proporción de residuos de papel y cartón se debe en gran medida a las modificaciones en los criterios institucionales de compra, que han privilegiado un consumo responsable mediante la adquisición de productos que puedan reciclarse al final de su vida útil; así se compran carpetas, revisteros, charolas, bolsas, separadores, y promocionales de papel y cartón.

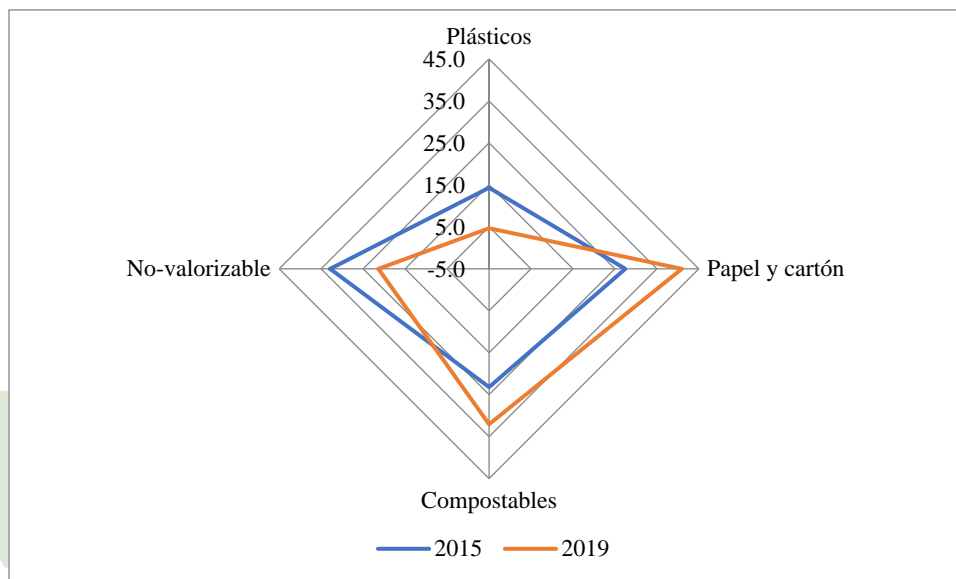


Figura 2. Cambios en la composición de residuos sólidos urbanos en 2015 y 2019

5. CONCLUSIONES

Los resultados apuntan a que, si bien no se ha logrado una disminución en la generación de residuos, a diferencia de lo que ocurría en 2015, en 2019 el Programa Basura Cero ha logrado que 67.9% de los residuos generados y correctamente separados por los usuarios del Programa sean objeto de algún tipo de aprovechamiento: 41% son enviados a cadenas de reciclaje locales, y 27% son tratados dentro del CRIM para la producción de composta.

Asimismo este estudio permitió advertir que 11% de los residuos generados se depositan de manera incorrecta en los dispositivos de separación. Se observa la necesidad de continuar y reforzar la estrategia de una capacitación constante entre los miembros de la comunidad con el fin de disminuir esta fracción de residuos.

Finalmente, la transformación cualitativa en la composición de residuos revela que aunque se ha disminuido porcentualmente la generación de ciertos residuos, se imponen nuevos desafíos por la prevalencia de otros. Lo que indica que Basura Cero es un camino y no una meta.

AGRADECIMIENTOS

Se extiende un profundo agradecimiento a Gabriela Celis Almada, quien fungió como administradora ejecutiva del Programa MIRSU B0 de 2017 a 2019, su colaboración y disposición para la elaboración de la caracterización del bote gris fueron una ayuda invaluable.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Programa de Manejo de Residuos Sólidos Universitarios con enfoque Basura Cero, Primer cuestionario sobre el manejo de la basura en la UNAM, Campus Morelos, MIRSU-B0, 2015.
- [2] Smyth, D. 2008. *University of Northern British Columbia Waste Audit Report*, 2008, Green University Planning Committee. Prince George, BC Canadá. 13 pp.

- [3] Kelly, T.C., Mason, I.G., Leiss, M.W., Ganesh, S. 2006. “University community responses to on-campus resource recycling”. *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 47 (2006) pp. 42-55.
- [4] Kaplowitz, M.D., Yeboah, F.K., Thorp, L., Wilson, A. M. 2009. “Garnering input for recycling communication strategies at a Big Ten University”. *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 53 (2009) pp. 612-623.
- [5] McCarty, J.A., Shrum, L.J. 1994. “The recycling of solid wastes: Personal values, value orientations, and attitudes about recycling as antecedents of recycling behaviour”. *Journal of Business Research*, Vol. 30(1) pp. 53-62.
- [6] Cheung, S.F., Chan, D.K.S., Wong, Z.S.Y. 1999. “Re-examining the theory of planned behavior in understanding wastepaper recycling”. *Environment and Behaviour*. Vol. 31(5) pp. 587–612.
- [7] Rise, J., Thompson, M., Verplanken, B. 2003. “Measuring implementation intentions in the context of the theory of planned behaviour”. *Scand J Psychol* Vol. (2) pp. 87–95.
- [8] García-Barrios, J.R., 2019. *Crónicas de la basura universitaria*, Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, UNAM. Cuernavaca, Morelos. 130 pp.

Generación de plásticos versus actividades económicas en cuatro municipios del Estado de México

¹María del Consuelo Hernández Berriel, ¹María del Consuelo Mañón Salas, ²Otoniel Buenrostro Delgado, ¹María del Carmen Carreño de León, ¹Isaías de la Rosa Gómez

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Toluca, Av. Tecnológico S/N, Colonia Llano Grande, C.P. 52148 Metepec, Edo. de México, 01 722 208 7200, extensión (3630).

²Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Av. San Juanito Itzicuaru S/N, Arboledas Valladolid, C.P. 58330 Morelia, Michoacán.

RESUMEN

Los plásticos permiten hacer llegar a la población múltiples productos en forma higiénica, segura y práctica. Aunado a ello, desde el siglo pasado ha ido en ascenso su importancia económica y sus características de resistencia a la oxidación les permite permanecer en el ambiente por periodos de 100 a 1000 años; esto último ocasiona que los plásticos contaminen el agua, el suelo y el aire; y pongan en riesgo a un sinnúmero de especies. Si bien más de 50 países se han unido a la campaña “Mares Limpios de la Organización de las Naciones Unidas Medio Ambiente”, así como varias de las principales empresas; se presume que la producción y uso de plástico depende de las actividades económicas. Aunado a lo anterior, en la mayoría de los municipios del Estado de México se carece de información sobre las cantidades de plástico que llegan a los sitios de disposición final, por lo que el objetivo de este trabajo fue determinar el grado de relación que existe entre las actividades económicas y los diferentes tipos de plásticos en los residuos sólidos urbanos (RSU). Para ello se recopiló información sobre la generación y disposición de los RSU mediante una cédula de entrevista, se les caracterizaron *in situ*; y se realizó un análisis de correlación entre cinco actividades económicas y los tipos de plástico polietileno tereftalato (PET), polietileno de alta densidad, polietileno de baja densidad, poliestireno y otros plásticos y materiales compuestos. Entre los resultados destaca una relación muy fuerte entre las actividades económicas y los plásticos de película y PET.

Palabras clave: *actividades económicas, caracterización física, correlación, tipos de plásticos.*

1. INTRODUCCIÓN

El 99% de los compuestos conocidos como plásticos son polímeros sintetizados a partir de compuestos orgánicos de fuentes fósiles; entre ellos se identifican el polietileno tereftalato (PET o PETE, No.1), polietileno de alta densidad (PEAD o HDPE, No. 2), policloruro de vinilo (PVC, No. 3), polietileno de baja densidad (PEBD o LDPE, No. 4), polipropileno (PP, No. 5), poliestireno (PS, No. 6) y otros como el poliuretano (No. 7) [1].

El uso de plásticos parece imprescindible actualmente, lo cual puede atribuirse a que permiten hacer llegar a la población múltiples productos en forma higiénica, segura y práctica. Entre las aplicaciones que tienen los plásticos destacan su utilización para envasar, conservar y distribuir agua, alimentos y medicamentos; artículos de higiene personal, de limpieza, cosmetología y un gran número de otros

productos; también se les puede encontrar en embalajes; en la elaboración de ropa, juguetes, bolsas, y utensilios diversos, así como en la construcción, en la agricultura y en el transporte [2]. Aunado a la utilidad de los plásticos, desde el siglo pasado ha ido en ascenso su importancia económica, como puede verse en reportes que indican que la producción mundial de plásticos creció un 3.8% en 2017, donde Asia aportó el 50.1% con China a la cabeza; Unión Europea (28 países) produjo el 18.5%; México, Estado Unidos y Canadá (Región NAFTA) el 17.7%; Oriente Medio y África el 7.1%; Latinoamérica el 4%; y la región de la Comunidad de Estados Independientes formada por exrepúblicas soviéticas (CIS) el 2.6% [3].

La diversidad de usos que se les ha dado a los plásticos se debe a sus características, pues además de ser flexibles y livianos, se les puede combinar y no se oxidan, por lo que resisten diversos factores físicos y químicos; de ahí que pueden tardar en descomponerse entre 100 y 1000 años. Esto último desde el punto de vista de los residuos que se generan tras su utilización, les permite permanecer en el ambiente y ha originado inmensas islas de plástico en el océano y un sinnúmero de animales muertos por la ingesta de plástico. Entre las noticias desoladoras la Organización de las Naciones Unidas (ONU) reporta “Cada minuto se compran un millón de botellas de plástico y, al año, se usan 500 000 millones de bolsas. Ocho millones de toneladas acaban en los océanos cada año, amenazando la vida marina”. Ante esta problemática, organizaciones gubernamentales y sociales de todo el mundo promueven la disminución del uso de materiales como las bolsas de plástico o los popotes, identificados como “plásticos de un solo uso”; más de 50 países se han unido a la campaña “Mares Limpios de ONU Medio Ambiente” y con el fin de reducir las 8 300 millones de toneladas de plástico que se han producido desde 1950 a la fecha y que se prevé aumenten a alrededor de 34 000 millones de toneladas en 2050, empresas como Nestlé, Unilever, Coca Cola, Procter & Gamble, Dell y Danone, prometen que sus empaques plásticos serán 100% reciclables o reusables para 2020 o 2025 [4] –[6].

Se estima que en México se producen 300 millones de toneladas de plásticos al año, de las cuales sólo se recicla el 3%; y aunque se han intensificado las campañas para reducir el consumo de plástico, en América Latina la industria sigue creciendo y en términos de ventas se espera un buen 2019. De manera alternativa se han desarrollado plásticos biodegradables, sin embargo la mayoría de ellos no han sido validados bajo las condiciones que se tienen en los sitios de disposición final (SDF) de residuos sólidos urbanos (RSU) y de manejo especial [7] – [9].

Si bien, el sector industrial influye en la producción y uso de los diferentes tipos de plásticos, existen otros actores que deben considerarse y pueden agruparse según su actividad económica; donde este término debe entenderse como el conjunto de acciones realizadas por una unidad económica, cuyo propósito es producir o proporcionar bienes y servicios que se intercambian por dinero u otros bienes o servicios. Las actividades económicas se clasifican para jerarquizarlas por procesos productivos, los cuales puedan ser utilizados para catalogar unidades estadísticas con base en su actividad económica principal. Esta clasificación se compone de dos niveles de agregación; el primero corresponde a los 20 sectores de actividad de la Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN 2007); la cual tiene como base la agrupación tradicional de actividades económicas en tres grandes grupos: primarias (explotación de recursos naturales), secundarias (transformación de bienes) y terciarias (distribución de bienes, operaciones con información, operaciones con activos, servicios cuyo insumo principal es el conocimiento y la experiencia del personal, servicios relacionados con la recreación, servicios residuales). El segundo nivel obedece a requerimientos específicos de clasificación debido a la fuente de información en que se utiliza, pues las actividades económicas se captan directamente de informantes en hogares y no de unidades económicas [10][11].

