

GREENPEACE

AMENAZA PLÁSTICA:

UN PROBLEMA EN LAS COSTAS VERACRUZANAS



AMENAZA PLÁSTICA: UN PROBLEMA EN LAS COSTAS VERACRUZANAS.

Coordinadores

Ornela Garelli Ríos (Greenpeace México A.C.).

Biól. Mar. Omar Oslet Rivera Garibay (consultor técnico externo para Greenpeace México A.C.).

Responsables técnicos

Dr. Luis Alberto Peralta Peláez (Tecnológico Nacional de México – Instituto Tecnológico de Veracruz).

Dr. Jacobo Santander Monsalvo (Colectivo Interdisciplinario de Ciencia Aplicada y Derecho Ambiental A.C.).

Como citar: Peralta-Peláez L.A, J. Santander-Monsalvo, O.O. Rivera-Garibay y O Garelli-Ríos. 2022. Amenaza plástica: un problema en las costas veracruzanas. Greenpeace México. 44 pp.



TABLA DE CONTENIDO

Presentación	3
Introducción	4
Justificación	7
Área de estudio	9
Los arrecifes coralinos	10
Las playas arenosas	11
La cuenca de los ríos Jamapa-Cotaxtla	11
Metodología	12
Muestreo en playas	
del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano	13
Muestreo en el río Jamapa-Cotaxtla	14
Trabajo de laboratorio	15
Principales hallazgos	16
Arrecifes (isla y laguna arrecifal)	18
Playas	20
Ríos	21
Impactos de los residuos plásticos	23
Fuente u origen de la basura marina	24
Afectaciones de los residuos plásticos	
a la biodiversidad del PNSAV	26
Auditoría de marca: ¿Cuáles son las principales	
empresas detrás de los residuos plásticos hallados?	28
Conclusiones y recomendaciones	31
Agradecimientos	34
Referencias	35

Presentación

Como lo ha anunciado la Organización de las Naciones Unidas, la contaminación de los ecosistemas por residuos plásticos y sustancias químicas es una de las principales crisis ambientales que enfrentamos como humanidad en la actualidad junto con el cambio climático y la pérdida de la biodiversidad. Estas problemáticas –que están íntimamente relacionadas–, son de tal magnitud que amenazan la continuidad de la vida misma en el planeta. Ya vemos sus efectos sobre los ecosistemas, pero también sobre nuestras vidas.

La evidencia sobre los impactos de la contaminación por plásticos en el medio ambiente no deja de acumularse, así como sus potenciales efectos en la salud humana. En los últimos años se han publicado estudios que dan cuenta de ello: desde el hallazgo de microplásticos en especies marinas por su ingesta; en las montañas más altas y en la profundidad de los océanos; en placentas humanas, en sangre y en tejidos; en alimentos y bebidas que consumimos habitualmente, como el agua; e incluso en el aire que respiramos. Sin embargo, se requiere de mayor evidencia científica que dé cuenta de la presencia de esta problemática en México y que muestre a las autoridades competentes en el país la necesidad urgente de tomar acción para solucionarla. La investigación “Amenaza plástica: un problema en las costas veracruzanas” busca, en este sentido, proveer de más información sobre la presencia de residuos plásticos en los ecosistemas acuáticos de México, tomando como caso de estudio la cuenca baja del río Jamapa-Cotaxtla en su desembocadura en el municipio de Boca del Río, en el estado de Veracruz de Ignacio de la Llave, así como en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano.

La existencia de contaminación por plástico en aguas y ecosistemas veracruzanos, que buscamos documentar en este informe, así como sus potenciales efectos para la biodiversidad de la zona estudiada, representa un fuerte llamado a las autoridades municipales, estatales y federales, así como a las y los legisladores del país, para ya no retrasar más la adopción e implementación de medidas que eviten que los residuos plásticos sigan generándose y llegando a los océanos. Una de esas medidas es la aprobación de reformas a la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), en la que se deben garantizar responsabilidades y metas claras y ambiciosas para las empresas que están detrás de la

contaminación, así como medidas para dejar atrás la cultura del usar y desechar, para avanzar hacia la economía circular y modelos de distribución de productos basados en la reutilización y en opciones libres de empaque.

En este sentido, el informe que leerás va dirigido a la sociedad en su conjunto, pero en especial a la Cámara de Diputados y Diputadas, en sus Comisiones de Medio Ambiente y Recursos Naturales, y a la de Cambio Climático, ya que son ambas las que tienen la responsabilidad de dictaminar la minuta de reforma a la LGPGIR aprobada el año pasado por el Senado de la República. Diputadas y diputados: tienen una gran responsabilidad en sus manos y por ser nuestros representantes es que esperamos contar con ustedes para legislar a favor del planeta.

Así también, buscamos que este informe sea de utilidad para generar una mayor sensibilización en la sociedad sobre los impactos de la contaminación por plásticos en México y el medio ambiente, y que esto les motive a avanzar hacia estilos de vida más sostenibles basados en el consumo de opciones locales, reutilizables o libres de empaque, como forma de contribuir a reducir la generación de nuestros residuos y de mandarle un mensaje claro a las empresas: ¡Queremos opciones libres de plásticos de un solo uso!

Finalmente, esperamos que este trabajo sirva también para informar al sector empresarial sobre la contaminación plástica en México y que finalmente adopte medidas para transitar hacia modelos de distribución reutilizables y libres de empaque. Su compromiso y adopción de medidas reales es esencial para avanzar hacia soluciones efectivas que realmente contribuyan a poner fin a la contaminación por plástico.

Ornela Garelli

CAMPAÑISTA DE OCÉANOS SIN PLÁSTICOS

GREENPEACE MÉXICO.

Introducción

Los primeros plásticos se desarrollaron a mediados del siglo XIX a base de polímeros naturales como una gran alternativa para su uso en diferentes sectores por su alta capacidad de moldearse pese a sus limitaciones en su durabilidad, resistencia y reactividad. En una segunda etapa, ya con polímeros completamente sintéticos, se pulió en éstos su composición química para poder garantizar materiales inertes e inocuos por lo que su uso y versatilidad los hicieron “perfectos” para la época post Segunda Guerra Mundial y con gran auge en el desarrollo económico e industrial de muchas regiones (Heinrich, 2020; Peralta-Peláez *et al.*, 2021).

A nivel mundial, para el año 2009 se producían 260 millones de toneladas de plástico (Thompson *et al.*, 2009a; 2009b) y una década más tarde, la producción de plásticos prácticamente se duplicó a más de 400 millones de toneladas (Heinrich, 2020). De acuerdo con la Organización Europea del Plástico (PE, 2018), se estima que la producción será duplicada en los próximos 20 años. Si consideramos la población mundial actual y todo el plástico producido en el planeta, equivaldría a que a cada ser humano se le asignara al menos una tonelada del plástico ya producido (Duis y Coors, 2016; Peña-Montes y Peralta-Peláez, 2018; Peralta-Peláez *et al.*, 2021).

La problemática de los plásticos podría identificarse como una espada de doble filo. Por un lado, se producen millones de toneladas que no son recicladas, sólo el 9 % se recicla en el planeta, (Hidalgo-Ruz *et al.*, 2012; Duis y Coors, 2016; Geyer *et al.*, 2017; Peralta-Peláez *et al.*, 2021) y que corresponden mayoritariamente a plásticos de un solo uso, los cuales representan el 40 % de los plásticos producidos (Heinrich, 2020). Por otro lado, los plásticos, al ser inertes no reaccionan con su medio, sino que únicamente están interactuando con fuerzas físicas, fragmentándose, sometidos a intemperización hasta pedazos muy pequeños (< 5 mm) en su camino desde el continente hasta el océano, convirtiéndose en microplásticos y nanoplasticos (<1000 nanómetros (*nm*)) (Hidalgo-Ruz *et al.*, 2012; Meléndez-Valencia y Meléndez-Torres, 2013; Duis y Coors, 2016; Masry *et al.*, 2021).

Los plásticos son un problema mundial, aunque su mayor producción se restringe a ciertos países y/o continentes. De acuerdo con Peña-Montes *et al.*, (2018), el 85 % de la producción de plásticos es generado por los Estados Unidos de América,



Europa y Asia conjuntamente y, al mismo tiempo, es en Asia donde se genera el 80 % del total de fugas de residuos plásticos al océano. Se estima que de 4.8 a 12.7 millones de toneladas métricas al año son desechadas directamente en los océanos, con predicciones de que esta cantidad siga incrementándose de manera constante; por otra parte, se estima que 2.41 millones de toneladas de residuos plásticos llegan a los océanos a través de los ríos cada año (Jambeck *et al.*, 2015; Lebreton *et al.*, 2017).

Por si lo anterior fuera poco, el panorama es mucho más complejo y complicado. Se debe considerar que actualmente en el océano pueden estar contenidos más de 150 millones de toneladas de plástico, de las cuales 250 mil toneladas ya se han fragmentado en 5 mil millones de piezas de plástico más pequeñas, que pueden estar flotando en la superficie de los océanos (Eriksen *et al.*, 2014). Se debe considerar que los desechos plásticos incluyen piezas de un amplio rango de formas, tamaños y composición química, por lo tanto, la cantidad de basura plástica estimada en el océano puede representar una carga contaminante de millones de toneladas de aditivos químicos (Eriksen *et al.*, 2014; Barboza *et al.*, 2019).

Es importante indicar que la basura plástica marina es una mezcla de distintos polímeros, que varían en tamaño (desde varios metros de largo hasta fragmentos tan pequeños que se miden en nanómetros). Esta mezcla plástica está conformada por diversos desechos como son: utensilios o artículos de pesca, plásticos de origen agrícola, botellas, bolsas, envases de alimentos, tenedores, cuchillos, cucharas, platos, taparrosas, cuerdas, llantas, grifos, tapas, popotes, colillas de cigarro, pellets industriales, microperlas cosméticas, así como los restos de fragmentación procedentes de la degradación de todos ellos (Gallo *et al.*, 2018; Peña-Montes y Peralta-Peláez, 2018).

La basura plástica se encuentra en las aguas oceánicas del Pacífico, Atlántico e Índico formando las islas de plásticos y en las costas de cada uno de los océanos, es decir, en la zona costera. Estas regiones son las más dinámicas y cambiantes del planeta pues constituyen el único espacio en el que interactúan cuatro grandes sistemas: la atmósfera, el océano, el agua dulce y la tierra, cada uno con su propio funcionamiento (Ray y Hayden, 1992; Moreno-Casasola y Peresbarbosa, 2006, Peralta-Peláez *et al.*, 2021).

Dentro de este proyecto el área de estudio la constituye la zona costera correspondiente a la cuenca baja de los ríos Jamapa-Cotaxtla, las playas adyacentes a su

desembocadura (Boca del Río y Alvarado) y las islas y sus lagunas arrecifales del Área Natural Protegida Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV). De acuerdo con Siemens *et al.*, (2006); Silva y González, (2017); Peralta-Peláez *et al.*, (2020) y Sánchez-Higuero *et al.*, (2020) estos tres sistemas se encuentran interconectados a través de las mareas, el abasto de sedimentos, el movimiento de arena, corrientes marinas y del agua dulce que proviene de los ríos y acuíferos que descargan en la superficie en estas áreas. Todos estos ecosistemas se localizan frente a las costas de los municipios que conforman la zona conurbada Veracruz – Boca del Río – Alvarado.

Por lo antes mencionado, el objetivo de esta investigación consistió en cuantificar la presencia de residuos sólidos urbanos inorgánicos (RSUI), con enfoque en plásticos, en la parte baja de la cuenca de los ríos Jamapa-Cotaxtla y su posible presencia en el litoral adyacente y los ecosistemas insulares del PNSAV. Para alcanzar dicho objetivo en las playas y en las islas se cuantificó la presencia de plásticos mediante muestreos en transectos de 10 m de largo por 4 m de ancho sobre la línea de marea alta. En las lagunas arrecifales se utilizó el método de *Manta Tow*, y en la parte baja de la cuenca baja se estableció un transecto de 10 km de longitud, que va desde la desembocadura del río hasta el punto donde se unen los ríos Jamapa y Cotaxtla, conocido como “dos bocas”. En prácticamente todos los transectos se encontraron residuos plásticos.

Pocos trabajos se han realizado en las costas mexicanas sobre la situación de los residuos plásticos (Oronar-Navar *et al.*, 2022). El presente proyecto constituye una primera iniciativa con enfoque de cuenca en el que

se estudia la presencia de residuos plásticos en la parte baja de una cuenca a fin de identificar en dónde se concentran éstos, sobre qué ecosistemas costeros y tratar de entender su procedencia desde el continente. La información generada como parte de este proyecto permite conocer la situación actual en la zona costera, la potencial dimensión sobre la salud de los ecosistemas costeros y los servicios ecosistémicos que nos proveen, estos últimos son clave para la adaptación y mitigación de las comunidades ante el cambio climático.