El Estado de México está conformado por 125 municipios, con un rango poblacional de 3 872 a 1 677 678; y entre sus actividades económicas a nivel municipal se identifican: agropecuaria, profesional-técnico-administrativo, industria, comercio y no especificada para otras actividades diferentes a las mencionadas [10][12]. Aunado a lo anterior en la mayoría de sus municipios se carece de información detallada sobre la composición de los plásticos en los RSU que se generan y disponen.

2. OBJETIVO

Determinar el grado de relación entre las actividades económicas y los diferentes tipos de plásticos que se disponen con los RSU.

2. METODOLOGÍA

En el presente estudio se seleccionaron cuatro municipios: Axapusco, Zacualpan, Huixquilucan y Tejupilco; los cuales se ubican respectivamente en la parte noreste, sureste, este y suroeste del Estado de México (Figura 1). Estos municipios suman el 2% de la población del Estado de México (388 324 habitantes).

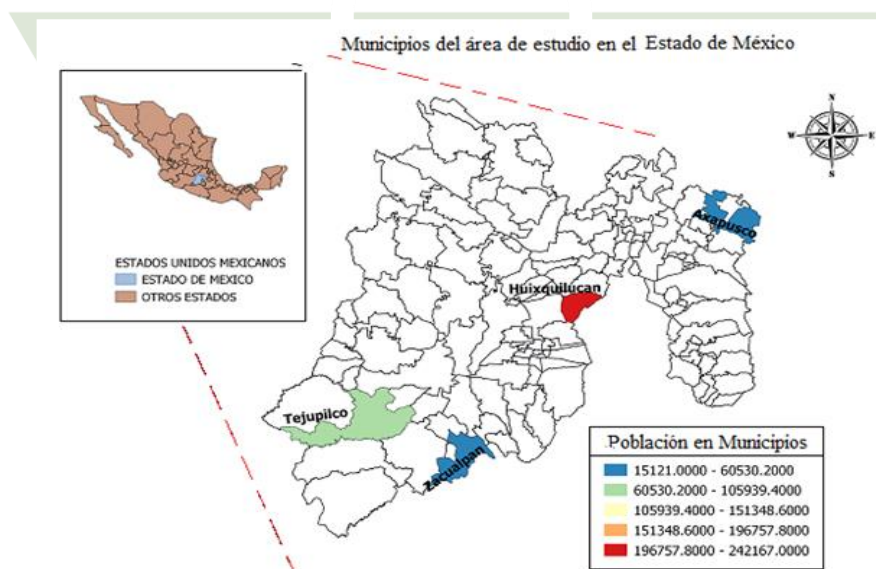


Figura 1. Ubicación de los municipios del área de estudio

2.1 Determinación por tipos de plásticos

En los municipios mencionados se realizaron estudios de caracterización de RSU en sus SDF en la época de estiaje 2017. Para tal fin se emplearon las normas NMX-AA-15-1985 y NMX-AA-022-1985 [13] y durante los estudios de caracterización se identificaron un total 32 subproductos. A los responsables del manejo de los residuos en cada municipio se les aplicó una cédula de entrevista y entre los datos recabados se obtuvo la cantidad de RSU que generan y depositan en los SDF de cada municipio.

Los plásticos presentes en los RSU se clasificaron en cinco tipos: PET (1), PEAD (2, plástico rígido), PEBD (4, plásticos de película), PS-E (6, PS expandido) y poliuretano (7, PU). Partiendo de los porcentajes en peso de los subproductos de la caracterización *in situ* y de la cantidad diaria dispuesta

de RSU en los SDF en cada uno de los cuatro municipios, se calculó la cantidad de cada tipo de plástico que se deposita.

2.2 Análisis

Posteriormente mediante el software estadístico SPSS V.13 se realizó un análisis de correlación, con el fin de cuantificar el grado de relación entre las actividades económicas, que a nivel municipal se identifican como: agropecuaria (Act_Agropecuaria); profesional, técnico y administrativo (Act_Prof_tec_admo); industrial (Act_Industria); de comercio (Act_Comercio) y no especificada; con respecto a los cuatro tipos de plásticos cuantificados.

El coeficiente de correlación de Pearson (r), puede tomar valores entre -1 y +1, donde el signo positivo indica que si una variable se incrementa, la otra también se incrementa; con un signo negativo indica que mientras una variable se incrementa, la segunda disminuye. Si dos variables son independientes, el coeficiente de correlación es cero. La fuerza de la relación incrementa a medida que el coeficiente de correlación se aproxima a -1 o +1. El nivel crítico permite decidir sobre la hipótesis nula (H_0) de independencia lineal. El valor p para la significación de dos colas es 0.000. Se rechaza la H_0 de independencia cuando el nivel crítico sea menor que el nivel de significación definido (p -value < 0.05) [14].

3. RESULTADOS

En la tabla 1 se presentan las cantidades de los RSU dispuestos de cada municipio agrupados por categoría, donde puede observarse que Huixquilucan dispone una mayor cantidad de residuos orgánicos y otros residuos, sin embargo, en cuanto a plásticos, este municipio dispone una cantidad similar a la de Tejupilco, lo cual puede deberse a que en Huixquilucan se separan plásticos para su reciclado.

Tabla 1. Composición por categorías de subproductos de RSU dispuestos de municipios estudiados

Municipio	RSU dispuestos (t/día)	Residuos orgánicos (t/día)	Otros residuos inorgánicos y reciclables (t/día)	Plásticos (t/día)
Tejupilco	63	18.62	23.72	20.67
Axapusco	26	7.44	13.86	4.70
Huixquilucan	130	46.52	62.49	20.99
Zacualpan	18	5.88	6.66	5.46

La tabla 2 concentra la información en cuanto a los cinco tipos de plásticos caracterizados, detectándose que PET duplica la cantidad depositada de Plástico rígido y se encuentra ligeramente por encima del plástico de película.

Tabla 2. Generación de plásticos en municipios del área de estudio

Municipio	PET (1) (t/día)	PEAD (2) (t/día)	PEBD (4) (t/día)	PS-E (6) (t/día)	PU (7) (t/día)
Tejupilco	8.38	4.84	7.42	0.03	0.00
Axapusco	0.23	0.72	3.62	0.11	0.02
Huixquilucan	0.56	6.69	13.33	0.42	0.00
Zacualpan	0.30	1.98	2.82	0.21	0.15

En la figura 2 se observa que Huixquilucan destaca en tres de las cuatro actividades económicas (comercio, industria y profesional, técnico y administrativo), con excepción de la actividad agropecuaria, en donde Tejupilco destaca.

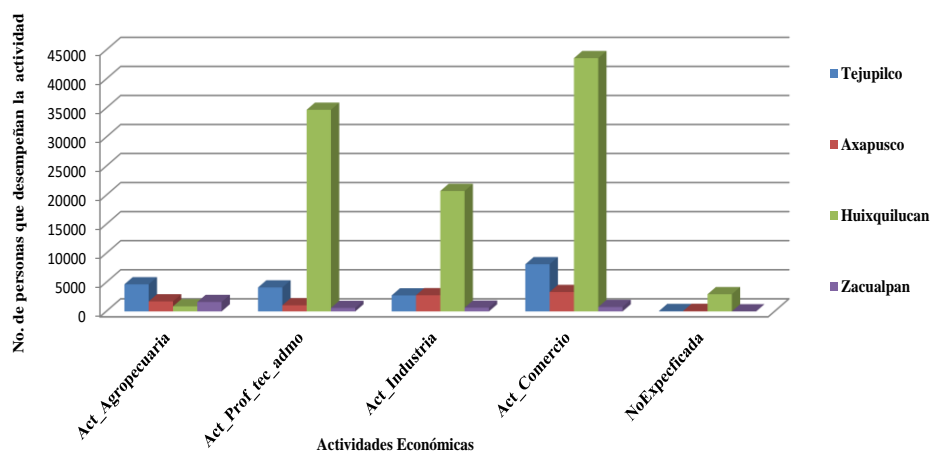


Figura 2. Clasificación de actividades económicas por municipio

La tabla 3 presenta el número de habitantes que trabajan en cada una de las actividades económicas de los municipios de estudio. Se observa que Huixquilucan es el municipio con el mayor número de habitantes dedicados al comercio, industria y actividades profesionales, técnicas y administrativas.

Tabla 3. Habitantes por actividades económica a nivel municipal

Municipio	Actividad económica				
	Agropecuaria	Profesionales, técnicas y administrativas	Industria	Comercio	No especificada
Tejupilco	4 660	4 121	2 754	8 113	61
Axapusco	1 728	1 051	2 779	3 338	78
Huixquilucan	867	34 699	20 721	43 588	2 959
Zacualpan	1 615	596	640	753	6

En la tabla 4 se presenta la matriz de correlación de las actividades económicas con respecto a los cinco tipos de plásticos. Se observa que PET con la actividad agropecuaria y plástico de película con la actividad comercio, presentan una significancia ($p\text{-value} < 0.05$); así como una fuerte relación entre la variable PET y la actividad agropecuaria ($r = 0.965$); y otra relación fuerte la presenta plástico de película y la actividad de comercio ($r = 0.96$). Se rechaza la correlación entre el plástico de película y las actividades industria y profesional, técnico y administrativo debido a que su nivel de significancia es $p\text{-value} > 0.05$.

Tabla 4. Matriz de correlación de Pearson

Plástico	Actividad económica			
	Agropecuaria	Profesional, técnico y administrativo	Industria	Comercio
PET	0.965	-0.21	-0.25	-0.16
Significancia	0.035	0.79	0.75	0.84
PEAD (plástico rígido)	0.09	0.82	0.78	0.84
Significancia	0.91	0.18	0.22	0.16
PEBD (plástico de película)	-0.14	0.94	0.93	0.96
Significancia	0.86	0.06	0.07	0.04
PU (poliuretano)	-0.28	-0.42	-0.46	-0.47
Significancia	0.72	0.58	0.54	0.53
PS-E (poliestireno expandido)	-0.80	0.86	0.86	0.83
Significancia	0.20	0.14	0.14	0.17

Con el fin de verificar las relaciones entre las variables se ejecutó la prueba Kendall tau-b. Como se muestra en la tabla 5, las relaciones que se encontraron sólo fueron: una correlación positiva perfecta entre plástico de película y la actividad económica profesional, técnico y administrativo ($r = 1$ y $p\text{-value} = 0.042$) y una correlación negativa perfecta entre poliestireno expandido y la actividad agropecuaria ($r = -1$ y $p\text{-value} = 0.042$).

Tabla 5. Matriz de correlación de la prueba Kendall tau-b

Kendall tau-b		Actividad económica			
		Agropecuaria	Profesional, técnico y administrativo	Industria	Comercio
PET	r	0.00	0.33	0.00	0.33
	p-value	1.00	0.50	1.00	0.50
PEAD (plástico rígido)	r	-0.33	0.67	0.33	0.67
	p-value	0.50	0.17	0.50	0.17
PEBD (plástico de película)	r	0.00	1.00	0.67	1.00
	p-value	1.00	0.04	0.17	0.04
PU (poliuretano)	r	-0.33	-0.67	-0.33	-0.67
	p-value	0.50	0.17	0.50	0.17
PS-E (poliestireno expandido)	r	-1.00	0.00	0.33	0.00
	p-value	0.04	1.00	0.50	1.00

Cabe mencionar que la prueba Kendall tau-b es no paramétrica, por lo tanto es menos estricta que la de Pearson, razón por la que se esperaba un mayor número de correlaciones entre las variables [14]; sin embargo sólo se obtuvieron dos correlaciones y diferentes a las determinadas con la prueba de Pearson, lo cual puede atribuirse al tamaño de muestra utilizado.

4. CONCLUSIONES

Conforme a la prueba de correlación de Pearson se verifica que existe una relación muy fuerte entre PET con la actividad agropecuaria y plástico de película con la actividad comercio.

Es posible que la prueba de correlación de Kendall tau-b haya dado correlaciones diferentes a la prueba de Pearson debido al tamaño de muestra utilizado, por lo que para mejorar la exactitud de los resultados es recomendable incrementar el tamaño de la muestra.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Fondo Sectorial de Investigación Ambiental CONACyT-SEMARNAT por el soporte financiero a través del proyecto 263315 “Ubicación de rellenos sanitarios intermunicipales futuros en el Estado de México y estados aledaños” para la realización de este trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Ortiz Hernández, M.L. 2013. El impacto de los plásticos en el ambiente. La Jornada Ecológica. (Consultado el 08 de agosto 2019). <https://www.jornada.com.mx/2013/05/27/eco-f.html>
- [2] NGE. 2019. ¿Dónde usamos los plásticos en el día a día? National Geographic España (NGE) (Consultado 10 de agosto de 2019). https://www.nationalgeographic.com.es/mundo-ng/grandes-reportajes/donde-usamos-plasticos_12717/1
- [3] Mundo PLAST. 2018. Tendencias del plástico. Revista profesional del plástico y sus tecnologías. (Consultado el 02 de septiembre 2019). <https://mundoplast.com/produccion-mundial-plasticos-2017/>
- [4] NG. 2018. Planet or Plastic? National Geographic (NG). (Consultado el 30 de agosto 2019). <https://www.nationalgeographic.com/environment/planetorplastic/>
- [5] ONU. 2018. ¿Qué están haciendo las empresas para frenar el torrente de plásticos? (Consultado el 22 de agosto 2019). <https://www.unenvironment.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/que-están-haciendo-las-empresas-para-frenar-el-torrente-de>
- [6] ONU. 2019. Compromiso mundial para reducir los plásticos de un solo uso. Noticias ONU 15 Marzo 2019 Cambio climático y medioambiente. (Consultado el 30 de agosto 2019). <https://news.un.org/es/story/2019/03/1452961>
- [7] Santillán, M.L. 2018. Una vida de plástico. Ciencia UNAM. (Consultado el 29 agosto 2019). <http://ciencia.unam.mx/leer/766/una-vida-de-plastico>
- [8] Cristán Frías, A., Ize Lema, I., Gavilán García, A. 2003. “La situación de los envases de plástico en México”. *GACETA ECOLÓGICA*, Publicación trimestral INE-SEMARNAT. México Nueva época. ISSN 1405-2849. Número 69, pp 67-82.
- [9] Góngora Pérez, J.P. 2014. La industria del plástico en México y el mundo Comercio Exterior. Volúmen 64, número 5, septiembre y octubre de 2014. (Consultado el 15 de agosto 2019). http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/761/3/la_industria_del_plastico.pdf
- [10] INEGI. 2008. Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte 2007 (SCIAN 2007), México. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). (Consultado el 28 de agosto 2019). [https://www.snieg.mx/contenidos/espanol/normatividad/tecnica/SCIAN%20M%C3%A9xico%202007%20\(26enero2009\).pdf](https://www.snieg.mx/contenidos/espanol/normatividad/tecnica/SCIAN%20M%C3%A9xico%202007%20(26enero2009).pdf)
- [11] INEGI. 2019. Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte 2018 (SCIAN 2018). Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). (Consultado el 28 de agosto 2019). <https://www.inegi.org.mx/app/scian/>
- [12] INEGI. 2015. Población por municipio 2015. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). (Consultado el 28 de agosto 2019). http://coespo.edomex.gob.mx/informacion_municipal
- [13] SEMARNAT. 2017. Normatividad aplicable al tema de residuos. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Fecha de publicación 10 de enero de 2017. (Consultado el



20 de enero 2019). <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/normatividad-aplicable-al-tema-de-residuos>

[14] Jiménez Marín, B. 2017. Análisis de correlación. (Consultado el 30 de agosto 2019). <http://conogasi.org/articulos/analisis-de-correlacion-3/>



Desarrollo de un sistema sustentable de captación de agua de lluvia para zonas rurales

María del Socorro González Santos, Elena Rustríán Portilla, Gloria I. González-López, Marcelino Álvarez Andrade, Víctor Hugo Buendía Díaz y *Eric Pascal Houbron

Laboratorio de Gestión y Control Ambiental, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana. Prol. Oriente 6 N° 1009, Col. Rafael Alvarado. Orizaba, Ver. CP 94340. México. Tel. 01-22-88-42-17-00 ext 33303. e-mail:

*ehoubron@uv.mx

RESUMEN

La Universidad Veracruzana, en apego al Plan Maestro para la Sustentabilidad [1], emprendió en la región Orizaba-Córdoba un programa piloto denominado “Agua segura para todos”. Lo anterior a través de talleres de sensibilización al derecho humano al agua e instalación de purificadoras en todas sus entidades académicas. Además de esta sensibilización al vital líquido y los métodos para purificarlo, es de suma importancia enfocarse sobre las fuentes de abastecimiento. La captación de agua de lluvia representa una solución eficaz, sencilla y económica para solucionar el problema de la escasez de agua potable que se vive en diferentes partes del mundo. Es una alternativa para aprovechar el agua de buena calidad. Sin embargo, la implementación de un sistema de captación de agua de lluvia con material convencional de construcción representa un costo de inversión que supera el presupuesto de las familias de las zonas rurales marginadas. Por otro lado, se sabe que las botellas de polietileno tereftalato (PET) son uno de los principales residuos generados por el ser humano y son de difícil degradación debido a su composición. Por tales motivos, se buscó realizar un prototipo de captación y almacenamiento de agua de lluvia para uso doméstico, utilizando estos residuos como materia prima. Así, al implementar un sistema de captación de agua de lluvia y almacenamiento, se puede mejorar la calidad de vida de las familias para usos domésticos como limpieza, aseo y consumo de agua potable, así como contar con un techo para sus hogares de alta duración.

Palabras clave: *láminas de PET, prototipo, precipitación pluvial, Universidad Veracruzana.*

1. INTRODUCCIÓN

La Universidad Veracruzana (UV) mediante un trabajo colaborativo y comprometida con la sociedad estudiantil, observó la necesidad de acceso al agua potable, desarrollando un proyecto de adopción y sensibilización: “Agua segura para todos”. Fundado en la región Orizaba-Córdoba, se equipó con purificadoras de agua a sus 15 entidades académicas, además de realizar campañas de sensibilización, mantenimiento de los equipos y medición de su aprovechamiento. Este programa dotó a los estudiantes de agua para uso y consumo humano. Debido al éxito que tuvo, las autoridades decidieron reproducirlo en otras regiones de la UV, convirtiéndose en semillero de un cambio frente al vital líquido [2].

A raíz de este ejercicio, el agua no solamente se puede obtener de un suministro de red pública, las fuentes de abastecimiento se convierten en un medio importante de almacenamiento de agua dulce. Estas fuentes por lo general deben de ser permanentes y suficientes, para que el agua sea apta para el

consumo. No sólo tienen que cumplir requisitos de tipo sanitario, sino también los relativos a la calidad.

Una fuente de abastecimiento con mayor disponibilidad y calidad durante todo el año es la precipitación pluvial. Cada año, con distinta intensidad de acuerdo con la ubicación geográfica, se convierte en un medio importante de abastecimiento de agua dulce para los ecosistemas y actividades humanas.

La cosecha de agua de lluvia se utilizaba desde hace mucho tiempo atrás, por diferentes civilizaciones en el mundo, el problema es que, con el incremento de la urbanización, la técnica desapareció, pero se puede asumir que ha permanecido como fuente de abastecimiento [3]. No obstante, para que cubra las necesidades se debe tener acceso a dicha agua.

2. OBJETIVO

El presente trabajo plantea un estudio de la técnica de captación de agua de lluvia, y la construcción de un prototipo que garantizase el acceso al agua a través de una fuente natural. Este prototipo tendrá como base un residuo sólido liviano, generado en gran cantidad, tal como los son las botellas de polietileno tereftalato (PET). Por otro lado, se evalúa el volumen de captación y la calidad de agua de lluvia para poder contribuir a la disminución de la escasez de agua en una zona específica, como las zonas rurales de las altas montañas del estado de Veracruz, donde el suministro público de agua potable no existe y la población está siendo afectada.

3. METODOLOGÍA

3.1 Acopio de los materiales y construcción de la ecotecnia

Para la obtención de la materia prima para este trabajo, se desarrollaron rutas específicas de acopio y señalética para que estudiantes y académicos pudieran llegar hasta el centro de acopio de PET, ubicado enfrente del laboratorio de Gestión y control ambiental dentro de la Facultad de Ciencias Químicas (FCQ), de la UV. De esta manera el PET recolectado es el resultado de una acción voluntaria de la comunidad académica, que está dispuesta a caminar hasta el centro de acopio. Para la separación se construyeron dos contenedores con material reciclado, uno para botellas de capacidad de 600 mL y otro para las de 2 a 3 L.

Todas las botellas recolectadas de 2 a 3 L de capacidad llevaron a un proceso de lavado, cortado y armado para la construcción de láminas y bajante de agua. A las botellas de PET se les retiró la tapa y la etiqueta. Posteriormente se hicieron cortes en los extremos (boca, cuello y base). Las botellas tienen líneas de soldadura a los costados que pasan exactamente a la mitad, las cuales se ocuparon como guías para poder obtener dos rectángulos de las mismas dimensiones de largo y ancho. Se engraparon los rectángulos uno tras otro en forma horizontal hasta formar tiras de 1.20 m de largo. Posteriormente, se unieron una cóncava con otra convexa con remaches; se repitió la operación uniendo las tiras hasta obtener el tamaño de lámina de PET deseado.

La técnica empleada para formar las canaletas fue la misma que para las láminas de polietileno (PE). Se obtuvieron dos rectángulos de las mismas dimensiones de largo y ancho. Se engraparon los rectángulos uno tras otro en forma horizontal hasta formar tiras de 1.20 m de largo. Luego se unieron de forma horizontal para darles la forma de canaleta.

3.2 Diseño de los prototipos

Los prototipos se diseñaron con apoyo del Arq. Marcelino Álvarez Andrade, estudiante de la Maestría en Gestión Ambiental para la Sustentabilidad. Se desarrollaron dos diferentes: el primero tomó como referencia una casa de la localidad de San Isidro Palotal situado en el Municipio de Córdoba, Ver. (figura 1A), donde tan solo el 16.8 % de la población tiene acceso al agua entubada. El segundo diseño se adecuó para instalarse en el Centro Universitario para la Artes la Ciencia y la Cultura (CUACC), siendo parte de una de las estaciones “Agua” del sendero interpretativo, que se encuentra en dicho centro (Figura 1B).

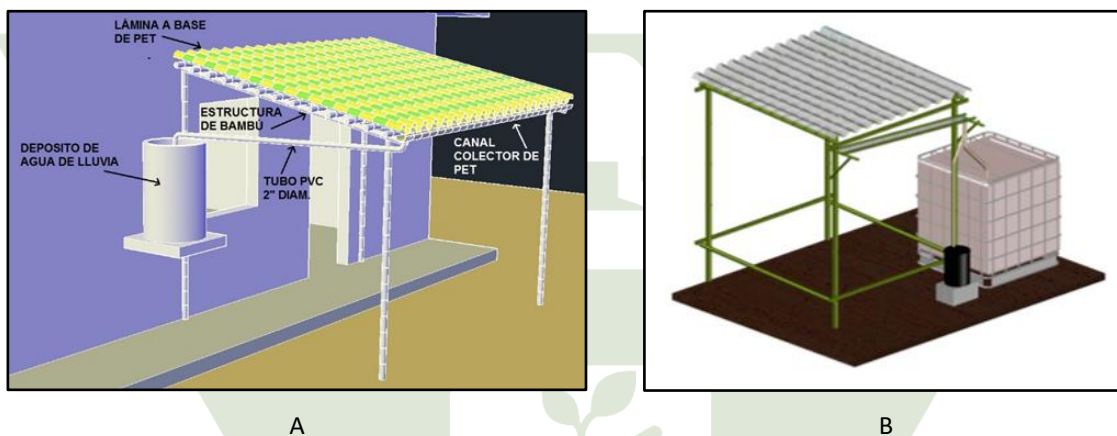


Figura 1. Diseño de los prototipos de captación de agua para casa-habitación (A) y unidad demostrativa (B)

La capacidad del sistema de almacenamiento se obtuvo considerando dos condiciones: la superficie con la que se cuenta para captar agua de lluvia (techos, láminas) y la precipitación pluvial anual que se tiene en la comunidad donde será instalado el prototipo.