Dentro de este proyecto el área de estudio la constituye la zona costera correspondiente a la cuenca baja de los ríos Jamapa-Cotaxtla, las playas adyacentes a su desembocadura (Boca del Río y Alvarado) y las islas y sus lagunas arrecifales del PNSAV.

Los resultados son la base para hacer un llamado a las autoridades gubernamentales, a las empresas y a la sociedad para ser conscientes y sensibles sobre la problemática, su dimensión y la urgencia de tomar medidas integrales para reducir y controlar la descarga de residuos plásticos a cuerpos de agua, ecosistemas costeros y océanos. Para ello es clave reducir la generación de estos residuos a partir de cambios en los patrones dominantes de producción y consumo y que, en conjunto con la concienciación de la sociedad en general, modifiquen la cultura de uso y desecho hacia un modelo de economía circular y sistemas de distribución de productos basados en la reutilización.





Justificación

Los ríos se originan en las zonas altas de la cuenca y desde ahí se conducen a través de los tres niveles de la cuenca (alta, media y baja). En su camino pueden unirse a otros ríos y atravesar diversos asentamientos humanos, desde las grandes ciudades hasta las comunidades rurales más pequeñas. Los ríos, en su paso por los asentamientos humanos, se convierten en vectores que van transportando los RSUI, principalmente plásticos, desde la parte alta de la cuenca hasta las zonas costeras como el litoral veracruzano, depositándolos en ríos cercanos, playas, lagunas arrecifales e islas del PNSAV.

Al analizar la presencia de los RSUI y establecer el diagnóstico sobre el efecto de éstos sobre los ecosistemas costeros mencionados, podemos empezar a construir la línea base que permita vincular la presión de los RSUI y sus sistemas de producción, consumo y disposición sobre la salud de los ecosistemas costeros, sus servicios ecosistémicos y sobre las comunidades humanas.

Evaluar la presencia de residuos plásticos y caracterizarlos en la zona estudiada, permitió identificar algunas de las marcas de los productos plásticos encontrados. Lo cual permite, a su vez, señalar a las principales empresas y corporaciones que contribuyen a la contaminación por plásticos a través de los productos que ponen en el mercado. Así también, evaluar la presencia de residuos plásticos permite entender los patrones de producción, hábitos de consumo, los alcances de la transportación de los RSUI y favorecer la corresponsabilidad de autoridades, empresas y consumidores para la generación de soluciones. Por otra parte, la contabilización y caracterización de los plásticos, permite identificar datos que informen las acciones inmediatas



La información basada en evidencia científica aporta a las autoridades y tomadores de decisiones las bases para iniciar la reducción, la gestión y el control de estos RSUI a través de medidas integrales que eviten que los residuos plásticos se sigan generando y provoquen afectaciones en los socio-ecosistemas costeros y su biodiversidad.

que deben realizarse para atender este problema. Ejemplo de ello es la porción de residuos plásticos de un solo uso (plásticos diseñados para usarse y tirarse), que conforman la mayor parte de la producción de plásticos actualmente, y las medidas para cambiar esta situación. La información basada en evidencia científica aporta a las autoridades y tomadores de decisiones las bases para iniciar la reducción, la gestión y el control de estos RSUI a través de medidas integrales que eviten que los residuos plásticos se sigan generando y provoquen afectaciones en los socio-ecosistemas costeros y su biodiversidad. Algunas de estas acciones incluyen la mejora de la gestión de residuos, educación ambiental, medidas de economía circular y responsabilidad extendida de los productores, entre otras.

La presencia de los residuos plásticos en el PNSAV es una muestra del impacto de esta problemática y de la necesidad de un manejo integral en su solución con enfoque de cuenca, debido a que las zonas de recarga y descarga se encuentran estrechamente vinculadas y relacionadas con el transporte y descarga de los RSUI. Para ello es urgente que las y los legisladores del país aprueben reformas a la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) con una visión de protección ambiental, puesto que los 11 000 km de costas mexicanas y sus ecosistemas deben estar experimentando situaciones similares, lo que vulnera no sólo a los ecosistemas sino también a todas las comunidades humanas.

Finalmente, la solución al problema de los plásticos requiere de una reducción de la producción, de la eliminación progresiva de los productos plásticos de un solo uso, de campañas de educación ambiental y de concienciación del público para reducir y modificar su consumo a la vez de un trabajo integral y holístico que involucre ciudadanía - academia - autoridades de los tres órdenes y empresas, puesto que también debe hacerse bajo un enfoque de manejo de cuencas.





Área de estudio

En general podemos decir que la zona costera es la región más dinámica y cambiante de la tierra, constituye el único espacio en el que interactúan cuatro grandes ambientes: la atmósfera, el océano, el agua dulce y la tierra, cada uno con su propio funcionamiento (Moreno-Casasola y Peresbarbosa, 2006; Peralta-Peláez *et al.*, 2020).

Esta zona posee una diversidad de paisajes que resultan de la heterogeneidad geomorfológica, climática, ecológica y socioeconómica (Siemens *et al.*, 2006; Silva y González, 2017), que se encuentran interconectados y que incluyen varios sistemas, desde terrestres (pastizales y selvas sobre planicies y sobre dunas costeras, flora y fauna de playas, vegetación de acantilados), dulceacuícolas (lagos y lagunas de agua dulce, zonas bajas de ríos) y marinos (zonas intermareales, fondos arenosos, planicies de pastos marinos, arrecifes), (Fig. 1) así como aquellos que representan verdaderas transiciones (humedales de agua dulce, manglares, marismas), todos ellos con funciones que ningún otro ecosistema puede duplicar (Moreno-Casasola, 2004; Moreno-Casasola y Peresbarbosa, 2006; Peralta-Peláez *et al.*, 2020).

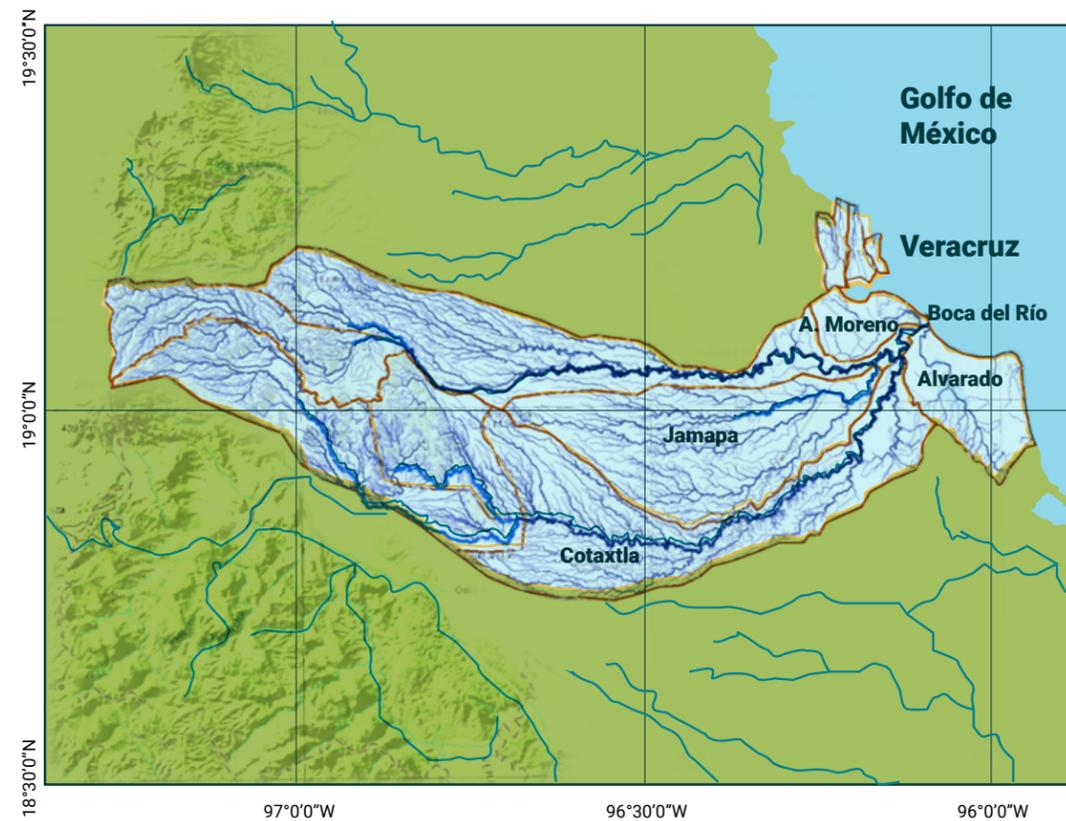


Figura 1. Representación de la cuenca de los ríos Jamapa-Cotaxtla. Tomado y modificado de Neri-Flores *et al.*, (2019).

Es importante mencionar que las interconexiones entre todos los ecosistemas mencionados se generan a través de interacciones que frecuentemente aparecen en forma de pulsos tales como las mareas, el abasto de sedimentos, el movimiento de arena, los niveles de agua dulce en los humedales, corrientes de agua provenientes de los ríos que atraviesan las cuencas, aguas subterráneas, entre otros (Siemens *et al.*, 2006; Silva y González, 2017; Peralta-Peláez *et al.*, 2020; Sánchez-Higueredo *et al.*, 2020).

Los arrecifes coralinos

Los arrecifes coralinos que se encuentran enfrente de las costas del estado de Veracruz, principalmente en la región costero central que comprende los municipios de Veracruz – Boca del Río – Alvarado, fueron decretados en agosto de 1992, y publicado en el Diario Oficial de la Federación, como área natural protegida con el carácter de Parque Marino Nacional, la zona conocida como Sistema Arrecifal Veracruzano (actualmente Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV)), con una superficie de 65,516-47-08.05 ha (DOF, 2012).

Para el 2 de febrero de 2004 el PNSAV fue inscrito en la Lista de Humedales de Importancia Prioritaria Internacional de la Convención Ramsar con el Número 1346 y el 27 de octubre de 2006, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura incorporó al PNSAV a la Red Mundial del Programa del Hombre y la Biosfera, como Reserva de la Biosfera.

El PNSAV está constituido por un conjunto de 23 arrecifes coralinos a los que se les conoce como: Anegada de Afuera, Topatillo, Santiaguillo, Anegadilla, Cabezo, De Enmedio, Rizo, Chopas, Polo, Blanca, Giote, Punta Coyol, Ingeniero, Sacrificios, Pájaros, Verde, Bajo, Paducah, Anegada de Adentro, Blanquilla, Galleguilla, Gallega, Punta Gorda, Hornos. Así como de seis islas conocidas como De Enmedio, Polo, Sacrificios, Salmedina, Santiaguillo, Verde. Este conjunto de arrecifes e islas son de gran importancia, debido a su potencial científico, económico, educativo, pesquero, histórico, turístico y cultural (DOF, 2012).



Figura 2. Distribución de ecosistemas arrecifales e insulares del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, México.

Las playas arenosas

Las playas son otro ecosistema importante en el funcionamiento integral de la zona costera, estas se definen como “depósitos no consolidados de arena y grava a lo largo del litoral” (Moreno-Casasola, 2004). Las playas presentan lo que se denomina perfil, el cual representa el equilibrio dinámico entre el transporte de sedimentos hacia el mar (erosión) y hacia la tierra (acreción) (Carranza-Edwards *et al.*, 2015). Estos espacios arenosos se dividen espacialmente en la zona sumergida y emergida, la primera parte de la zona —de rompiente— de espuma; junto a ésta se localiza la cara de la playa, que se cubre y descubre por efecto de la marea; le sigue la playa posterior (zona donde podemos caminar sin mojarnos), en donde se ubica el límite de la vegetación y la primera duna (Peralta-Peláez *et al.*, 2020), en este caso las playas no presentan ningún estatus de conservación como los arrecifes e islas.



La cuenca de los ríos Jamapa-Cotaxtla

La cuenca de los ríos Jamapa-Cotaxtla pertenece a la Región Hidrológica Número 28 Papaloapan, a la vertiente del Golfo de México y a la subregión hidrológica Papaloapan A.

Los ríos Jamapa y Cotaxtla nacen en los límites de los estados de Veracruz y Puebla, al norte de la ciudad de Orizaba y oeste de la localidad de Tlachichuca. Avanzan hacia el este, uniendo sus aguas a la altura del municipio de Medellín de Bravo, un poco antes de llegar a la costa, aproximadamente 10 km antes de descargar sus aguas al Golfo de México en el municipio de Boca del Río.

En la desembocadura de los ríos Jamapa y Cotaxtla, se encuentra el sistema lagunar Mandinga, reconocido por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (DOF, 2018) como un sitio de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica, también se encuentra la desembocadura del Arroyo Moreno que nace en el municipio de Medellín y que presenta a lo largo de su recorrido árboles de manglar (DOF, 2018).



Metodología

En el presente trabajo se aplicaron diferentes metodologías para la colecta y observación *in situ* y *ex situ* de los Residuos Sólidos Urbanos Inorgánicos (RSUI), principalmente plásticos (que van de un tamaño superior a los 2.5 cm hasta piezas completas como bidones, botellas, entre otras), en los sitios monitoreados: las playas y lagunas arrecifales de las seis islas del PNSAV, 11 playas de la zona conurbada Boca del Río – Alvarado, así como en la parte baja de la cuenca de los ríos Jamapa–Cotaxtla.

Muestreo en playas

Los sitios de muestreo en playas al sur de la desembocadura del río Jamapa fueron tres (Antón Lizardo, Giotte e Isla del amor) y al norte fueron ocho (El Morro-Tampiquera, Mocambo I, Mocambo II, Penacho del indio, tres playas adyacentes al arrecife Ingeniero-sur, centro y norte- y Tortuga) (Fig. 2), siendo un total de 11 playas con 33 transectos (tres por punto de muestreo). Los transectos se establecieron sobre la línea de marea alta, con una longitud de 10 m y un ancho de 4 m para una superficie de 40 m² (Fig. 3). La distancia entre cada transecto varió con base en las características de cada sitio, así como del acceso al mismo.



Figura 3. Ubicación de las playas muestreadas.

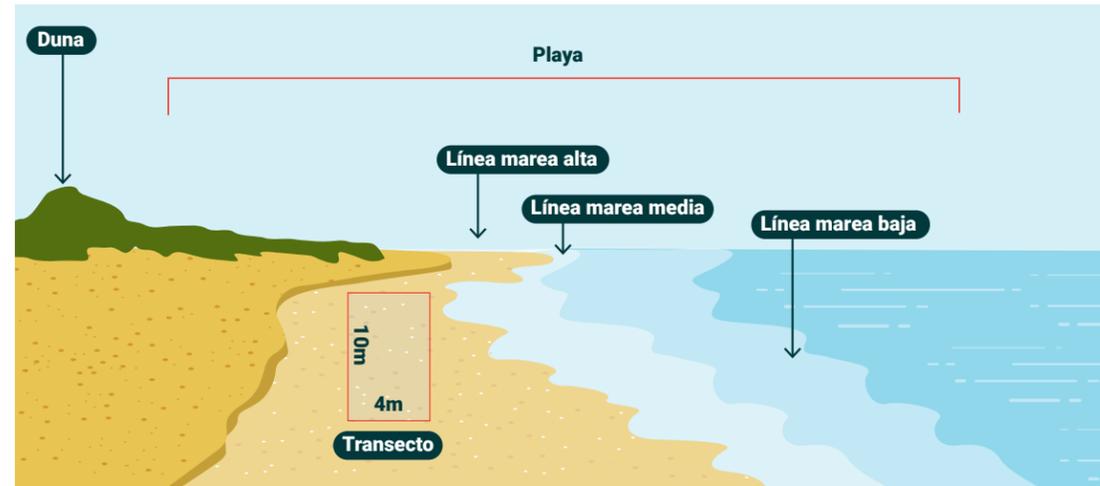


Figura 4. Se muestra la ubicación del transecto en la línea de marea alta (elaboración propia).

Muestreo en islas del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano

Para el muestreo de las islas del PNSAV (Fig. 4), se establecieron dos metodologías; la primera consistió en monitorizar las playas y la segunda se realizó en sus lagunas arrecifales.



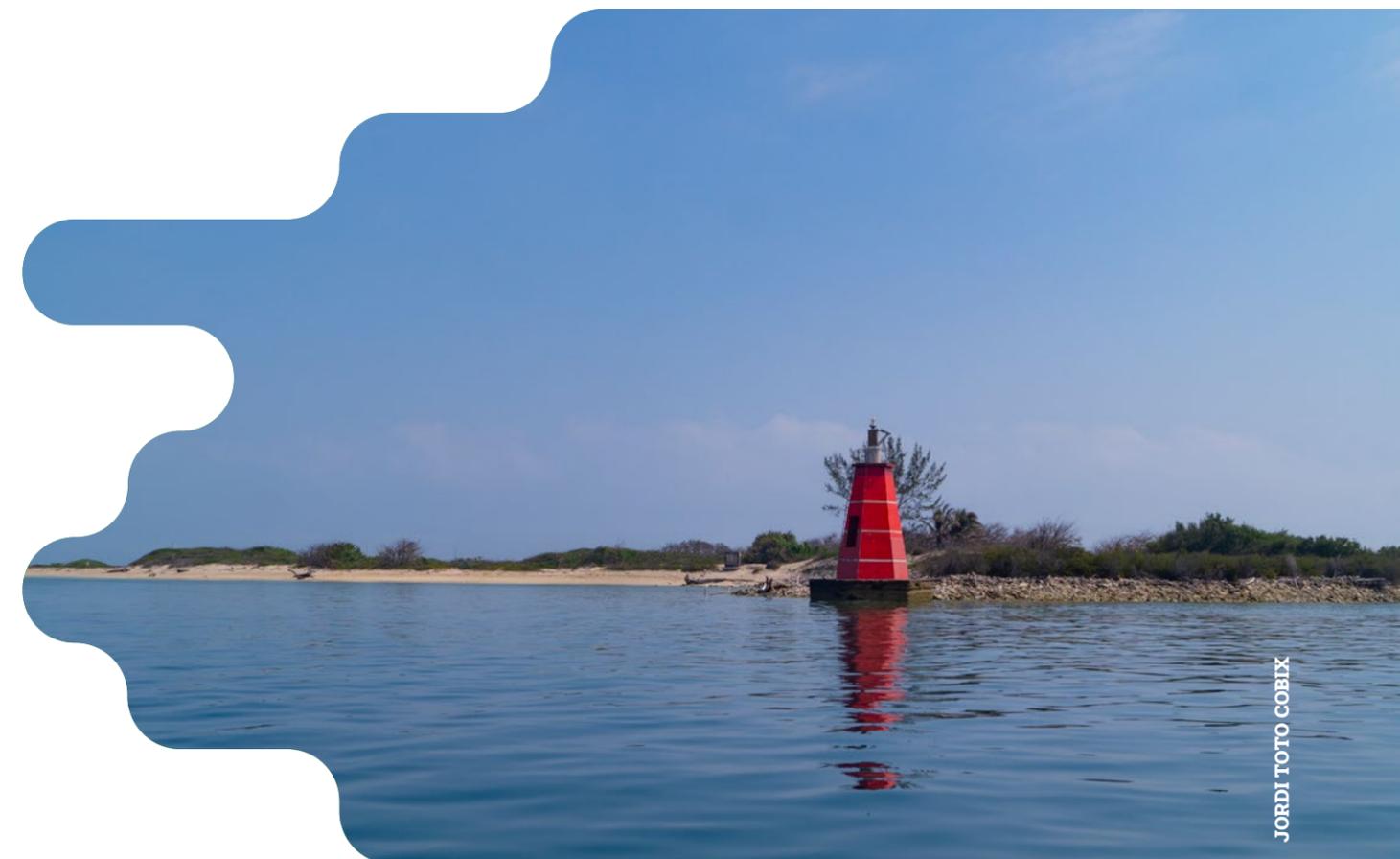
Figura 5. Ubicación de las islas del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano.

Se establecieron diferentes números de transectos de 10 m de largo por 4 m de ancho (40 m^2) por isla con base en su perímetro. Los sitios en las playas de las islas se distribuyeron de manera equidistante para tener representado el 10 % del perímetro insular (Cuadro 1).

Cuadro 1. Perímetros de las islas del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano y porcentaje del perímetro cubierto en el muestreo.

Isla	Perímetro obtenido con imágenes de satélite (m)	Perímetro muestreado (m)	Transectos de 10 m
De Enmedio	824.21	80	8
Polo	250.10	20	2
Sacrificios	951.69	100	10
Salmedina	292.54	40	4
Santiaguillo	236.48	20	2
Verde	770.17	80	8

Fuente: elaboración propia a partir de cálculos hechos con base en imágenes de Google Earth.



Muestreo en lagunas arrecifales de las islas del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano

Una laguna arrecifal es una estructura que se localiza en la mayoría de los casos al centro del arrecife y se encuentra protegida por las crestas arrecifales que pueden emerger o no del agua y se caracteriza por una alta tasa de sedimentación, reducido movimiento del agua y profundidades de 0.5 a 2.0 m. La intensidad luminosa es elevada. Diversos tipos de algas y pastos marinos cubren grandes áreas y se alternan con restos de corales y parches de arenas gruesas y finas.

En las lagunas arrecifales se estableció el muestreo de *Manta Tow* (Bass, 1996) modificado con buceo libre para coleccionar los RSUI y fragmentos iguales o superiores a 2.5 cm. Se estableció una línea imaginaria donde cada buzo lleva unas boyas (Fig. 5), la distancia a cubrir se estableció a priori y se dividió entre el número de buzos participantes y con base en la visibilidad disponible por campaña de muestreo, en nuestro caso fue de 24 m de ancho y los buzos fueron tres quedando separados cada 6 m, cubriendo así la mayor distancia posible de la laguna arrecifal.

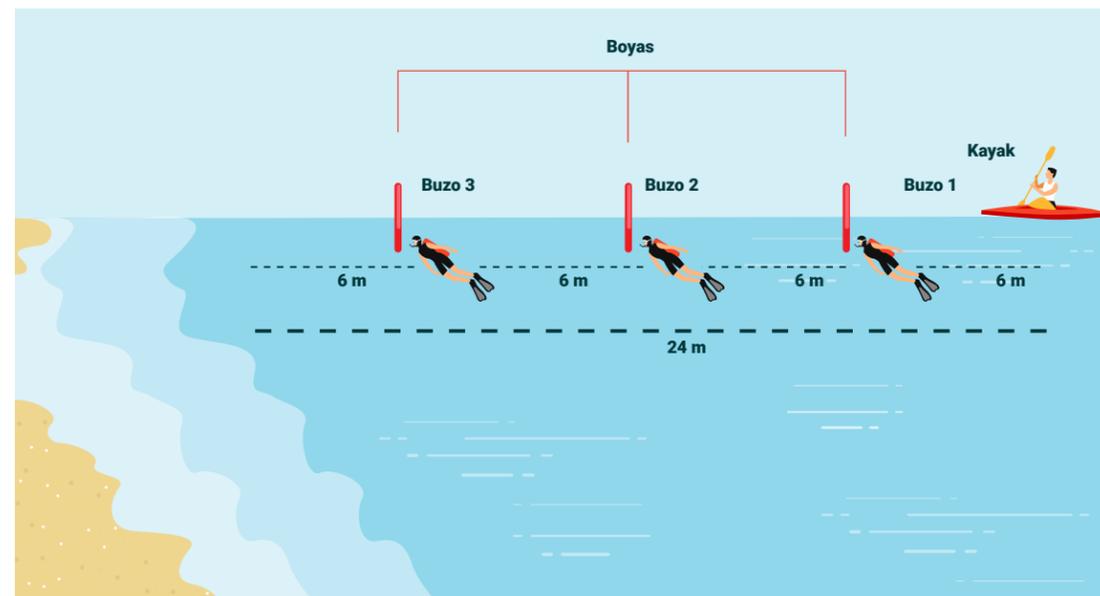


Figura 6. Ejemplo del método de Manta Tow. Tomado y modificado de Bass, 1996.

Muestreo en el río Jamapa-Cotaxtla

El muestreo en este ambiente se dividió en dos formas, la primera consistió en establecer tres puntos fijos de observación; el primer punto en el río Cotaxtla (estación hidrométrica de la Comisión Nacional del Agua), el segundo en el río Jamapa junto a la planta potabilizadora de agua del Tejar y el tercero en la desembocadura del área natural protegida estatal Arroyo Moreno (Fig. 6). Se estableció como unidad de tiempo una hora para realizar las observaciones de cuánto plástico pasa por el punto establecido, así como para el cálculo de piezas plásticas posibles por día (Castro-Jiménez *et al.*, 2019).



Figura 7. Puntos de muestreo sobre los ríos Jamapa-Cotaxtla.

La segunda forma de monitorizar el río consistió en navegar sobre el río en una embarcación desde la desembocadura hasta la intersección de los ríos Jamapa y Cotaxtla equivalentes a 10 km de distancia. Se establecieron 18 puntos de muestreo indirecto, para visualización de basura plástica y/o puntos de disposición de residuos a cielo abierto en las márgenes del río.

Trabajo de laboratorio

El procesamiento de las muestras en el laboratorio consistió en separar por transecto los contenedores con las muestras colectadas, cada una de ellas fue lavada para quitar el exceso de arena, en los casos en que fue posible se identificaron las marcas o alguna característica que pudiera aportar información del tipo de material. Todos los datos obtenidos se capturaron primero en la bitácora de laboratorio para posteriormente ser pasados a la base de datos en Excel y procesados para su análisis de estadística básica.