La fórmula empleada fue:

$$V_a = (p * A * k_e) / 1000$$

Donde:

V_a = Volumen promedio en m^3

p = Precipitación promedio en mm

A = Área de la proyección horizontal de las instalaciones de captación en m^2

k_e = Coeficiente de escurrimiento de acuerdo con el material de las instalaciones de captación, adimensional, para el caso se consideró 0.95 (NMX-AA-164-SCFI-2013) [4].

Considerando una superficie de techo de $2.25 m^2$, una precipitación promedio de 101 mm, el volumen de captación del techo podría alcanzar 216 L. De esta manera se comprueba que se tendrá agua en el sistema de almacenamiento.

3.3 Construcción de unidad demostrativa

Como ya se comentó, se construyó un prototipo en la CUACC. Como tanque de almacenamiento se usó una cisterna (ICB) de 1000 L, donada por el departamento de Desarrollo Social del Municipio de

Córdoba, Ver. Primeramente, se llevó a cabo un levantamiento isométrico, nivelando el terreno, para definir la ubicación del sistema de captación de agua de lluvia (figura 2A).

Posteriormente, se llevó a cabo la construcción del prototipo, empezando con la recolección de bambús para postes y larguero de 2.50 m. Se hicieron huecos de 40 cm de profundidad para la colocación de los postes y se anclaron con cemento gris (figura 2B).



Figura 2. Levantamiento isométrico del terreno (A) y colocación de postes (B)

Se anclaron cuatro bambús, uno en cada esquina, definiendo los niveles para generar una pendiente al menos del 10%, que permitiera al agua escurrir. En la parte superior se formó un marco de bambú para dar estabilidad a la estructura; se sujetó con varillas roscadas galvanizadas de 5/16 de pulgada. Sobre el marco se atravesaron tiras de bambú de una pulgada de diámetro (figura 3A). Sobre este arreglo se anclaron las láminas de PET; para asegurarlas se colocó una pija punta broca de 1 pulgada en la unión con el arreglo del bambú (figura 3B). Se aseguró que los traslapes entre láminas tuvieran como mínimo 10 cm de empate, para evitar goteras en el sistema.

Posteriormente, se instalaron las canaletas, teniendo en cuenta la cantidad de agua que iban a recolectar. Primero se ajustó la canaleta al techo, cuidando que tuviera pendiente hacia el sistema de bajantes. Se aseguraron las orillas de la canaleta a un bambú para que tuviera más estabilidad y no se doblara con el peso del agua. El bajante se elaboró con tubos de policloruro de vinilo (PVC) de 4 y 2 pulgadas, dirigiéndolo al sistema de almacenamiento temporal de agua (figura 3C).

El sistema de almacenamiento está compuesto por dos partes: un contenedor filtro de 4 L, donde se deben depositar los sólidos de los primeros litros de agua de lluvia que caerán de techo; una vez llenado este “filtro”, el nivel de agua se elevará en la canaleta. Esto permitirá alcanzar en la parte más alta la derivación, segundo componente del sistema, que permite dirigir el agua de lluvia hacia el contenedor de 1000 L (Figura 3C).



A



B



C

Figura 3. Construcción de la estructura para soportar las láminas de PET (A), la unidad demostrativa terminada (B) y el sistema de bajantes hacia el tanque de almacenamiento del agua colectada (C)

3.4 Calidad del agua de lluvia

Con el fin de conocer la calidad del agua colectada en el prototipo, se tomó una primera muestra después de haber pasado por el filtro de sólidos. Un mes después se tomaron dos muestras, una del sistema de recolección de primeras aguas y otra del sistema de almacenamiento.

Se empleó un frasco estéril de 1 L para los análisis fisicoquímicos, y seis bolsas estériles de 100 mL para los coliformes totales y fecales. Se realizaron análisis fisicoquímicos y bacteriológicos de agua, bajo los métodos y técnicas de la tabla 1.

Tabla 1. Análisis físicos, químicos y bacteriológicos efectuados en las muestras de agua de lluvia captada por el prototipo

Determinación	Técnica	Determinación	Técnica
Acidez	Colorimetría	Conductividad	Potenciómetro
Alcalinidad	Colorimetría	pH	Potenciómetro
Cloruros	Colorimetría	Sólidos	Turbimétrica
Dureza	Colorimetría	Coliformes totales y fecales	Filtración de membrana

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Plan de acopio de PET

El acopio de las botellas de plástico se llevó de dos diferentes maneras:

- 1) Contenedor para botellas de plástico de 600 mL a 1 L
- 2) Contenedor para botellas de plástico de 2 L a 3 L sin aplastar

La recolección del material se realizó durante 6 meses, donde los primeros días se vigilaba que los contenedores estuvieran limpios, ya que se podrían encontrar otros residuos mientras los estudiantes

se familiarizaban con la ruta de acopio de PET. Durante los primeros tres meses, los estudiantes de la FCQ no generaron la cantidad de botellas de 2 L a 3 L que se utilizarían en la unidad demostrativa. Por tal motivo, se realizó una recolección en colonias vecinas, donde se impartió un taller de sensibilización a los participantes para explicarles la finalidad y utilización de todas las botellas recolectadas. El total recolectado fue de 18 kg de 2 L a 3 L y de 14.5 kg de botellas de 600 mL a 1 L.

Con este ejercicio, se pudo observar que las personas que participaron en el plan de acopio entregaron material limpio listo para poder ser valorizado. Quienes hayan caminado específicamente hasta el centro de acopio para depositar su material, demostraron su nivel de conciencia ambiental y cambio de mentalidad frente a la gestión individual de sus residuos sólidos urbanos, como las botellas de PET.

4.2 Unidad demostrativa de captación de agua de lluvia

El sistema de captación se montó en un periodo de 6 meses, incluyendo el acopio de PET, diseño y construcción. A partir de los 18 kg de botellas de PET obtenidos en el centro de acopio, se pudieron construir 8 láminas de 150 cm × 72 cm y 3 canaletas.

El costo para la fabricación del techo con láminas de PET, con las dimensiones del prototipo aquí descrito (2.23 m²), se puede desglosar en gasto de inversión para adquirir las herramientas, que fue de \$286, y en gasto corriente para la compra de todos los insumos necesarios para una lámina de 2.25 m², el cual ascendió a \$86. Se requirieron un total de 26 botellas de plástico. Si se compraran láminas comerciales de superficie similar, el costo sería mucho mayor, quedando fuera del alcance de la gente de las comunidades rurales.

Además del aspecto financiero, se deben valorar los componentes social y ambiental al construir con material reciclado, ya que se minimiza el impacto al ambiente de los residuos plásticos provenientes de las botellas de PET. Respecto al social, tener acceso a un techo incrementa la calidad de vida. Por otro lado, el hecho de haber participado activamente en la construcción del techo de su hogar, aumentará su autoestima y el cuidado del mismo.

Finalmente, un techo con lámina de PET garantiza al usuario una superficie impermeable y resistente para ofrecerle el acceso al vital líquido, utilizando el agua de lluvia como fuente de abastecimiento. Muchas veces estos asentamientos rurales cuentan únicamente con instalaciones rudimentarias de abastecimiento de agua; el agua potable de que disponen se encuentra por debajo de estándares mínimos de calidad y cantidad establecidos.

4.3 Evaluación del volumen de captación

El volumen de captación teórico de agua se calculó aplicando la fórmula del apartado 3.2. Considerando la precipitación pluvial de la región, se obtuvo un volumen teórico del techo de 242.82 L/mes. Para poder calcular el volumen real, se realizó una prueba el 31 de octubre del 2018.

Se dejó el sistema de captación expuesto a la precipitación pluvial por 48 h, permitiendo el mayor escurrimiento posible. Posteriormente, se revisó el volumen de captación, donde se obtuvieron solamente 50 L, lo que equivalía a 22 mm de precipitación. Para el mes de octubre, se tiene registros de lluvia de 101 mm hasta 113.6 mm en la región de Córdoba, Ver., lo que representa un promedio

diario de 3.46 mm [5]. Esta precipitación equivale a 7.8 L/d de agua que podría ser captada por la unidad demostrativa.

El presente estudio está orientado a las posibilidades de captación de agua de lluvia regional. En la tabla 2 se calculó el volumen posible a coleccionar con la unidad demostrativa, en función de los meses del año, alcanzando 2 666 L para un techo de 2.25 m².

Tabla 2. Estimación del volumen de agua de lluvia que podría ser captada por mes

Mes	Volumen (L)	Mes	Volumen (L)
Enero	70	Julio	477
Febrero	63	Agosto	410
Marzo	62	Septiembre	445
Abril	95	Octubre	227
Mayo	169	Noviembre	112
Junio	461	Diciembre	75

4.4 Calidad del agua de lluvia

El agua de lluvia captada en el sistema de almacenamiento fue muestreada y analizada. Los resultados de la caracterización física, química y biológica del agua se muestran en la tabla 3. El pH presentó un valor de 7.29, muy cerca de la neutralidad. El agua analizada contenía pocos sólidos. No es un agua dura, presenta un bajo contenido de sales; el agua superficial y la que se suministra a la población de la región, mantiene valores inferiores a los 350 mg/L. La composición de esta agua de lluvia, la posiciona como una excelente fuente de abastecimiento para consumo humano.

Tabla 3. Caracterización física, química y biológica del agua de lluvia

Parámetro	Unidades	Resultados	Límites permisibles
Coliformes totales	UFC/ 100 mL	0	2 UFC/100 mL
Coliformes fecales	UFC/ 100 mL	0	0 UFC/100 mL
pH		7.29	6.5 - 8.5
Conductividad	µs/cm	27.2	/
Dureza	mg/L	0	500 mg/L
Cloruros	mg/L	<0.01	/
Alcalinidad total	mg/L	6.0	/
Acidez	mg/L	18.0	/
Sólidos totales (ST)	mg/L	120	/
Sólidos totales volátiles (STV)	mg/L	100	/
Sólidos suspendidos totales (SST)	mg/L	70	/
Sólidos suspendidos volátiles (SSV)	mg/L	50	/
Sólidos y sales totales (SDT)	mg/L	70	1 000 mg/L

5. CONCLUSIONES

A raíz del presente trabajo, se impartieron talleres de “Sensibilización sobre el uso del PET”, en los cuales se enseñó cómo fabricar láminas para colectar el agua de lluvia. Este método es una alternativa para la reutilización de un residuo sólido y el alargamiento de su ciclo de vida útil.