Principales hallazgos

Se realizaron un total de cuatro campañas de muestreo que corresponden a 16 salidas a campo que equivalen a 104 visitas a los sitios de muestreo con un total de 280 transectos realizados, donde el 66.8 % de ellos se encontró plástico (las playas del norte de la desembocadura del río Jamapa presentan servicios de limpieza pública por parte del municipio de Boca del Río). Lo anterior se realizó en el periodo que comprendió del 10 de enero al 17 de marzo de 2022. Ello corresponde a la época conocida como de “nortes” (vientos que soplan del componente norte como consecuencia de los frentes fríos) y que se presentan con mayor intensidad en la época invernal. De acuerdo con el monitor de sequía de la Comisión Nacional del Agua (2022) la zona de estudio presentó condiciones de sequía severas.

Se contabilizaron 4 344 ítems plásticos, que se agruparon en: fragmentos de plástico, que corresponden a fragmentos de plástico en general (no identificados) y a los fragmentos identificados de poliestireno expandido - EPS (27 %); botella de tereftalato de polietileno (PET) no retornable (22 %); artículo de polipropileno (PP) (arpilla, botellas, costales, rafia y tapas) (18 %); otros plásticos (88 tipos que no se pudieron identificar, estos corresponden al 16 %, de este porcentaje, el 13 % correspondió a bolsas); calzado diverso (5 %); artículo de polietileno de alta densidad (HDPE entre las que hay botellas y tapas con el 5 %); desechables diversos {platos, vasos, cubiertos, contenedores para transportar alimentos con el 4 %; residuos no identificados (2 %); artículo de polietileno (PE como botellas y tapas con el 0.4 %); artículo de polietileno de baja densidad o LDPE (entre las que destacan botellas y tapas con el 0.3 %); tubo de policloruro de vinilo (PVC) (0.2 %); y tapabocas (0.1 %). Los porcentajes presentados son con respecto al total de ítems encontrados durante todo el muestreo (Fig. 7).

TIPO DE RESIDUO PLÁSTICO (%)

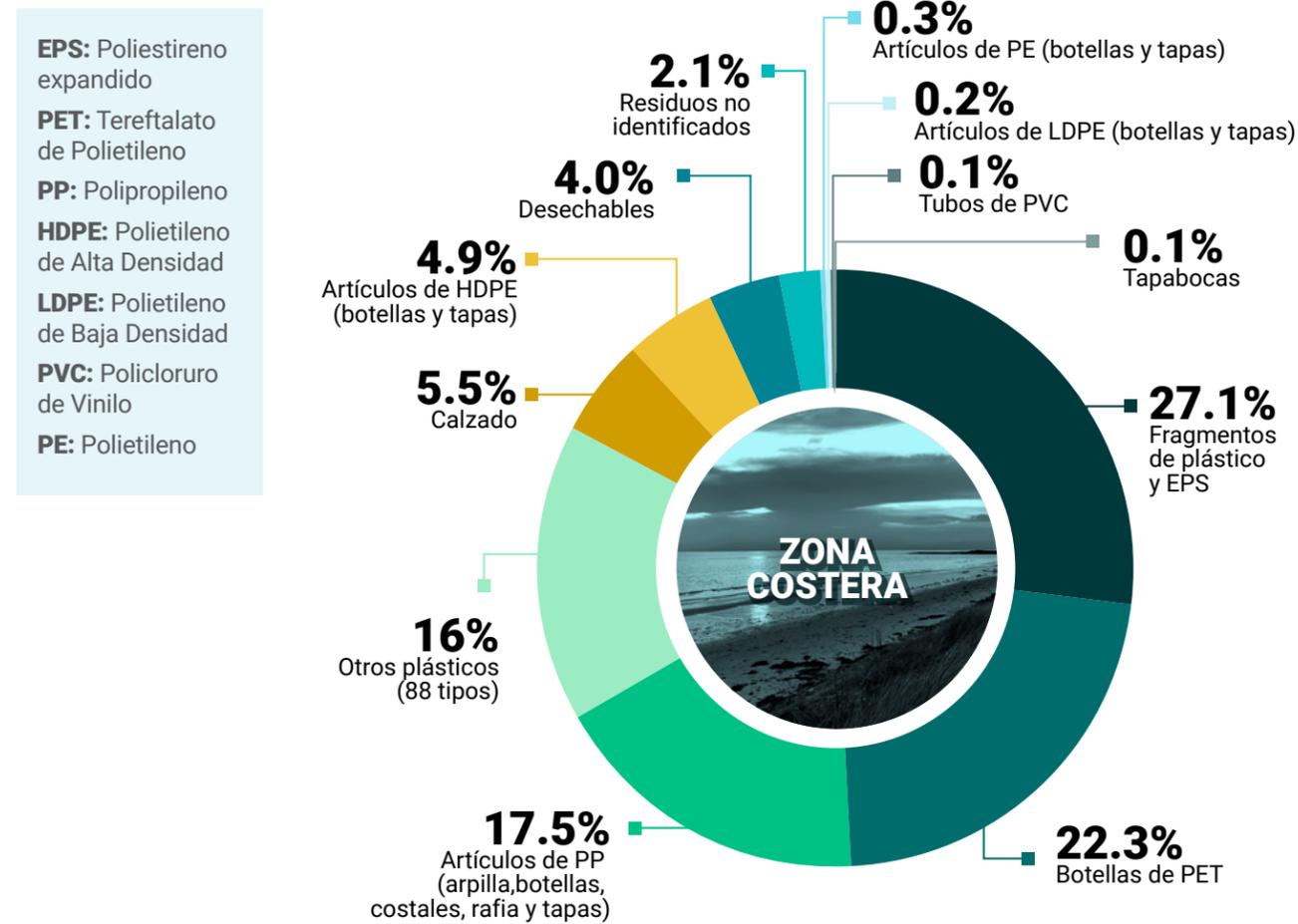


Figura 8. Se observan de manera general los porcentajes de ítems de plástico encontrados en la zona de estudio (n = 4 344), donde podemos notar que los dos elementos más abundantes son los fragmentos de plástico y botellas de PET.

Como se observa los más abundantes son los fragmentos de plástico (incluidos los de EPS) y el PET, que, junto con los PP, PVC, PS, PE, representan a nivel mundial el 90 % de la producción de plásticos, (Andrady, 2011; Heinrich, 2020), lo cual nos podría estar indicando el porqué de esos porcentajes encontrados durante el estudio. Así también, buena parte de los residuos encontrados corresponden a productos plásticos de un solo uso, como las botellas y las tapas, así como los desechables de diversos tipos. Lo anterior es un ejemplo de cómo estos productos siguen representando buena parte de la basura marina, de ahí la necesidad de tomar medidas para regular su producción y consumo.

Desglosando por cada uno de los ecosistemas costeros estudiados: playas, lagunas arrecifales, islas y río Jamapa-Cotaxtla, se encontró que de los materiales hallados, las botellas de HDPE y los desechables son los únicos que aparecieron en los cuatro ecosistemas estudiados. De los materiales que se lograron identificar los que más se encontraron fueron las tapas de PP (playas con 437 ítems e islas con 172 ítems); los fragmentos de plástico (playas con 390 ítems e islas con 295 ítems), las botellas de PET (islas con 203 ítems y río con 110 ítems), el calzado (playas con 107 ítems), fragmentos de EPS (islas con 82 ítems) y desechables (playas con 76 ítems y río con 65 ítems).

De los ecosistemas estudiados donde más aparecen ítems fue en las playas (n = 1 422) e islas (n = 1 101), sin embargo, el mayor aporte de los ítems registrados en las playas fue de las de la porción sur de la desembocadura del río Jamapa. En la porción norte las playas son limpiadas constantemente por el gobierno municipal de Boca del Río y son las que más esfuerzos de limpieza reciben por parte de la sociedad y organismos no gubernamentales.

La información desglosada por cada uno de los sistemas costeros estudiados se presenta a continuación.



Buena parte de los residuos encontrados corresponden a productos plásticos de un solo uso, como las botellas y las tapas, así como los desechables de diversos tipos. Lo anterior es un ejemplo de cómo estos productos siguen representando buena parte de la basura marina, de ahí la necesidad de tomar medidas para regular su producción y consumo.





MARA MAGAÑA

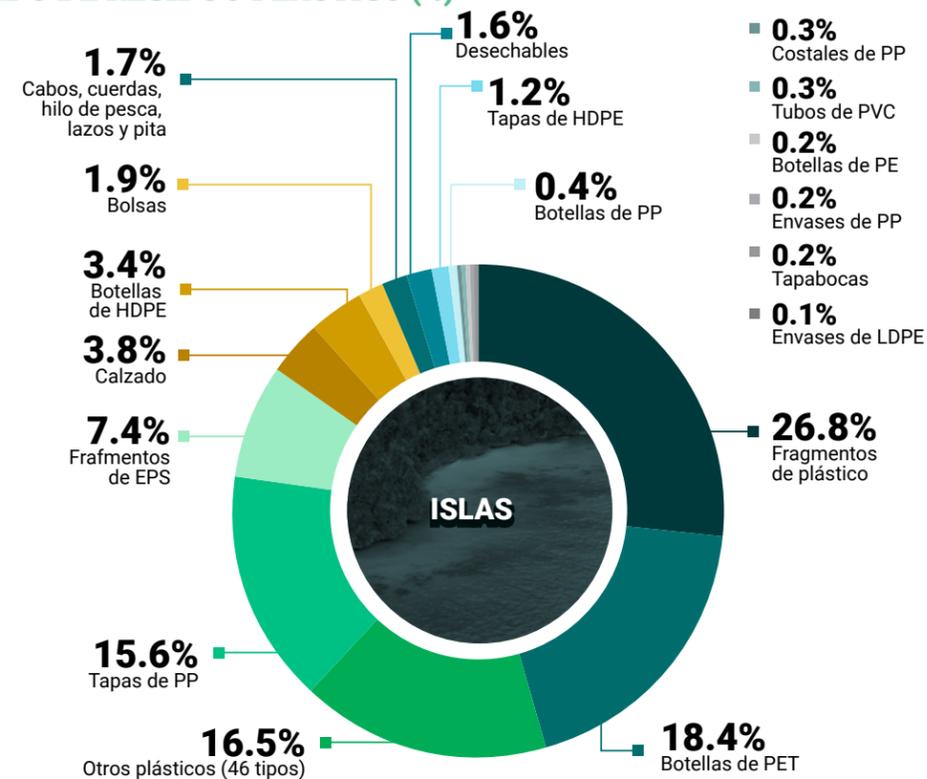
Arrecifes (isla y laguna arrecifal)

Se encontraron un total de 1 101 ítems de plásticos en las islas muestreadas y 23 ítems de plástico en las lagunas arrecifales (Fig. 8 y Fig. 9). De acuerdo con los grupos que se mostraron anteriormente, se encontraron tres tipos de plásticos en todas las islas: fragmentos plásticos que corresponden a plásticos no identificados en Isla Verde (103 ítems), en Sacrificios (86 ítems), en Isla De Enmedio (60 ítems), en Salmedina (30 ítems) y en Santiaguillo (16 ítems), seguidos de fragmentos de EPS y botellas de PET no retornable. En el caso de las lagunas arrecifales predominaron las bolsas (7 ítems), los cabos, cuerdas y lazos (4 ítems) y los fragmentos de plástico (3 ítems).

Otros dos plásticos que se presentan en la mayoría de las islas, menos en isla Santiaguillo, fueron las botellas y tapas de HDPE. Mientras que Santiaguillo es el único lugar en el que se encontraron tubos de PVC e hilo nylon. Llama la atención que en la isla Verde e isla De Enmedio se encontró calzado.

Destaca que las islas Sacrificios y Verde son las que mayor porcentaje de ítems plásticos presentaron, quizá porque estas dos islas se localizan a una distancia en línea recta de 1.8 km y 5.5 km respectivamente, lo que las hace estar más cerca de la zona conurbada de Veracruz-Boca del Río y de las posibles presiones ejercidas por los residuos sólidos urbanos domésticos y aportes terrígenos. Mientras que la isla más lejana es Santiaguillo (30 km) y la que presentó el menor número de ítems plásticos.

TIPO DE RESIDUO PLÁSTICO (%)



- **EPS:** Poliestireno expandido
- **PET:** Tereftalato de Polietileno
- **PP:** Polipropileno
- **HDPE:** Polietileno de Alta Densidad
- **LDPE:** Polietileno de Baja Densidad
- **PVC:** Policloruro de Vinilo
- **PE:** Polietileno

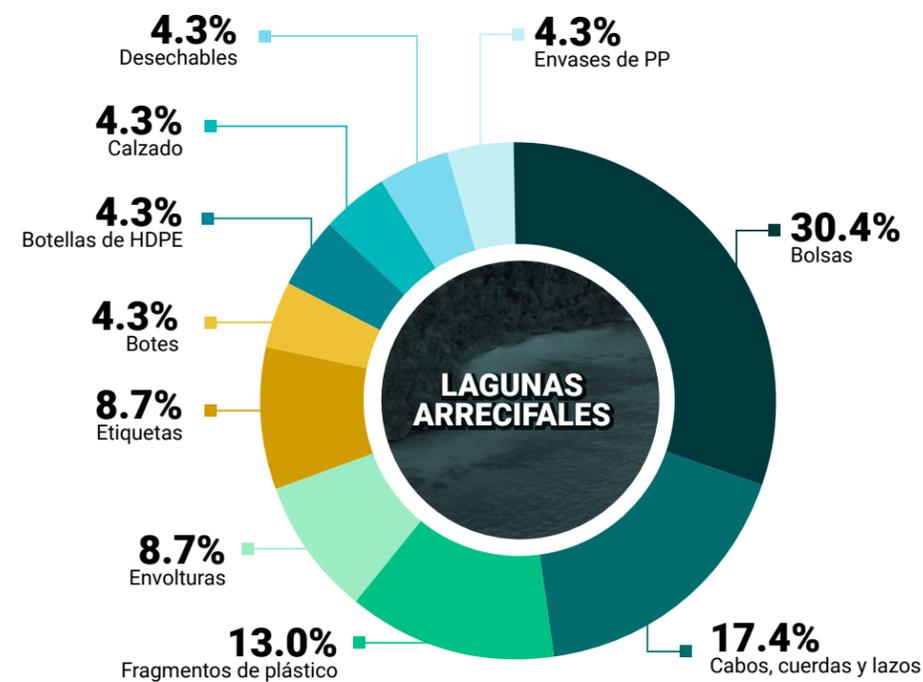
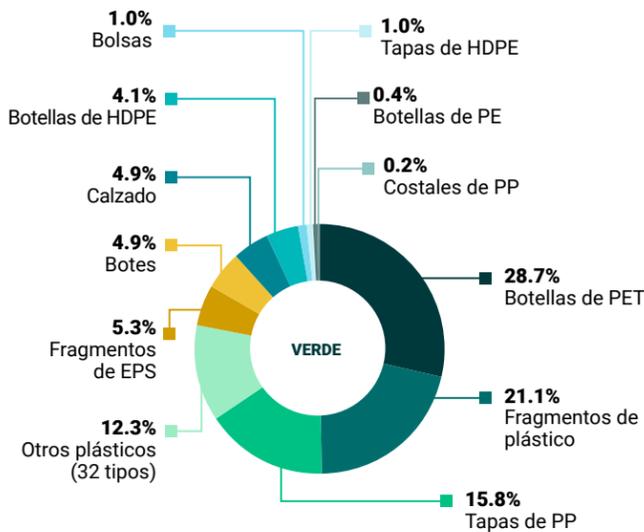
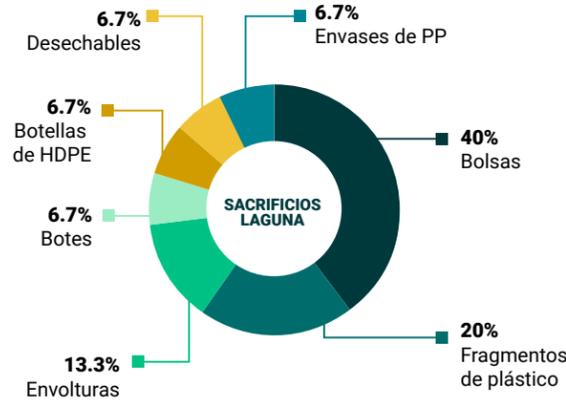
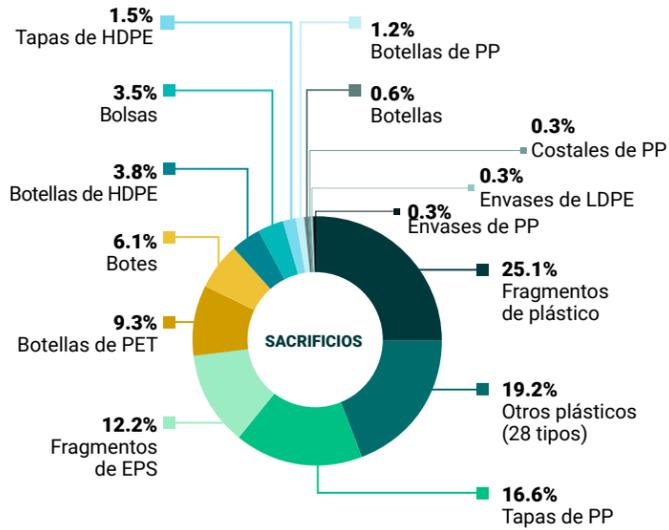
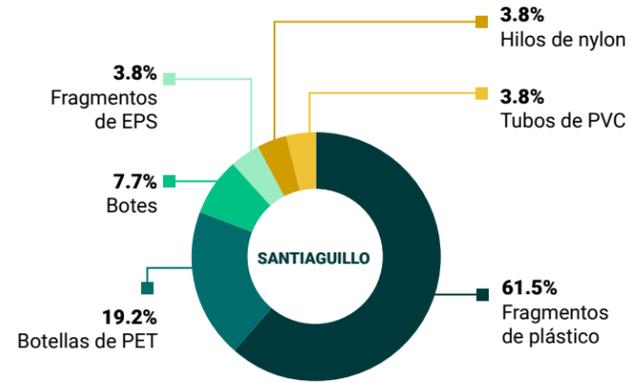
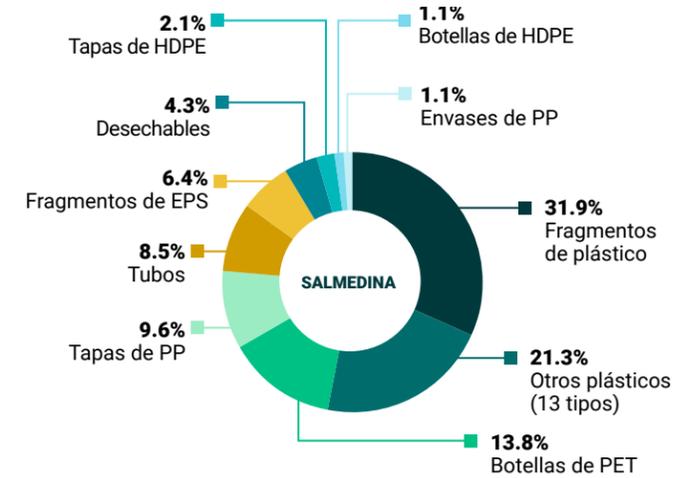
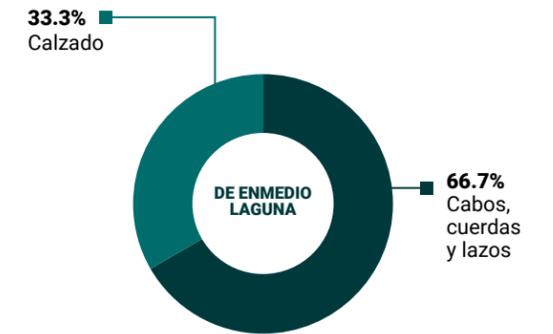
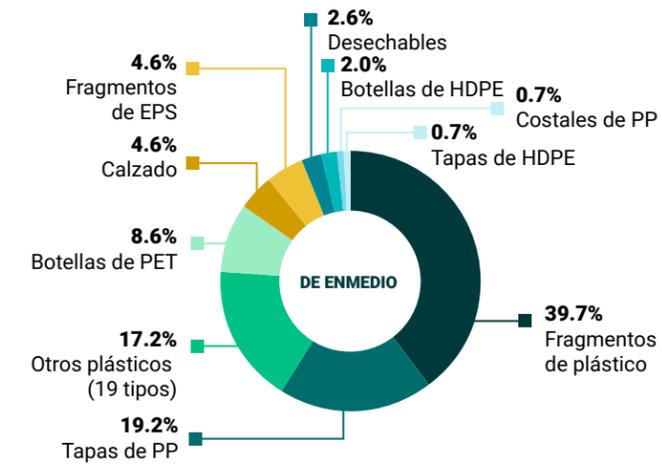


Figura 9. Se observan de manera general los porcentajes de ítems de plástico encontrados en las lagunas arrecifales, donde destaca la presencia de bolsas.

TIPO DE RESIDUO PLÁSTICO (%)



TIPO DE RESIDUO PLÁSTICO (%)



EPS: Poliestireno expandido
PET: Tereftalato de Polietileno
PP: Polipropileno
HDPE: Polietileno de Alta Densidad
LDPE: Polietileno de Baja Densidad
PVC: Policloruro de Vinilo
PE: Polietileno

Figura 10. Se observan de manera general los porcentajes de ítems de plástico identificados en las islas y en las lagunas arrecifales



MARA MAGANA

Playas

Para estos ambientes se encontraron 1 422 ítems distribuidos de la siguiente manera: Tapa de PP (31 %); fragmentos de plástico (27 %); otros plásticos (55 tipos entre envolturas, botes de medicamentos, botes, popotes, bolsas con el 17 %); calzado (6 %); desechables (cucharas, cuchillos, platos, tenedores, vasos y otros no identificados con el 5 %); botellas de HDPE (4 %); botellas de PET (3 %); fragmentos de EPS (3 %); tapas de HDPE (1%); y botellas de PP, envases de PP, botellas de PE, envases de LDPE y tapas de LDPE (con menos del 1 %). Al igual que en el caso de las islas son los fragmentos de distintos tipos de plásticos los que más abundan (Fig. 10).

TIPO DE RESIDUO PLÁSTICO (%)

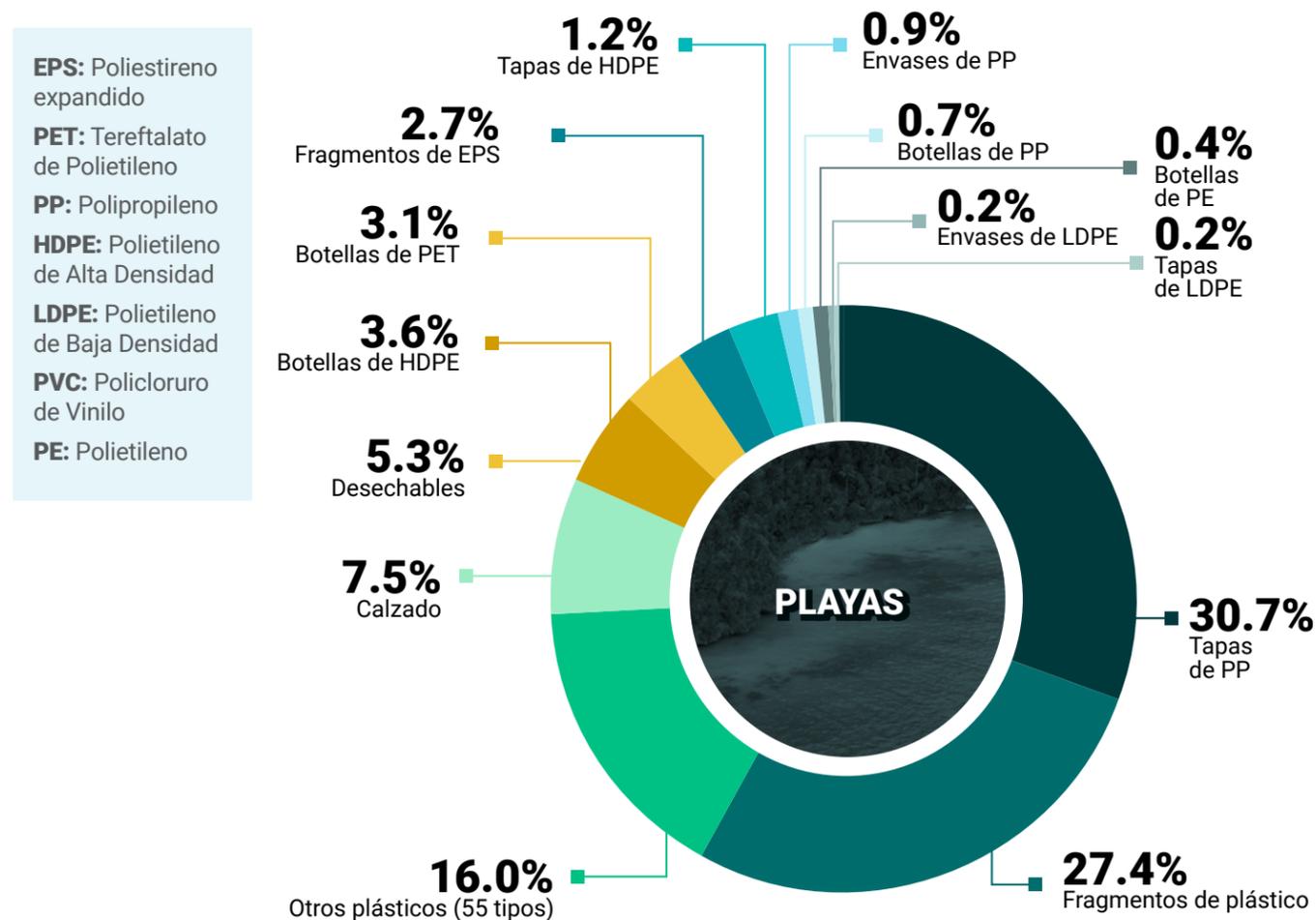


Figura 11. Se muestran los porcentajes y tipos de plásticos presentes de manera general en todas las playas.