Mediante el desarrollo de este proyecto se alcanzó el objetivo general de diseñar y construir un prototipo sustentable de captación de agua de lluvia, que puede ser implementado en casas-habitación de zonas rurales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Universidad Veracruzana. *Plan Maestro para la Sustentabilidad*. 2010. Xalapa.
- [2] Houbron E., Buendía H., González G., Ruiz E., Sánchez R., Rustrían E. 2016. “Safe Drinking Water For All In Veracruz University, México”. Proc XXXV Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental/59° Congreso Internacional ACODAL. 21 al 24 de agosto 2016, Cartagena de Indias, Colombia.
- [3] Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (2016). *Lineamientos técnicos: sistema de captación de agua de lluvia con fines de abasto de agua potable a nivel vivienda*. Programas Nacional para captación de agua de lluvia y ecotecnias en zonas rurales (PROCAPTAR). Primera Ed., 2016.
- [4] Secretaría de Economía. Norma Mexicana NMX-AA-164-SCFI-2013 Edificación sustentable - criterios y requerimientos ambientales mínimos. 4 de septiembre 2013. México, D.F.
- [5] Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (2017) Programa Nacional para Captación de Agua de Lluvia y Ecotecnia en Zonas Rurales (PROCAPTAR). 1ers Ed. p 615. (Disponible: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/266747/LLUVIA_MENOR_1500_MM_OK_C.pdf).

Daño por residuos plásticos en el mar

¹Alfredo Bizarro Sánchez y ²Fabián Robles Martínez

¹Universidad Abierta y a Distancia de México. Ingeniería en Tecnología Ambiental. México.

²Instituto Politécnico Nacional, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología, Departamento de Bioprocesos
froblesm@ipn.mx

RESUMEN

Mares y océanos sufren un grave problema de contaminación a causa de la presencia de residuos plásticos que afecta no sólo a la biota marina, sino también a todas aquellas especies que de alguna manera u otra dependen de su buena salud para su subsistencia. A pesar de la abundante información sobre la presencia de plásticos en mares y océanos, aún se carece de un cuerpo sólido de conocimiento sobre la cantidad de plásticos que ingresan a los océanos, fuentes, rutas e impactos sobre la biota marina y ecosistemas. Esta situación se ve agravada con respecto a los nano y microplásticos; en parte a que hoy en día la mayor parte de las investigaciones se han limitado a los macroplásticos y a regiones de fácil acceso como playas; mientras que por otra, la carencia de una armonización o estandarización de metodologías, clasificaciones y una definición funcional de nano y microplásticos impide la comparación de datos espaciales y temporales de la problemática entre la comunidad científica, por lo que es urgente realizarla para efectuar estudios que cuantifiquen y cualifiquen su impacto físico, químico y biológico, incluyendo su toxicidad en especies marinas y hábitats. Bajo estas premisas, la presente reseña tiene el objetivo de presentar una visión panorámica que muestre cómo ha sido abordado el tema por diferentes autores; es decir, el estado que guarda la investigación sobre los nano y microplásticos: definiciones, fuentes, ingestión, toxicidad, alteración de hábitat e introducción de especies.

Palabras clave: *contaminación, fauna, polímeros, tóxicos.*

La palabra plástico proviene del vocablo griego “πλαστικός o plastikos”, relativo a modelar o amasar [1]. Los polímeros naturales como el caucho han sido utilizados por miles de años, pero no fue sino hasta el siglo diecinueve, en 1839, que Goodyear descubre el caucho vulcanizado y Eduard Simon, un boticario alemán, descubre el poliestireno (PS) [2]. En el mismo siglo se logró la síntesis del poliestireno y del cloruro de polivinilo (PVC) (1872) [3]. El desarrollo del plástico moderno inició su expansión en los primeros cincuenta años del siglo veinte, con al menos 15 nuevas clases de polímeros sintetizados [2]. Fue durante las décadas de 1920 y 1930 que se da inicio a la fabricación comercial de plástico, sin embargo, la producción a gran escala no se dio sino hasta el periodo de la postguerra de la Segunda Guerra Mundial, con el descubrimiento del policarbonato (PC) (1953) y polipropileno (PP) (1954) [3].

En los años posteriores a la Segunda Guerra Mundial, en la década de 1950, el plástico empezó a adquirir gran popularidad y la producción anual era de menos de una tonelada. Desde entonces, el uso se ha incrementado de forma sostenida a tal grado que durante la primera década de presente siglo se ha producido aproximadamente la misma cantidad de plásticos que durante todo el siglo XX [4], alcanzando en el año 2013 la cantidad de 299 millones de toneladas por año [5].

1.1 ¿Qué es el plástico?

El término “plástico” incluye materiales compuestos de varios elementos tales como el carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, cloro, y azufre. Los plásticos por lo general tienen un alto peso molecular, es decir, cada molécula puede tener miles de átomos unidos [6]. El hecho de que el carbono tenga una valencia de cuatro, le permite el compartir electrones con otros átomos para formar octetos estables, lo que favorece la formación de un gran número de compuestos con combinaciones simples. En el caso de que un átomo de carbono comparta dos o tres electrones con otro átomo, se forma un doble o triple enlace que puede ser relativamente fácil de romper para formar un enlace con otros átomos o moléculas. A este proceso de enlazamiento se le conoce como polimerización, el cual da lugar a grandes cadenas de monómeros que son la base para la construcción del plástico [3].

1.2 El plástico como principal residuo marino

Probablemente las corrientes marinas siempre han transportado y acumulado restos flotantes y residuos generados por los humanos. Sin embargo, hasta antes de la edad del plástico los residuos consistían de materiales que los microorganismos podían degradar rápidamente [7]. Pero a partir de la producción de materiales sintéticos no degradables, el problema de los residuos en los océanos se ha agudizado [8], sobre todo en los pasados treinta o cuarenta años, cuando los materiales orgánicos (alguna vez la forma más común de residuos) han cedido su posición como los materiales más abundantes en los residuos sólidos, a los elementos sintéticos, como el plástico [9].

Los plásticos son materiales orgánicos basados en el carbono, el cual es derivado principalmente de hidrocarburos en el carbón o petróleo con pequeñas proporciones procedentes de la celulosa y otros materiales, y están compuestos de resinas (polímeros) y varios aditivos que les proveen posibilidades casi infinitas para variar sus propiedades y apariencia final al material. Esas propiedades que lo hacen un material altamente deseable, también son, paradójicamente, las que representan una grave amenaza para el ambiente marino, pues su durabilidad lo hace prácticamente no degradable y persistente en el ambiente; aunque bajo los efectos de la degradación y fotodegradación, tienden a fragmentarse en partículas menores a 5mm llamados microplásticos [10], los cuales con el transcurso del tiempo pueden llegar a producir moléculas individuales, que aunque muy pequeñas, continúan siendo demasiado difíciles para digerir aún por consumidores indiscriminados como las bacterias [11].

Impulsada por las propiedades y características del plástico, así como por el descubrimiento de nuevas aplicaciones y su empleo en más y más productos nuevos, la demanda de plástico se ha incrementado a un ritmo vertiginoso. Esta demanda de artículos hechos en su totalidad o parcialmente de plástico, se ha visto reflejada en un aumento en la proporción volumétrica que ocupan en los residuos urbanos, principalmente porque aproximadamente un tercio de los plásticos producidos es utilizado en envases desechables [12]. En un estudio realizado en 2010 por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos de América (US-EPA, por sus siglas en inglés) se encontró que de 690 000 toneladas de bolsas, envolturas y empaques hechas de polietileno de alta densidad (HDPE, por sus siglas en inglés) en los Estados Unidos, sólo el 4.3% fue reciclado [13], lo que explica por qué las fuentes terrestres son responsables de hasta un 80% de los plásticos en los océanos, y el restante 20% se origina en actividades marítimas humanas; residuos de los que se calcula que aproximadamente un 50% flota y

es transportado y distribuido por las corrientes marinas a miles de kilómetros de su lugar de origen, impactando el medio marino durante su travesía [9].

En una investigación realizada para el Banco Mundial (14), se encontró que del total de residuos sólidos generados en el mundo, el porcentaje aproximado de plásticos presentes en países de bajos ingresos es del 8%, mientras que en los de alto ingreso es del 11%. Para dimensionar el problema basta el considerar que durante el año 2010 sólo en los países costeros se produjeron 275 millones de toneladas métricas de residuos plásticos, de las cuales entre 4.8 y 12.7 millones de toneladas fueron a parar a los océanos [15]. Utilizando un modelo oceanográfico flotante de la dispersión de los desechos [16], consideran que en la actualidad en los océanos flotan aproximadamente 5.25 billones de piezas de plástico (equivalentes a 268 940 toneladas), las cuales son transportados a través del planeta por medio de las corrientes marinas y tienden a concentrarse en los vórtices o giros oceánicos.

1.3 Impacto de los residuos plásticos sobre el ambiente marino

Los desechos plásticos están diseminados y son un problema creciente en el medio marino. Debido a la resistencia a la degradación, los desechos de plástico son muy problemáticos para los ecosistemas. Hoy se estima que más de 700 especies marinas, desde peces hasta aves y mamíferos se ven afectadas por la contaminación plástica.

El enredo, la ingestión y alteración de hábitat son los principales tipos de daño directo a la vida marina causado por los residuos [17], [18]. Sin embargo no son los peores problemas. Los polímeros plásticos son como esponjas para el dicloro difenil tricloroetano (DDT), los bifenilos policlorados (PCB, por sus siglas en inglés) y otros contaminantes [11].

Los residuos marinos afectan la calidad del agua de los hábitats acuáticos además de causar daño físico al ser movidos por las corrientes marinas y las mareas; cuerdas y redes desgastan, debilitan y rompen a los corales vivos. Los desechos atrapados también pueden causar un aumento en la sedimentación y turbidez, bloqueando la esencial luz solar, sofocamiento a algas y corales [9]. Además, se ha encontrado que los residuos flotantes pueden servir para albergar y transportar especies invasoras a zonas que normalmente no tienen acceso. Residuos plásticos con organismos adheridos a ellos se han encontrado en sitios desde el sub-ártico al ecuador [19].

1.4 Enredamiento

La enorme cantidad de residuos plásticos en los océanos no está exenta de consecuencias nefastas; residuos como línea de pescas, flejes y anillos de *six-packs* pueden obstaculizar la movilidad de animales marinos y causarles lesiones y hasta la muerte. Al enredarse los animales enfrentan dificultad para comer, respirar o desplazarse, lo que puede tener resultados fatales. A la fecha la Oficina Nacional Oceánica y Atmosférica de Estados Unidos de América (NOAA, por sus siglas en inglés) [20] tiene documentadas afectaciones en al menos 200 especies, mientras que Michelle Allsopp y colaboradores [21] las han documentado en 267 en todo el mundo. El estudio de la NOAA encontró 44 especies de aves marinas, 13 especies de cetáceos, 11 especies de pinnípedos, 31 especies/taxones de invertebrados, 6 especies de tortugas marinas y algunas especies de peces [20]. También se ha documentado en focas (*Phocidae*) y leones marinos (*Otariinae*), manatíes (*Sirenia*), tortugas marina (*Chelonioidae*), ballenas (*Eubalaena*), aves marinas y costeras [21], [20]. Por otra parte, también amenaza la diversidad biológica marina y costera al destruir los “viveros” costeros, donde la nueva vida emergería [19]. Por otra parte se ha documentado el enredamiento especialmente en tortugas [22], [23], peces [24], mamíferos [25] - [28] y aves [27].

Otro aspecto para considerar del enredamiento es el referente a la llamada pesca fantasma (ghost fishing). En esencia, las redes fantasma (redes desechadas o perdidas en altamar que siguen atrapando organismos) son “máquinas asesinas” perpetuas que nunca paran de pescar e impactan negativamente la fauna marina y en las comunidades bentónicas [29]. A la fecha se han documentado el incremento en la mortalidad de una gran variedad de organismos como mamíferos marinos y poblaciones de tortugas, además del impacto económico producto del costo del reemplazo de los aparejos perdidos y disminución de especies objetivo [30]. A pesar de los grandes avances en las investigaciones hacia la comprensión de la pesca fantasma, la información detallada sobre índices de captura, índices de mortalidad e impacto económico continúa siendo escasa. Algunas áreas han sido estudiadas de forma intensiva (por ejemplo Hawaii), mientras que de otras existen pocos o nulos datos disponibles [30], [31].