La zona que comprende las playas de Antón Lizardo – Giote – Isla del amor que están al sur de la desembocadura del río Jamapa-Cotaxtla, suman un poco más del 80 % de la basura plástica encontrada (Fig. 11), lo que pudiese deberse a las características climatológicas dominantes en esta región del suroeste del Golfo de México, los vientos del norte que dominan en los meses de octubre a abril; sumado a esto también inciden las corrientes de agua marina, que son los movimientos de la masa de agua en una dirección y que varía dependiendo de la época del año.

TIPO DE RESIDUO PLÁSTICO (%)

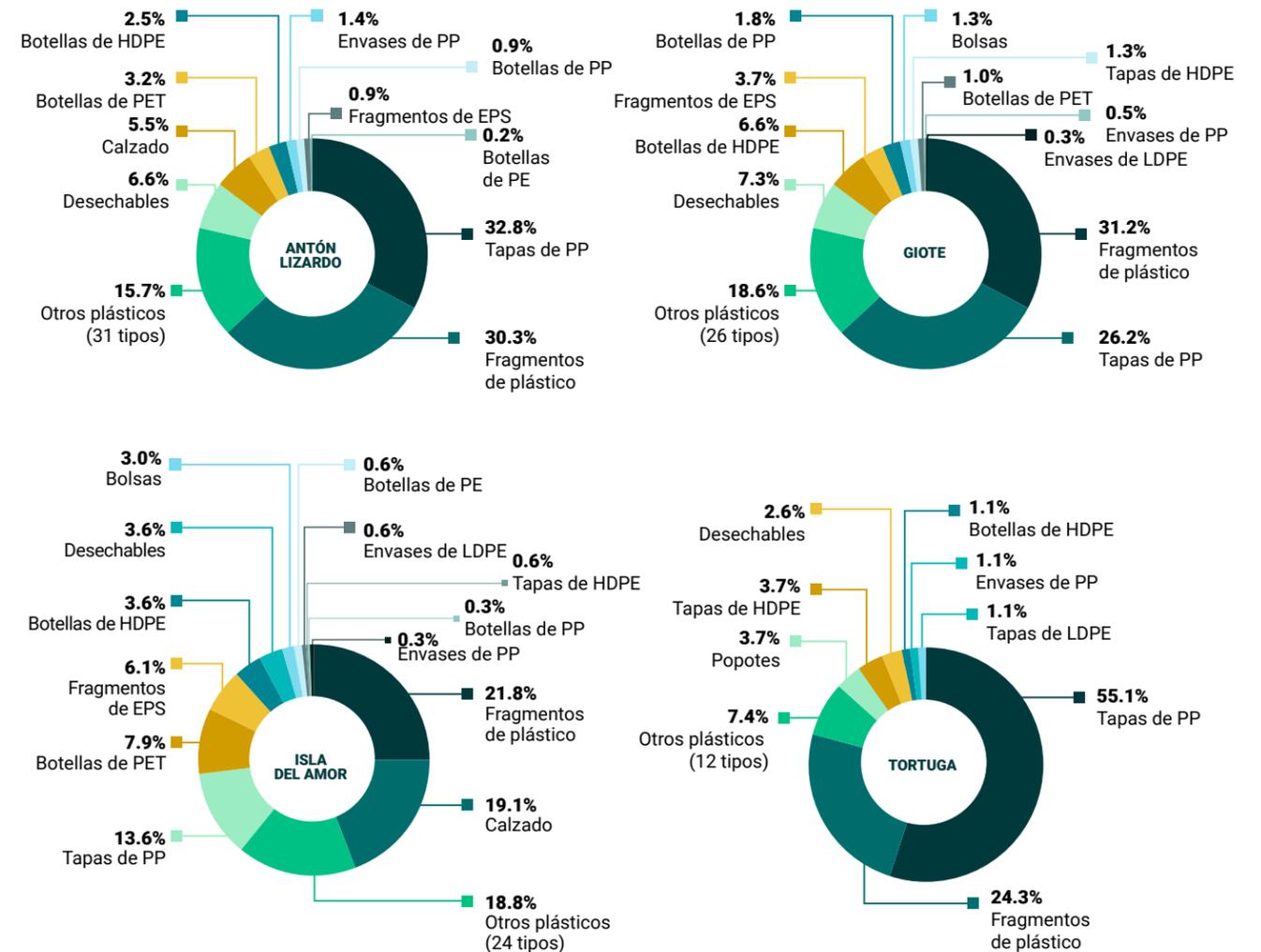


Figura 12. Se muestran los porcentajes de plásticos presentes en la zona de playas.

Por su parte, las playas que se localizan al norte de la desembocadura del río Jamapa-Cotaxtla [(El Morro-Tampiquera, Mocambo I, Mocambo II, Penacho del indio y, tres playas adyacentes al arrecife Ingeniero (sur, centro y norte) y



Las islas con mayor a menor contaminación son: 1. Isla Verde, 2. Sacrificios, 3. De Enmedio, 4. Salmedina, 5. Santiaguillo, y 6. Polo.

Tortuga)], en general, no presentaron ítems de plástico ni otro tipo de residuos. Esto no quiere decir que no exista basura, lo que se observó es que al ser playas con alta afluencia de turismo el municipio de Boca del Río se encarga de su limpieza diariamente. En el caso de la playa Tortuga que también está en el mismo municipio los resultados que se tienen son debido a que el muestreo en ese día se realizó muy temprano (06 h) antes de que el personal del municipio realizara las actividades de limpieza.

Considerando los sitios estudiados y los plásticos encontrados en una única temporada, podemos establecer un primer listado de las playas más contaminadas con plásticos (>2.5 cm) a las menos contaminadas, quedando de la siguiente forma: 1. playas de Antón Lizardo; 2. Gioté; 3. Isla del amor y 4. Tortugas. El resto quedaría fuera debido a que el municipio realiza limpieza, por lo que no se contó con registro de basura. En este mismo sentido las islas con mayor a menor contaminación son: 1. Isla Verde, 2. Isla Sacrificios, 3. Isla De Enmedio, 4. Isla Salmedina, 5. Isla Santiaguillo y 6. Isla Polo



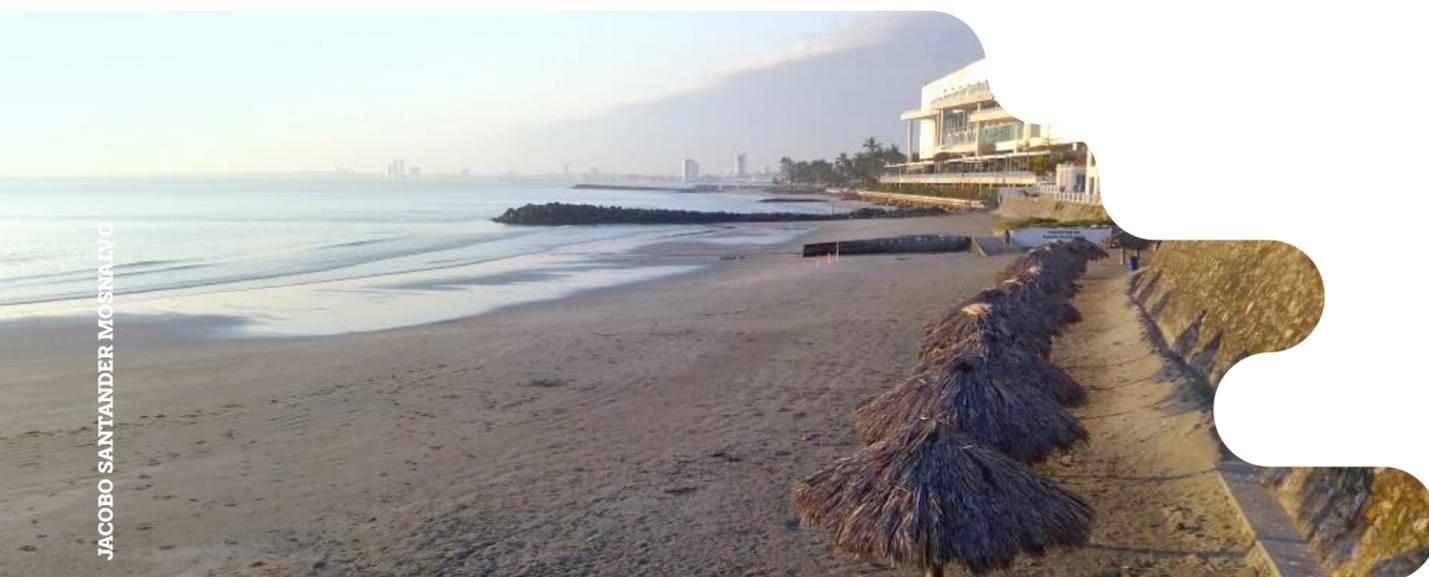
JACOBO SANTANDER MONSALVO

Ríos

En el caso de la franja de diez kilómetros recorridos en el río en la parte baja de la cuenca del Jamapa-Cotaxtla, se encontraron los siguientes ítems de plásticos: Botellas de PET (28 %); residuos no identificados (23 %); desechables (platos y vasos, 16 %); fragmentos de EPS (7 %); bolsas (7 %); otros plásticos (bidones, cubetas, fragmentos de plástico no identificados, botes de medicamento, calzado con el 6 %); envolturas (5 %); botellas de HDPE (4 %); botellas de PP (2 %); tapas de PP (0.8 %); arpillas de PP (0.5 %); y tapas de HDPE (0.3 %) (Fig. 12).

Como se observa, el 67 % de la basura plástica registrada en esta temporada de nortes y sequía severa, se centra en las botellas de PET, utensilios para transportar comida (desechables) y otros que no se pudieron determinar su tipo. Cabe destacar la presencia de fragmentos plásticos que, al igual que en los otros dos ambientes estudiados, se encuentran presentes.

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2022), el 80 % de la basura que llega a los mares y océanos proviene de los ríos y lagos que se encuentran en la parte continental. En esta investigación, en el río Cotaxtla, en



JACOBO SANTANDER MONSALVO

el punto de la comunidad el Guasimal, se observó el número de ítems plásticos que pasan en una hora, el cual en promedio es de 7 ± 4.7 ítems-hr⁻¹. Se realizó el cálculo de acuerdo con el método propuesto por Castro-Jiménez *et al.*, (2019) de cuántos ítems pasarían en un día y en un año y se estimó que por día pasarían 168 ítems plásticos y en un año por ese punto pasarían 61 320 ítems plásticos (con las condiciones de descarga del río en temporada de nortes).

En el caso del río Jamapa, en el punto de observación que se ubica en la comunidad de El Tejar (planta potabilizadora de agua), no se pudieron contabilizar los plásticos presentes ya que en esta temporada el río no presenta corriente de agua.

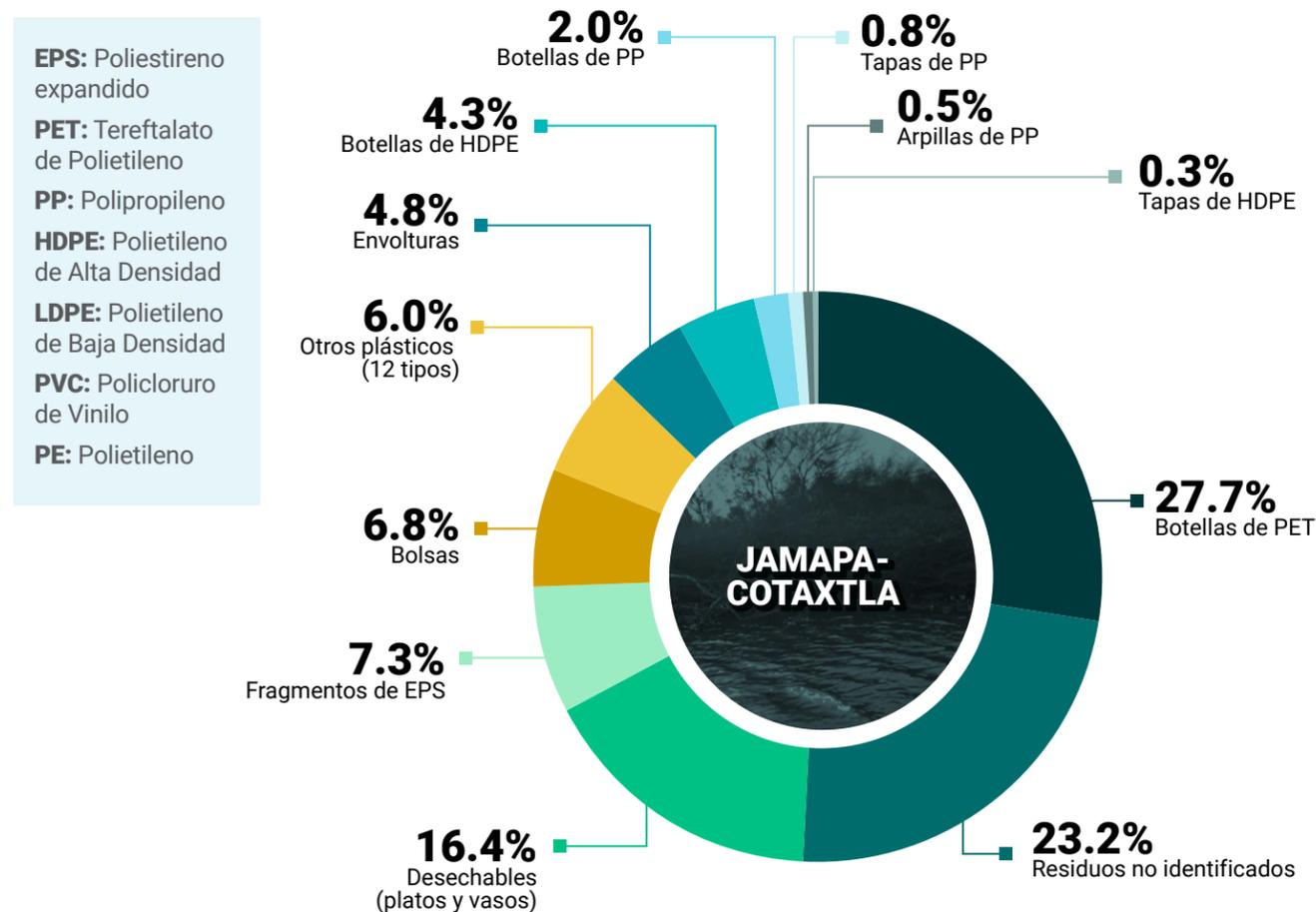


Figura 13. Se muestran los porcentajes de plásticos observados en la zona del río Jamapa-Cotaxtla.

Es importante mencionar que este estudio se realizó en una sola temporada climática que corresponde a la de nortes y siendo atípica por su poca o nula precipitación. De acuerdo con el monitor de sequías de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), la región ha sufrido lo que se considera anormalmente seco con algunas fechas extremas, esto es importante mencionarlo dado que los aportes de agua del río Jamapa en las fechas de muestreo fue cero, ya que su cauce se encuentra básicamente seco al observarse expuesto el lecho del río. La poca agua que escurre en el Jamapa es captada a la altura de la planta potabilizadora del Tejar, en el municipio de Medellín. En el caso del río Cotaxtla, éste sí presenta un caudal mínimo en esta temporada.

De acuerdo a los resultados mostrados en los distintos ambientes, consideramos que las principales presiones que afectan la zona costera estudiada son dos: *i*) las climatológicas como las sequías que ven afectado el caudal de los ríos, y *ii*) el antrópico como lo es el crecimiento de la zona urbana sobre los márgenes del río, la presencia de tiraderos clandestinos de materiales de construcción, así como tiraderos de RSUI ubicados en las zonas habitacionales o residenciales, descargas de agua residual difusas o clandestinas.

De acuerdo con lo anterior, con la zona de estudio en la que se realizó el monitoreo y considerando la poca información técnica-científica y reportes gubernamentales y los resultados obtenidos, podemos decir con evidencia científica que se trata de un *área impactada por la presencia de materiales plásticos*. Si bien se observaron en este estudio zonas de acumulación de basura plástica, fue principalmente en áreas con presencia de vegetación hidrófita enraizada o libre flotadora y que sirvió como red para detener los residuos plásticos.

Puesto que el estudio se realizó en una sola parte de la cuenca y durante una sola temporada (nortes), sólo se cuenta con una visión "pequeña" o fotografía del estado que guarda el área de estudio en la cuenca del Jamapa-Cotaxtla.

Con estos resultados, la presencia de contaminación por plásticos queda evidenciada en la zona de estudio mediante el uso de diferentes metodologías publicadas y probadas, con muestreos sistematizados y repetibles. A estos plásticos los llamaremos macroplásticos (mayores a 2.5 cm de largo o ancho) y están presentes en los ambientes costeros de la región central del estado de Veracruz, México.

Impactos de los residuos plásticos

Los plásticos se han desarrollado de tal forma en que se han convertido en parte de la vida cotidiana de los seres humanos, llegando a un punto en el que al menos el 50 % de todo lo que consumimos los contenga (fabricación, embalaje y/o transporte). La parte negativa de esto es la cantidad producida, el diseño de los plásticos de un solo uso (concebidos para convertirse en desechos) y la dificultad para degradarlos, lo que los convierte en perjudiciales para la biodiversidad en general. Ejemplos de esto se ve en la obstrucción de ríos, el uso de los plásticos para nidos de aves, especies marinas atrapadas, etc. Aunado a ello, se tiene otro problema que emana de la presencia de estos plásticos en la zona estudiada. De acuerdo con los resultados obtenidos, son precisamente los fragmentos de plástico los que más presencia tienen en todos los ambientes estudiados, lo que indica que los procesos de degradación de los plásticos por la acción física, química y biológica (intemperismo), en cualquiera que sea su tipo, composición y forma están siendo constantemente fragmentados en los siguientes intervalos de tamaños: de macropásticos a mesoplásticos (entre 2.5 cm y 0.6 cm), a microplásticos (menores a 0.5 cm), e incluso a nanopásticos (<1000 nanómetros [nm]). Son estos últimos grupos de fragmentos los más pequeños, los menos visibles y los que más daño están generando a la biodiversidad y al ser humano como parte de ella, pues ya existe evidencia científica en la que consta que cada vez se incorporan más micro y nano plásticos en los tejidos y órganos de los seres vivos y que, además, también ya están presentes en agua y aire. A este fenómeno Peña-Montes y Peralta-Peláez (2018) lo denominaron la plastificación de la biodiversidad.

La presencia cada vez mayor de cualquier forma, tipo y tamaño de plástico no está afectando solamente a la biodiversidad, sino a los procesos físicos y químicos que regulan el funcionamiento de los ecosistemas y del planeta.

Un nuevo impacto generado es el producido por la basura plástica a causa de la pandemia de SARS-CoV-2 (COVID-19), en el caso de esta investigación, únicamente se encontraron tres tapabocas, lo que pudiese ser un indicio de un residuo sólido producto de la emergencia sanitaria, que pudieron haber llegado por acción del viento (nortes), por el turismo, por la población local, entre otros factores, y que podría convertirse en una amenaza emergente para los ecosistemas de la zona costera.

Fuente u origen de la basura marina

El aumento en la investigación sobre basura marina está brindando información sobre sus aportes, distribución e impactos, sin embargo, los datos sobre la naturaleza y la fuente de los desechos son aún dispersos e inciertos (Morales-Caselles *et al.*, 2021).

Los resultados encontrados en la cuenca baja del río Jamapa-Cotaxtla son similares a lo que reportaron Castro-Jiménez *et al.*, (2019) para el río Ródano (río de Europa central), en cuanto a que uno de los mayores aportes al mar Mediterráneo (77 %) de RSUI son distintos fragmentos plásticos.

De acuerdo con Tekman *et al.*, (2022), las fuentes terrígenas cercanas a los litorales y los ríos generan la mayoría de la contaminación por plásticos que llega a los océanos, lo que perjudica la biodiversidad marina por interacción física (enredos, ingestión y asfixia) y por contaminación química (aditivos y sustancias absorbidas), lo que ha afectado a 2 141 especies marinas.

Esto no es la excepción en el caso del litoral veracruzano y los ecosistemas del PNSAV, ya que esta zona tiene la influencia de tres ríos; La Antigua al norte, el Jamapa al centro y el Papaloapan al sur, a lo que debe sumarse el patrón oceanográfico y las corrientes superficiales que prevalecen en el PNSAV (Salas-Monreal *et al.*, 2017), lo que provoca condiciones para que los RSUI permanezcan en sus aguas y puntualmente se vayan acumulando en sus playas continentales e insulares.

Además, es evidente que todavía se está lejos de alcanzar un manejo adecuado de los RSUI en las playas por parte de la ciudadanía y de las autoridades locales. Por ejemplo, las



(...)esta zona tiene la influencia de tres ríos; La Antigua al norte, el Jamapa al centro y el Papaloapan al sur, a lo que debe sumarse el patrón oceanográfico y las corrientes superficiales que prevalecen en el PNSAV lo que provoca condiciones para que los RSUI permanezcan en sus aguas y puntualmente se vayan acumulando en sus playas continentales e insulares.





MARA MAGAÑA

autoridades municipales de Alvarado tienen un manejo muy limitado de sus RSUI, lo que se observa fácilmente en el territorio, mientras que las autoridades del municipio de Boca del Río a pesar de que hacen esfuerzos para mantener sus playas limpias con el objetivo de conservar y privilegiar sus actividades turísticas, dichas playas no están exentas de estar contaminadas por basura plástica.

En la literatura existe información de esta relación directa cuenca – arrecifes (Castro-Jiménez *et al.*, 2019; Tekman *et al.*, 2022), no obstante, debido a la temporalidad de este proyecto faltarían datos e insumos para confirmar esta relación. Únicamente se tienen identificados los puntos donde se acumula madera (palos, ramas y troncos) y RSUI, así como basura plástica lo cual no determina su origen, ya sea éste por la descarga de agua proveniente del río Jamapa–Cotaxtla o de los ríos Antigua y Papaloapan dependiendo la época del año, aun cuando estos últimos ejercen también influencia en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (Ortiz-Lozano *et al.*, 2009), así como el patrón de circulación de las corrientes locales y regionales.

Si bien es probable que gran cantidad o incluso la mayoría de residuos plásticos provenientes de las descargas terrígenas pueden llegar por la deriva o flotación a los ecosistemas de playa e insulares, queda abierta la oportunidad para desarrollar e implementar proyectos de investigación que comprueben y soporten esta idea.

Los plásticos encontrados en la zona de estudio pueden deber su origen a descargas terrígenas y a movimientos de corrientes y mareas, así como por el efecto del viento, que los desplazan superficialmente hasta que llegan a hundirse, degradarse o vararse en diversos ecosistemas como las playas continentales e insulares, sin embargo, no se contaron con herramientas que ayuden a determinar su puntual origen. Asimismo, y como ya se ha mencionado, este proyecto se realizó en una de las temporadas en las que menos aportes terrígenos hay, por lo que es importante replicar esta metodología durante un ciclo anual, para estimar las posibles fluctuaciones de su presencia e intentar determinar su procedencia u origen.

Afectaciones de los residuos plásticos a la biodiversidad del PNSAV

El litoral de la zona conurbada Veracruz-Boca del Río-Alvarado presenta una diversidad de ecosistemas que albergan un gran número de especies de aves y peces, además de especies carismáticas como los delfines y las tortugas marinas, las cuales son de importancia fundamental por sus bienes y servicios como los manglares, y de corales tan emblemáticos y representativos como *Acropora palmata* (cuerno de alce) y *Acropora cervicornis* (cuerno de ciervo), mismas que no están exentas de la presencia de RSUI.

Greenpeace (2019) documentó la presencia de microplásticos en 29 especies de peces de importancia comercial; por lo que ninguna especie estaría a salvo del contacto y presencia por materiales plásticos, sin embargo, estos impactos no pudieron ser evaluados con las metodologías presentadas en esta investigación, dado que no era el objetivo de este trabajo debido a limitaciones de tiempo. No obstante, en esta sección presentamos, a partir de la revisión de literatura existente, información sobre los efectos de la contaminación plástica en la biodiversidad marina que podría darnos indicios de las potenciales afectaciones de los residuos plásticos presentes en la zona de estudio.

De acuerdo con un reporte elaborado por Tekman *et al.*, (2022) y financiado por el Fondo Mundial para la Naturaleza, la contaminación por plásticos afecta a los océanos y su biodiversidad (ecosistemas y especies), donde además de la interacción física, los plásticos están presentes en la cadena alimenticia de los ecosistemas, lo que afecta significativamente la productividad de ecosistemas como los arrecifes de coral y bosques de manglar. Regularmente son encontradas nuevas especies marinas ya sea con ingesta de plásticos o enredadas en ellos, además, se sabe que más de 900 especies marinas han interactuado con desechos marinos a lo largo del mundo (Khün

y Franeker, 2020). El principal problema en las interacciones con estos desechos son el enredo y/o la ingesta, debido a esto muchas especies de aves, tortugas, mamíferos, peces y crustáceos resultan afectadas (Barboza *et al.*, 2019).

Las fuentes terrígenas cercanas a los litorales y los ríos generan la mayoría de la contaminación por plásticos que llega a los océanos, lo que perjudica la biodiversidad marina por interacción física (enredos, ingestión y asfixia) y por contaminación química (aditivos y sustancias absorbidas), lo que ha afectado a 2 141 especies marinas (Tekman *et al.*, 2022).