1.5 Ingestión

Generalmente los animales ingieren residuos porque asemejan presas que son normalmente parte de su dieta [19] y probablemente afecta a las aves (y otros organismos) en cuatro formas: bloqueo de pasajes, ulceraciones a través de la fricción constante, acumulación tóxica de plastificantes, y disminución de apetito [32], [33]. Aves, tortugas, peces, e incluso zooplancton pueden consumir plásticos, los cuales podrán permanecer en el intestino o ser excretados para hundirse hasta el fondo del océano [34].

La ingestión de desechos se ha documentado en el 56% de las especies de cetáceos [35]. Un reciente estudio realizado en los Países Bajos en focas, encontró que más del 12% tenían plástico en su sistema digestivo [36]. Mientras que en los fulmares del Mar del Norte el 95% de los especímenes estudiados contenían un promedio 0.38 g de plástico en sus sistemas digestivos [37]. En cuanto a las aves marinas, a nivel mundial 82 de 144 de las especies examinadas contenían desechos plásticos en sus sistemas digestivos; y en algunos casos, el 80% de la población había consumido plástico [21]. En el mismo estudio, los investigadores encontraron que el 66% de las aves gigantes petrel regurgitaban plástico cuando alimentaban a sus crías. En el caso del albatros de Laysan, ave que anida en las islas del noroeste de Hawaii, se encontró que en un 97.6% de los restos de las crías muertas entre el 25 de mayo al 21 de julio de 1994 y del 24 de mayo al 30 de junio de junio de 1995, contenían residuos plástico [38]. Otras especies en las que también se ha documentado ingestión son petreles, pardelas, pelícanos, piqueros alcatrazes [21].

1.6 Alteración de hábitat

El enredo y la ingestión de residuos plásticos no son los únicos impactos; otras amenazas a la vida marina y ecosistemas incluye la destrucción o la asfixia de los fondos marinos, la acumulación de sustancias tóxicas, alteraciones físicas debido a la limpieza de playas por medios mecánicos y el transporte de las especies invasoras [19].

Los pertrechos marinos abandonados o perdidos son altamente destructivos para los arrecifes de coral. Redes perdidas o arrojadas de los barcos pesqueros se encuentran casi en todos los océanos del mundo [39]. Redes y sedales se enganchan en los arrecifes de coral y la subsecuente acción de las olas causa que las cabezas de coral se rompan en los puntos donde el residuo se encuentra atorado [40].

Debido a su flotabilidad, los residuos plásticos se han distribuido ampliamente en los océanos [41], impactando los ecosistemas al proporcionar un sustrato sobre el cual los organismos marinos sésiles (por ejemplo, percebes y bacterias) se puede unir, colonizar, y migrar largas distancias [34]; como es

el caso del insecto pelágico *Halobates sericeus*, que habita en la parte este del vórtice subtropical del Pacífico Norte, y del cual su reproducción se hallaba limitada por la disponibilidad de materiales flotantes para depositar sus huevecillos, pero que ahora con la presencia de residuos plásticos se ha liberado de ella, gracias a que la concentración de microplásticos en el vórtice resulta en una correlación positiva entre microplásticos y *H. sericeus* y en un aumento en la densidad de huevecillos [42]. Además, los desechos marinos pueden desgastar, romper, sofocar y dañar de forma importante los hábitats marinos, muchos de los cuales sirven como base de los ecosistemas marinos y son críticos para la supervivencia de muchas especies [43].

La pérdida de diversidad global es un problema y la invasión de especies exóticas son consideradas la mayor causa y amenaza [44]. La alta durabilidad y lenta degradación del plástico, aunado a la baja velocidad de transporte de las corrientes marinas, ofrecen las condiciones óptimas para transportar especies invasoras y contaminantes a ecosistemas remotos [21] así como ofrecer un sustrato propicio sobre el cual los organismos marinos sésiles (por ejemplo, percebes y bacterias) se pueden unir, migrar largas distancias y ser colonizados [45] por una gran diversidad de epibiontes, así como percebes, gusanos de tubo, foraminíferos, algas coralinas, hidrozoos y los moluscos bivalvos [46].

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Corominas, J. *Breve diccionario etimológico de la lengua castellana*. (3ra Ed.). (1987). Editorial Gredos. Madrid.
- [2] Andrady, A. L., y Neal, M. (2009). "Applications and Societal Benefits of Plastics". *Philos. Trans. R. Soc. B Biological Sciences*. London. 364:1977-1984
- [3] Klar, Markus., Gunnarsson, Davir., Prevodnik, Andreas., Hedfors, Cecilia., y Dahl, Ulrika. *Everything you (don't) want to know about plastics*. (2014). Swedish Society for Nature Conservation. Suiza.
- [4] Thompson, R.C., Moore, C.J., vom Saal, F. S., y Swan, S.H.. (2009). "Plastics, the environment and human health: current consensus and future trends". *Philos. Trans. R. Soc.* 264 (2153-2166).
- [5] Plastics Europe. (2015). *Plastics – the Facts 2014/2015. An analysis of European plastics production, demand and waste data*. Plastics Europe, Association of Plastics Manufacturers. Extraído el 18 de julio del 2016 desde: <http://www.Agencia Nacional para el Océano y la Atmosfera.plasticseurope.org/Document/plastics-the-facts-2014.aspx?Page=DOCUMENT&FolID=2>
- [6] ACC. American Chemistry Council. (2016). *How plastics are made*. Extraído el 10 de julio del 2016 desde: <https://plastics.americanchemistry.com/How-Plastics-Are-Made/>
- [7] Freinkel, S. (2011). *Plastic: a toxic love story*. New York: Houghton Mifflin Harcourt.
- [8] Aliani, S., Griffa, A., y Molcard, A. (2003). Floating debris in the Ligurian Sea, north-western Mediterranean. *Marine Pollution Bulletin*.
- [9] Sheavly S.B. (2005). "Marine debris – an overview of a critical issue for our oceans. Sixth Meeting of the UN Open-ended Informal Consultative Processes on Oceans & the Law of the Sea." Extraído el 17 de marzo del 2016 desde: http://www.un.org/Depts/los/consultative_process/consultative_process.htm
- [10] Thompson, R. C., Olsen, Y., Mitchell, R. P., Davis, A., Rowland, S. J., John, A. W. G., McGonigle, D. y Russell, A. E. (2004). "Lost at sea: where is all the plastic? . *Science* 304, 838.

- [11] Moore, C. (2003). “Trashed: Across the Pacific Ocean, plastics, plastics, everywhere”. *Natural History* Volumen (112) 9
- [12] Callum, R. (2012). *The ocean of life: The fate of man and the sea*. New York: Penguin Books.
- [13] U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (2011). *Marine debris in the North Pacific: A summary of existing information and identification of data gaps*. San Francisco, CA. U.S. Environmental Protection Agency.
- [14] Daniel Hoornweg y Perinaz Bhada-Tata (2012).
- [15] Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., y Lavender Law, K. (2015). “Plastic waste inputs from land into the ocean”. *ScienceMagazines.org*.
- [16] Eriksen, M., Lebreton, L. C. M., Carson, H. S., Thiel, M., Moore, C. J., Borerro, J. C., Galgani, F., Ryan, P. G., y Reisser, J. (2014). “Plastic Pollution in the World’s Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea”. *PLoS ONE 9(12): e111913*. doi:10.1371/journal.pone.0111913
- [17] UNEP. (2005). “Marine Litter and abandoned Fishing Gear. Report to the Division of Ocean Affairs and the Law of the Sea, Office of Legal Affairs, UNHQ”. *A report by UNEP Regional Seas Coordinating Office, UNEP, Nairobi*. Extraído el 25 de octubre del 2016 desde: http://www.unep.org/regionalseas/marinelitter/publications/docs/RS_DOALOS.pdf
- [18] Wilcox, C. y Dann, P. M. (2015). “Characteristics of marine debris that entangle Australian fur seals (*Arctocephalus pusillus doriferus*) in southern Australia”. *Marine Pollution Bulletin*.
- [19] GMLIG (2001). *Marine litter: trash that kills*. Natur Vards Verket y UNEP GPA. Global Marine Litter Information Gateway.
- [20] NOAA. (2014). *Entanglement of Marine Species in Marine Debris with an Emphasis on Species in the United States*. USA: National Oceanic and Atmospheric Administration.
- [21] Allsopp, M., Walters, A., Santillo, D., y Johnston, P. (2006). *Plastic Debris in the World’s Oceans*. Greenpeace, Amsterdam, Netherlands.
- [22] Carr, A. (1987). “Impact of nondegradable marine debris on the ecology and survival outlook of sea turtles”. *Marine Pollution Bulletin* Volumen (18) 352–357.
- [23] Mascarenhas, R., Santos, R. y Zeppelini, D. (2004). “Plastic debris ingestion by sea turtle in Paraíba, Brazil”. *Marine Pollution Bulletin*. 49, 354–355.
- [24] Sazima, I., Gadig, O. B. F., Namora, R. C., y Motta, F. S. (2002). “Plastic debris collars on juvenile carcharhinid sharks (*Rhizoprionodon lalandii*) in Southwest Atlantic”. *Marine Pollution Bulletin*. Volumen (44), 1149–1151.
- [25] Shaughnessy, P. D. (1980). “Entanglement of cape fur seals with man-made objects”. *Marine Pollution Bulletin* Volumen 11(11): 332-336.
- [26] Beck, C. A., y Barros, N. B. (1991). “The impact of debris on the Florida manatee”. *Marine Pollution Bulletin*. Volumen (22), 508–510.
- [27] Arnould, J. P. Y., y Croxall, J. P. (1995). “Trends in entanglement of Antarctic fur seals (*Arctocephalus gazella*) in man-made debris at South Georgia”. *Marine Pollution Bulletin*.

- [28] Boren, L.J., Morrissey, M., Muller, C.G., y Gemmell, N.J. (2006). "Entanglement of New Zealand fur seals in man-made debris at Kaikoura, New Zealand. Mar". *Pollut. Bull.* Volumen (52) 442–446.
- [29] Esteban, M. (2002). *Tracking Down Ghost Nets. European Cetacean Bycatch Campaign Website* <http://www.eurocbc.org/page54.html>
- [30] National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (2015). "Impact of "Ghost Fishing" via Derelict Fishing Gear". *USA: National Oceanic and Atmospheric Administration.*
- [31] Laist, D. W., y Liffmann, M. (2000). "Impacts of Marine Debris: Research and Management Needs". *Issue Papers of the International Marine Debris Conference.* Aug. 6-11, 2000. Honolulu, Hawaii. pp.16-29.
- [32] Wallace, N. (1985). "Debris entanglement in the marine environment. a review". *Paper presented at the Proceedings of the workshop on the fate and impact of marine debris, Honolulu, HI, November 27–29, 1984. Session II.* 259-277
- [33] Veiga, Joana M (2013): *Plastic in the Ocean.* Extraído el 4 de junio del 2016 desde: http://www.marbef.org/wiki/Plastic_in_the_Ocean
- [34] Moret-Ferguson, S. y Siuda, A.N.S.. (2011). "Beyond our beaches: ocean trash". Toronto: Green Teacher
- [35] Baulch, S., y Perry, C. (2014). "Evaluating the impacts of marine debris on cetaceans". *Marine Pollution Bulletin*, Volumen (80) 210–221.
- [36] Bravo Rebolledo, E., van Franeker, J.A., Jansen, O.E., Brasseur, S.M.J.M. (2013). Plastic ingestion by harbour seals (*Phoca vitulina*) in The Netherlands. *Marine Pollution Bulletin.* Volumen (67) (2013) 200–202.
- [37] Van Franeker, J.A. & The SNS Fulmar Study Group. (2013). Fulmar Litter EcoQO monitoring along Dutch and North Sea coasts - Update 2010 and 2011. IMARES Report C076/13. IMARES, Texel. 61pp
- [38] Auman, H.J., Ludwig, J.P., Summer, C.L., Verbrugge, D.A., Froese, K.L., Colborn, T., y Geisy, J.P. (1997). "PCBs, DDE, DDT and TCDD-EQ in two species of albatross on Sand Island, Midway Atoll, North Pacific Ocean". *Environmental Toxicology and Chemistry.* Volumen (16) (3): 498-504.
- [39] Burns, L. (2007). *Tracking Trash: Flotsam, jetsam, and the science of ocean motion.* Boston: Houghton Mifflin Company.
- [40] NOAA. (2005). "National Oceanic and Atmospheric Association, US Department of Commerce". *Coral reef restoration through marine debris mitigation.* Background. http://www.pifsc.noaa.gov/cred/program_review/marine_debris_PICS.pdf
- [41] Moret-Ferguson, S., Lavender Law, K., Proskurowski, G., Murphy, E.K., Peacock, E. E., y Reddy, C. M.. (2010). "The size, mass, and composition of plastic debris in the western North Atlantic Ocean". *Massachusetts: Marine Pollution Bulletin.*
- [42] Goldstein, M. C., Rosenberg, M., y Cheng, L. (2012). Increased oceanic microplastic debris enhances oviposition in an endemic pelagic insect. *Biology Letters.* Extraído el 1 de abril de 2016 desde:

<http://rsbl.royalsocietypublishing.org/content/roybiolett/early/2012/04/26/rsbl.2012.0298.full.pdf>

- [43] National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (2014). “Entanglement of Marine Species in Marine Debris with an Emphasis on Species in the United States. USA”. *National Oceanic and Atmospheric Administration*.
- [44] Barnes, D. K.A. (2009). Natural and plastic flotsam stranding in the Indian Ocean. Cambridge: British Antarctic Survey, Natural Environmental Research Council.
- [45] Moret-Ferguson, S. y Siuda, A.N.S. (2011). Beyond our beaches: ocean trash. Toronto: *Green Teacher*
- [46] Murray, G. R. (2009). Environmental implications of plastic debris in marine settings-entanglement, ingestion, smothering, hangers-on, hitch-hiking and alien invasions. Auckland: Philosophical Transactions of The Royal Society.

Residuos sólidos urbanos en la pleamar y bajamar de playas mexicanas

¹Juan C. Alvarez Zeferino, ²Arely A. Cruz Salas, ³Sara Ojeda Benítez, ⁴Samantha Cruz Sotelo,
⁵Margarita Beltrán Villavicencio, ⁶Alethia Vázquez Morillas

¹ Universidad Autónoma de Baja California. Calle Normal s/n Boulevard Benito Juárez. Col. Insurgentes Este, Parcela 44, 21100 Mexicali, B.C. juan.carlos.alvarez.zeferino@uabc.edu.mx. Teléfono. 5553189000 Ext. 2196 o 2273

^{2,5,6} Universidad Autónoma Metropolitana

^{3,4} Universidad Autónoma de Baja California

RESUMEN

Las playas son ecosistemas complejos localizados en las riberas de los océanos, muy dinámicas debido a que están influenciadas por intrincados sistemas de corrientes marinas. Poseen una importancia indudable para el desarrollo humano, debido a que en ellas se desarrollan actividades económicas (primarias y terciarias), sin embargo, hoy en día han sido afectadas por actividades antropogénicas, tales como la contaminación por residuos sólidos urbanos (RSU). La generación de RSU se asocia a las actividades de turismo, sin embargo, existe poca información sobre la contribución de las corrientes marinas. El objetivo del presente estudio fue evaluar la deposición de RSU en playas por las corrientes marinas. Se escogieron trece playas arenosas de diversas regiones del país, en cada una de ellas se seleccionó un transecto de 100 m el cual se dividió en 20 secciones de 5 m cada una, posteriormente, a través de números aleatorios se eligieron 5 secciones. En cada una de las cinco secciones se identificaron dos zonas, por encima de la pleamar (EP) y sobre la pleamar y debajo de ella hasta la línea de agua (DP), en las cuales se recolectaron los residuos mayores a 5 mm, los residuos recolectados se dividieron en macroresiduos (MR) y fragmentos (FR). La contribución de residuos en la playa por las corrientes marinas varió debido a factores geográficos (regiones marinas), obteniéndose un valor promedio global de 28.0 %. Por lo que se concluye que las corrientes marinas juegan un papel importante en la acumulación de residuos en las playas.

Palabras clave: *fragmentos, microplásticos, contaminación marina, corrientes marinas*

1. INTRODUCCIÓN

México está conformado por 32 entidades federativas de las cuales 17 tienen apertura al mar, además hay 156 municipios con frente litoral los cuales representan el 21% de la superficie continental del país [1]. El vasto litoral mexicano con cerca de 11,122 km ha colocado a México como uno de los países más atractivos en cuanto al turismo internacional de playa [2].

Una playa se define como la franja de sedimentos localizada a la orilla del litoral [3]. Las playas son importantes porque actúan como barrera ante la presencia de fenómenos naturales protegiendo a las ciudades costeras [4], permiten la explotación de recursos bióticos y abióticos, la conservación y protección de la biodiversidad [5], la práctica de actividades turístico-recreativas y el reconocimiento del valor estético del paisaje [6].

Las playas se enfrentan a diversos problemas, dentro de los cuales se encuentran la urbanización, erosión, degradación del ecosistema [7] y contaminación la cual puede darse por la descarga de aguas pluviales, aguas combinadas (aguas residuales domésticas, industriales y aguas pluviales), desbordamiento de alcantarillado sanitario y la presencia de residuos sólidos [8].

Los residuos sólidos pueden provenir de la actividad turístico-recreativa en playas [9], pero también pueden ser el resultado de los descargados de embarcaciones comerciales (barcos mercantes, ferry) o recreativas (canoas, kayaks, lanchas, yates, veleros) los cuales son arrastrados por las corrientes marinas hacia las playas [10]. De acuerdo con estimaciones del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP por sus siglas en inglés), cada año ingresan al océano cerca de 6.4 millones de toneladas de residuos [11].

Por otro lado, Jambeck y colaboradores calcularon que de las 275 millones de toneladas métricas (TM) de residuos plásticos que se generaron en 192 países costeros en 2010, aproximadamente entre 4.8 y 12.7 millones de TM ingresaron al océano [12]. Los residuos plásticos representan una amenaza para la vida silvestre cuando son ingeridos [13] ya que provocan efectos perjudiciales y significativos tales como asfixia, lesiones internas y muerte por inanición [14].

La generación de residuos sólidos en playas se ha asociado a las actividades generadas por el turismo, sin embargo, no existen investigaciones que proporcionen un valor aproximado de la cantidad de RSU depositados por las corrientes marinas. Por lo que la presente investigación pretende generar datos iniciales en México para entender la problemática.

2. OBJETIVOS

Determinar la concentración de residuos sólidos urbanos en la pleamar y bajamar en playas mexicanas

3. METODOLOGÍA

Se eligieron 13 playas distribuidas a lo largo del litoral mexicano (Figura 1), cuatro del Golfo de México (Miramar, Tecolutla, Sontecomapan y Progreso), dos del Mar Caribe (Holbox y Mahahual), dos de Pacífico Tropical (Zipolite y Troncones), tres del Golfo de California (Pelicanos, Bruja y Peñasco) y dos del Pacífico Noreste (Ensenada y Cerritos). La elección de playas se realizó con base en los criterios mencionados por un estudio previo [15].

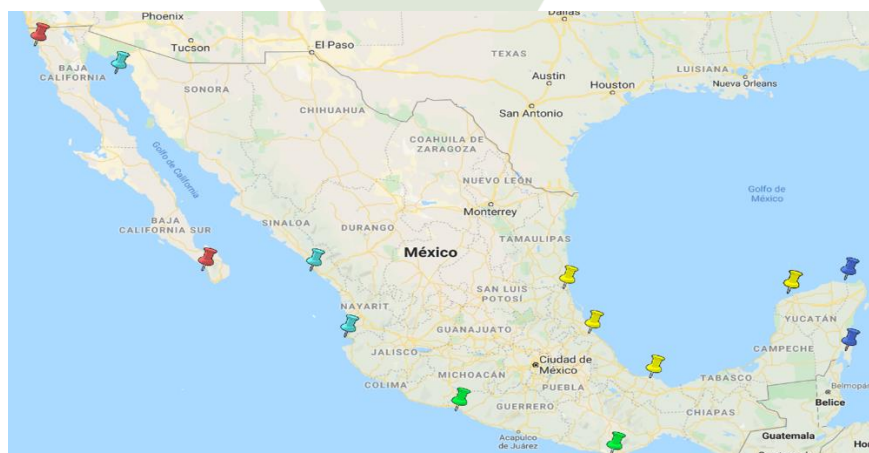


Figura 1. Playas elegidas para determinar la concentración de residuos sólidos urbanos en pleamar y bajamar

La elección de las cinco secciones para la recolección de los residuos se realizó con base en la metodología empleada por Cruz-Salas y colaboradores [15]. Una vez que se eligieron las secciones se procedió a la identificación de las dos zonas: encima de la pleamar (EP) y sobre y debajo de pleamar (DP) (Figura 2). Posteriormente se recolectaron todos los residuos mayores a 5 mm, se clasificaron en piezas completas y fragmentos de acuerdo con el listado de materiales propuesto por la UNEP [16].

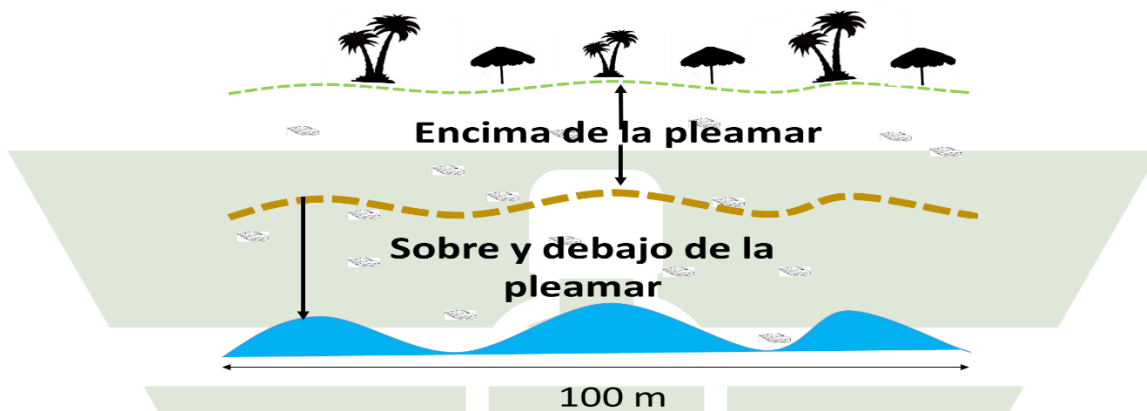


Figura 2. Identificación de las zonas encima de la pleamar y sobre y debajo de la pleamar

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta sección se abordan los resultados obtenidos de la siguiente manera, en primera instancia se proporcionan los datos de la clasificación de los macroresiduos y fragmentos, posteriormente se analizó y discutió la aportación de los residuos por parte de las corrientes marinas, y por último se examinó si existió correlación entre los residuos de las zonas DP y EP.

4.1 Clasificación de macroresiduos y fragmentos

En las trece playas estudiadas se encontró la presencia de residuos sólidos, en el caso particular de los macroresiduos se recolectaron 3507 piezas con una masa de 73.57 kg (base seca). Los materiales plásticos representaron la mayor proporción con un valor del 67%. Por otro lado, los tres artículos más recurrentes fueron las colillas de cigarrillos (42.4%), tapas y anillas de metal (12.0%) y tapas de plástico (7.1%).

En cuanto a los fragmentos mayores a 5 mm, se recolectaron 3340 piezas con una masa de 10 kg (base seca), en este caso los plásticos representaron el 95%.

4.2 Residuos por zona de muestreo

En la Figura 3a se presentan los resultados para los fragmentos, el valor máximo se presentó en Holbox (69.8%) mientras que el mínimo en la Barra de Sontecompan con un (5%). El valor promedio para las trece playas fue de 36.1%, cinco playas presentaron valores por encima de éste. Las playas que superaron estos valores se encuentran distribuidas en las regiones del Mar Caribe (Holbox y Mahahual), Pacífico Tropical (Zipolite y Troncones) y Pacífico Noreste (Pelícanos y Bruja).

En cuanto a los macroresiduos (Figura 3b), el valor máximo se localizó en playa Zipolite (56.3%) y

el mínimo volvió a presentarse en la Barra de Sontecomapan (2.7%). El valor promedio fue de 19.0%, y mostró una tendencia similar en el caso de las playas del Mar Caribe, y para la playa de Zipolite.

En la Figura 3c se presentan los resultados para la suma de fragmentos y macroresiduos, Holbox fue la playa con mayor acumulación de residuos con 56.3%, mientras que la Barra de Sontecomapan 4%, el valor promedio global fue de 28%.

En el caso del Mar Caribe y el Pacífico Tropical, ambas regiones son influenciadas por las corrientes provenientes de Centroamérica, la cual es una región que tiene graves problemas con los residuos sólidos que permanecen flotando en sus regiones marinas [17], al no ser atendida esta problemática los residuos son susceptibles de migrar hacia nuevas regiones, y posiblemente a las playas mexicanas.

Además, en el Mar Caribe debido a la alta presencia de turismo en embarcaciones (cruceiros, yates, entre otros) [18], existe la posibilidad de que algunos residuos sean vertidos a las aguas marinas y posteriormente se acumulen en las playas.

En el Pacífico Tropical, además de lo ya mencionado, se tiene la hipótesis de que existe una contribución significativa de residuos provenientes de los cauces de los ríos que desembocan en el mar [19], y que posteriormente podrían ser arrastrados por las corrientes marinas y depositados en las playas.

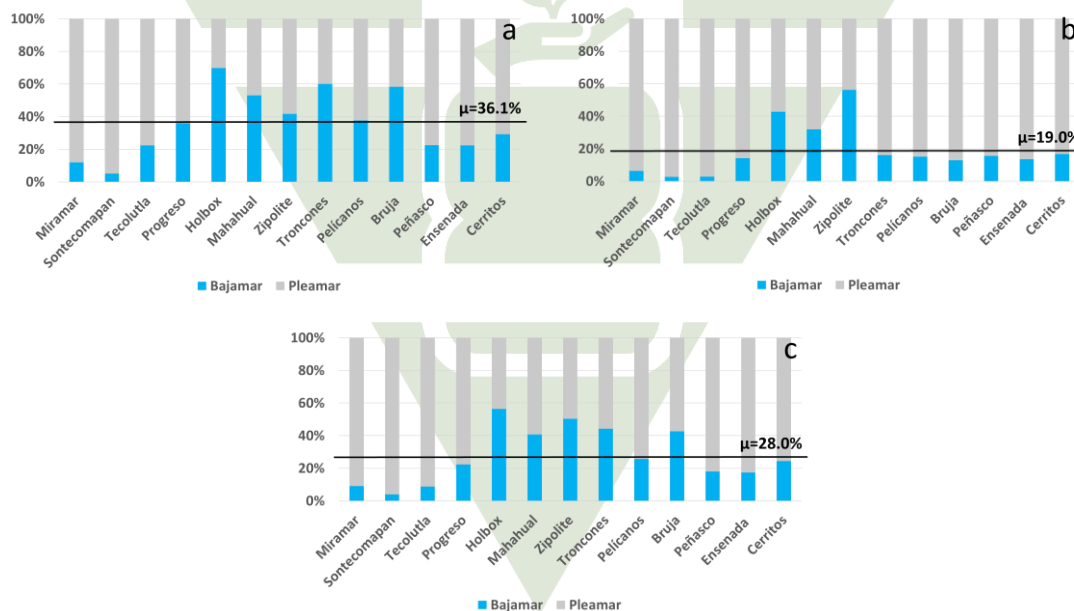


Figura 3. Porcentaje de (a) fragmentos, (b) macroresiduos y c) suma de fragmentos y macroresiduos en bajamar y pleamar

4.3 Correlación de las zonas de estudio

En la Figura 4 se presentan los ajustes lineales para los fragmentos, macroresiduos y la suma de ambos, en todos los casos se observa que no existen correlaciones significativas entre las zonas AP y BP. Estos resultados indican que no existe relación entre los residuos generados por las actividades

recreativas en las playas y los depositados por las corrientes marinas, ambos factores son independientes.

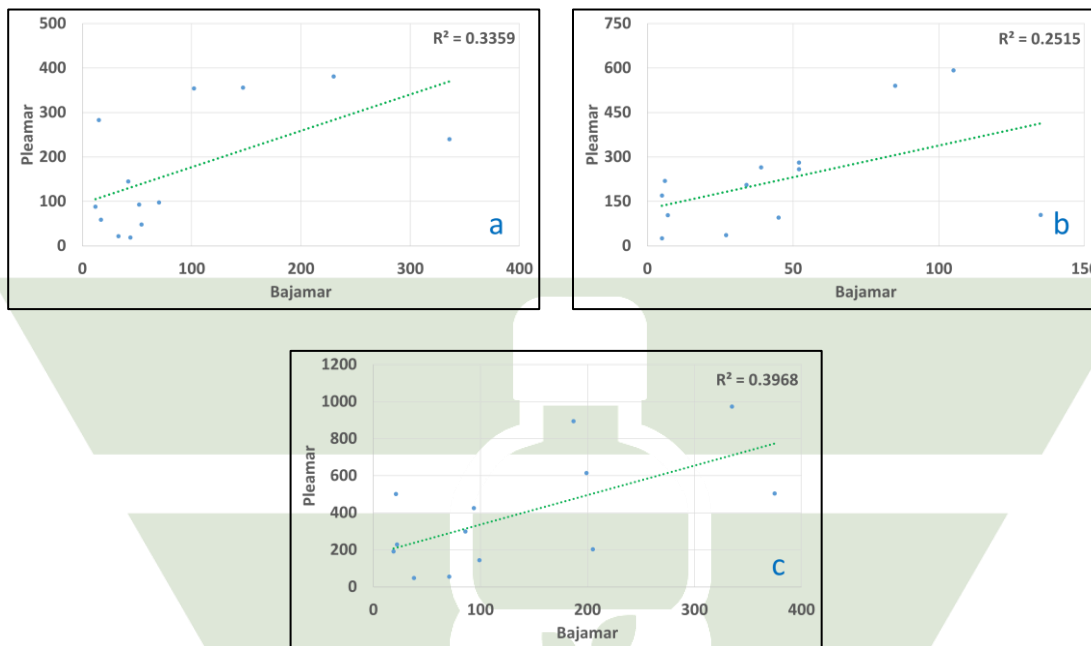


Figura 4. Ajustes lineales para (a) fragmentos, (b) macroresiduos y c) suma de fragmentos y macroresiduos en bajamar

5. CONCLUSIONES

El plástico fue el material predominante en la caracterización de macroresiduos y fragmentos con valores del 67% y 95%, respectivamente. Las colillas de cigarrillos representaron el artículo más ocurrente con un 42%.

En promedio, el 28% de los residuos que llegan a las playas en México son traídos por corrientes marinas, el origen de los residuos no es preciso, sin embargo, conociendo la región marina y características propias de la zona (turismo, comercio, geografía, entre otros) se puede establecer hipótesis las cuales posteriormente necesitan ser demostradas.

El presente estudio proporciona datos iniciales para el estudio de residuos sólidos en playas de arena contemplando dos factores, las actividades recreativas en las playas y la contribución por corrientes marinas. Aunque los resultados demostraron que no existe relación entre ellos, es importante señalar que se necesitan realizar más estudios con la finalidad de corroborar los resultados obtenidos.

La presencia de macroresiduos y fragmentos plásticos en las playas, podría generar un problema mayor si no son retirados a la brevedad ya que existe una alta probabilidad de llegar a convertirse en microplásticos (<5mm).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CIMARES - Comisión Intersecretarial para el Manejo Sustentable de Mares y Costas, "Política Nacional de Mares y Costas de México", México, 2010.

- [2] Arreguín-Cortés F., y E. Mejía-Maravilla, “Programa Playas Limpias en México, un enfoque integral”, *Rev. Digit. Tlaloc*, vol. 47, 2010.
- [3] Martínez M. L., *Las playas y dunas costeras: un hogar en movimiento*, Primera. Distrito Federal: Fondo de Cultura Económica, 2010.
- [4] SEMARNAT - Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, “La Gestión Ambiental en México”, 2006.
- [5] Iñiguez L. S., Gutiérrez Corona C. G., Pérez-López R., Covarrubias Ramírez R., López Mendoza A., y Lizarraga-Arciniega R., “La gestión integral en playas turísticas: herramientas para la competitividad”, *Gac. ecológica*, vol. 82, núm. 1, pp. 77–83, 2007.
- [6] UNMP - Universidad Nacional del Mar de Plata, “Las playas y su gestión sostenible”, 2016.
- [7] INECOL A. C. - Instituto de Ecología, “¿Para qué sirve tener plantas en la playa?”, 2018. .
- [8] US EPA, “La importancia de la protección de las playas”, 2018.
- [9] EPA - Environmental Protection Agency, “Beach”, 2019. .
- [10] EPA - Environmental Protection Agency, “Sources of Beach Pollution”, 2018. .
- [11] UNEP - United Nations Environment Programme, “Marine litter, an analytical overview”, UNEP, 2005.
- [12] Jambeck J. R. *et al.*, “Plastic waste inputs from land into the ocean”, *Science (80-.)*, vol. 347, núm. 6223, pp. 768–771, feb. 2015.
- [13] Thompson R. C., Moore C. J., vom Saal F. S., y Swan S. H., “Plastics, the environment and human health: current consensus and future trends”, *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.*, vol. 364, núm. 1526, pp. 2153–2166, 2009.
- [14] NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration, “Marine debris program: impacts”, 2018. .
- [15] Cruz-Salas A. A., Vázquez-Morillas A., Alvarez-Zeferino J. C., Ojeda-Benitez S., Sotelo-Cruz S., y Beltrán-Villavicencio M., “Presencia de residuos sólidos en cinco playas mexicanas y su relación con indicadores de calidad ambiental”, Asunción, Paraguay, 2019.
- [16] Cheshire A., Adler E., Barbière J., y Cohen Y., *UNEP/IOC Guidelines on survey and monitoring of marine litter*, núm. 186. 2009.
- [17] Lima, L. “‘Ropas, plásticos, animales muertos y hasta cuerpos humanos’: el gigantesco ‘mar de basura’ que tensa las relaciones entre Honduras y Guatemala”, *BBC, News Mundo*, 2017. [En línea]. Disponible en: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-41811097>.
- [18] Benseny G., “El turismo en Mexico.”, *Aportes y Transf.*, vol. 11, núm. 2, pp. 13–34, 2007.
- [19] Isobe A., Kubo K., Tamura Y., Kako S., Nakashima E., y Fujii N., “Selective transport of microplastics and mesoplastics by drifting in coastal waters”, *Mar. Pollut. Bull.*, vol. 89, núm. 1–2, pp. 324–330, 2014.

Encuentro de expertos en Residuos Sólidos

Encuentro académico sobre residuos plásticos y microplásticos