Cerca del 68 % de las especies de cetáceos son afectadas por la interacción con RSUI; pese a esto, permea el desconocimiento y el debate sobre los efectos de los plásticos por la ingesta de microplásticos y los posibles efectos toxicológicos y patógenos (Eisfeld-Pierantonio *et al.*, 2022). Las tortugas marinas son especies carismáticas, consideradas en peligro de extinción y vulnerables por los daños físicos y por la ingesta de basura marina, principalmente por plásticos. En el litoral de Brasil, Santos *et al.*, (2015) analizaron el impacto por la ingesta de plásticos en 265 tortugas de la especie *Chelonia mydas*, quienes determinaron que no se necesita de grandes cantidades de plásticos de un solo uso para bloquear el tracto digestivo de las tortugas y causarles la muerte.

La pandemia de COVID-19 ha provocado el uso masivo de equipos de protección personal (tapabocas, guantes, protectores faciales) para prevenir o minimizar los riesgos de transmisión (Ardusso *et al.*, 2021; Benson *et al.*, 2021), donde los tapabocas desechables son los más utilizados por su acceso económico y efectividad. Como ya se mencionó, en nuestro caso solo se encontraron tres tapabocas, dos en la Isla Sacrificios y uno en la playa de Antón Lizardo. Por la nula estrategia sobre su manejo y por la falta de conocimiento y concientización de sus usuarios para una disposición final adecuada, estos equipos de protección personal se están convirtiendo en una amenaza emergente ambiental registrada en playas (De-la-Torre *et al.*, 2021; Rakib *et al.*, 2021; Arduoso *et al.*, 2021) y ríos (Cordova *et al.*, 2021).

Por otro lado, la degradación de los tapabocas en el ambiente y sus consecuencias son aún desconocidas; lo que sí se sabe es que, por los cambios físicos en el ambiente, los tapabocas se rompen y forman parte de los microplásticos por su microestructura fibrosa compuesta por polipropileno. Aún hay desconocimiento de su degradación *in situ*, y aunque se carece de estudios ecotoxicológicos, se han

mostrado diversos impactos, como deficiencias en la fertilidad y la reproducción en organismos acuáticos y terrestres (Pizarro-Ortega *et al.*, 2022).

Una de las principales causas de RSUI tiene que ver directamente con las actividades turísticas que se desarrollan en las playas de los municipios de Alvarado y Boca del Río, así como los grandes asentamientos urbanos que esta zona conurbada tiene. El tener playas turísticas con presencia de RSUI puede comprometer la presencia del turismo y reducir la posibilidad de obtención de certificados de playas limpias, lo que ejerce un efecto directo en los ingresos económicos de los prestadores de servicios turísticos como los que se dedican a atender turismo de playa, los prestadores de servicios de paseos a las islas, de quienes desarrollan actividades subacuáticas e incluso en hotelería y restaurantes. Si bien estos potenciales impactos económicos negativos por RSUI no han sido medidos puntualmente para la zona de estudio, sí ha sido documentado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2021), quienes además señalaron los impactos en las actividades pesqueras.

El nulo manejo de RSUI provoca su desplazamiento hacia otros ecosistemas como son los arrecifes, islas y lagunas arrecifales del PNSAV. Si bien estos RSUI están presentes, se requiere de mayores investigaciones que evidencien su impacto directo sobre la biodiversidad de los arrecifes y playas en el área de estudio, sin embargo, esto no significa que no ejerzan presión, pero hasta ahora no es claro si la presencia de RSUI comprometen especies de interés comercial (crustáceos, moluscos y peces) o especies carismáticas (mamíferos y reptiles marinos) como se ha dado en otras zonas geográficas (Greenpeace, 2019a; PNUMA, 2021; Tekman *et al.*, 2022).



Auditoria de marca: ¿Cuáles son las principales empresas detrás de los residuos plásticos hallados?

Derivado del análisis de los ítems encontrados en las distintas zonas de estudio, se buscó identificar la marca comercial de cada pieza plástica. La marca comercial se obtuvo de las muestras que aún portaban alguna etiqueta o marca con algún nombre o logotipo que permitió su identificación en laboratorio; en otras muestras se identificó con la ayuda de más características como el lugar de procedencia, la capacidad, la apariencia y la morfología. Como resultado, se lograron identificar 382 marcas comerciales, de las cuales 269 se pudieron asociar a 159 compañías nacionales y transnacionales. Cabe mencionar que no fue posible identificar la compañía propietaria de 113 marcas, lo que representa un ejemplo del reto que implica el rastreo del total de productos que terminan en los ecosistemas costeros.

Posteriormente, se analizó el número de ítems plásticos pertenecientes a cada una de estas compañías registradas previamente. Del total de 4 344 ítems contabilizados, el 25 % (1 104 ítems) pudieron ser rastreados hasta el nombre de la compañía que fabrica este producto. Entre las compañías con mayor número de productos plásticos encontrados en los ecosistemas costeros, se encontró a *The Coca Cola Company* con el 35 % (389) de piezas plásticas asociadas a sus productos comerciales (Fig. 13). También destacan otras compañías como *Pepsico*, *Colgate Palmolive*, *Keuring Dr. Pepper*, *Unilever*, *Procter & Gamble*, *Nestlé*, *Quala* y *Grupo Danone*. Además, sobresalen compañías mexicanas como *Industrias Clarasol*, *Grupo Bimbo*, *Grupo Lala*, *Alpura*, *Industrias Patrona* y *Pisa Farmacéutica* (Fig. 13). El número de ítems plásticos identificados por cada compañía puede observarse en el Anexo 1.



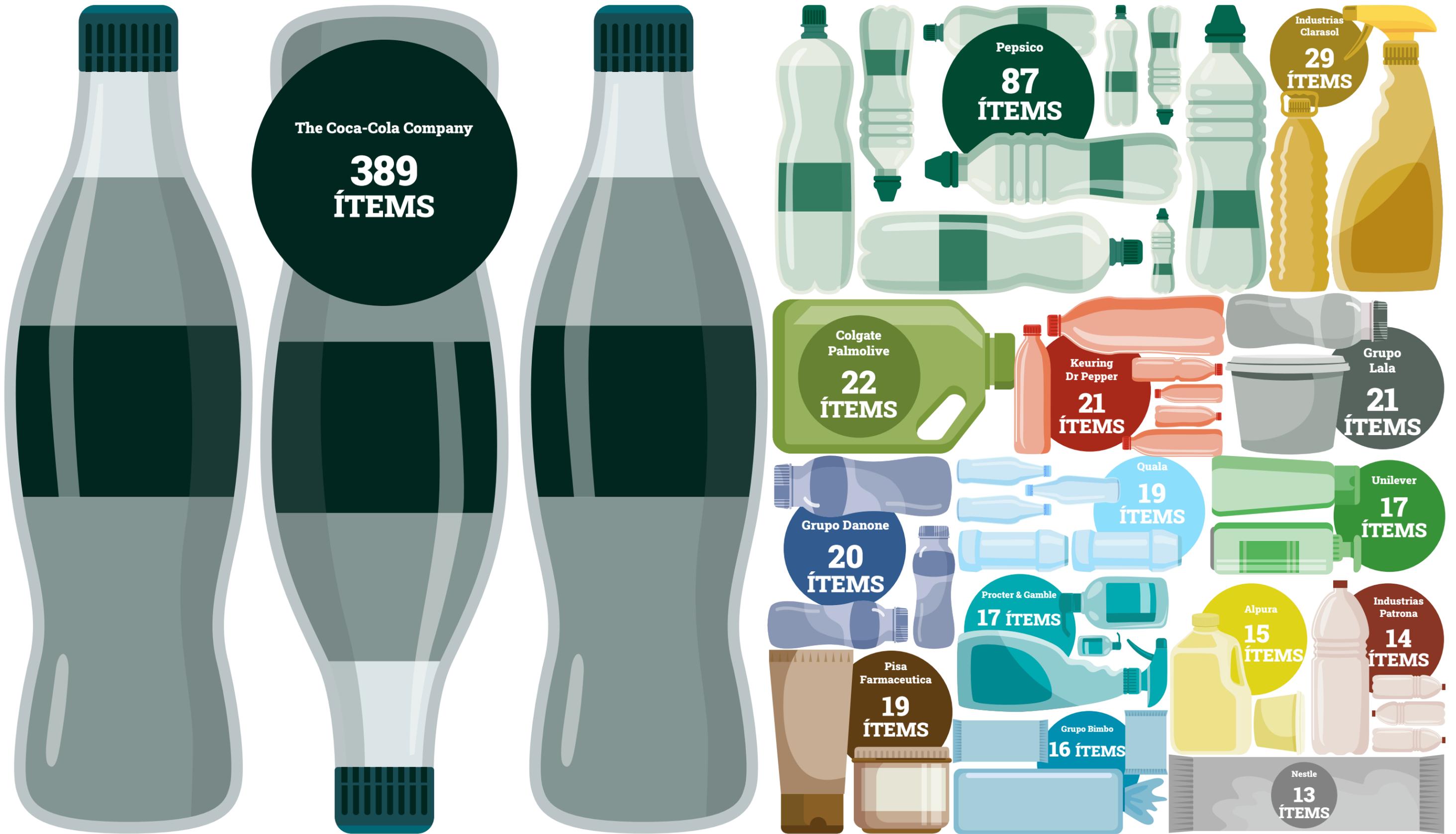


Figura 14. Proporción de incidencia de compañías en ítems plásticos registrados.

Estos datos muestran resultados semejantes con los de otros informes de auditorías de residuos que, aunque utilizan metodologías distintas, han buscado identificar a las principales marcas que contribuyen a la contaminación por plásticos. Un ejemplo de estos es el Informe de Auditoría de Marca de Break Free From Plastics 2021, el cual, por cuarto año consecutivo, identifica a *The Coca-Cola Company* como la empresa con mayor contribución a este problema ambiental, seguida por *Pepsico*, *Unilever*, *Nestlé* y *Procter & Gamble* en el top 5 (Break Free from Plastics, 2021).

¿Qué nos dicen estos resultados? Que los residuos plásticos hallados en los ecosistemas tienen nombre y apellido, es decir, que es posible identificar a las empresas que producen y comercializan los productos plásticos de un solo uso que terminan contaminando el planeta cuando se vuelven residuos. Como lo demuestra esta investigación, la mayor parte de los residuos que llegan a los ecosistemas acuáticos son plásticos de un solo uso, donde destacan por ejemplo botellas de PET para bebidas y tapas, lo que se corresponde con la presencia de refresqueras como *The Coca-Cola Company* y *Pepsico* en los primeros lugares por el número de residuos hallados.

Desde Greenpeace consideramos que el problema de la contaminación por plásticos no es solo una cuestión de un manejo de residuos inadecuado, sino que en el centro del problema se encuentra la producción y el consumo masivo de productos diseñados para desecharse. Como lo documenta el Atlas del Plástico de la *Heinrich Böll Stiftung* (2020), a finales de la década de los años cincuenta del siglo pasado, la economía empezó a ser dirigida por la necesidad de consumir cada vez más recursos. Lo anterior llevó a los fabricantes a implantar la cultura de lo descartable como forma de ahorrarse dinero y simplificar su cadena de suministro a través del uso de envases y empaques desechables. Para los años setenta, este cambio se afianzó en todo el mundo, destacando el ejemplo de Coca-Cola, empresa que en 1978 reemplazó su tradicional botella de vidrio por una de PET desechable. La cultura del usar y tirar avanzó así por el resto del planeta, convirtiéndose en el símbolo del estilo de vida de la economía capitalista, basada en la inmediatez, la conveniencia y la generación de desechos (Heinrich, 2020).

En este sentido, identificar a las empresas que contribuyen más a la basura marina es importante porque de esta forma podemos señalarles su responsabilidad en el problema y demandarles que asuman medidas para contribuir a su solución. De esta forma, es esencial que las empresas que usan envases de plástico de un solo uso

y comercializan desechables implementen urgentemente objetivos de reducción, disminuyan la cantidad de productos que venden envasados en plástico de un solo uso e inviertan significativamente en nuevos sistemas de distribución basados en envases reutilizables y rellenables contruidos con materiales duraderos y diseñados para poder ser utilizados en múltiples ocasiones (Greenpeace, 2019b).

Para lograr lo anterior, es necesario integrar a la legislación mexicana el principio de la Responsabilidad Extendida de los Productores (REP). Se trata de un enfoque de política ambiental en el cual la responsabilidad del productor, física y/o financiera, por un producto se extiende a la fase de post-consumo del ciclo de vida del producto (OECD, 2001). La REP implica entonces llevar la responsabilidad de las municipalidades hacia los productores y que éstos incorporen consideraciones ambientales en el diseño de los productos que ponen en el mercado (OECD, 2001). Este concepto es esencial para efectivamente combatir la contaminación plástica, ya que garantiza que los productores se responsabilicen de los residuos que generan sus productos, al contribuir financieramente con su manejo (recolección, acopio, reciclaje) y al disminuir la presión que está puesta en los gobiernos municipales y estatales, y que es cubierta con los impuestos de la ciudadanía. Así también, la REP es necesaria para que las empresas diseñen productos que no estén concebidos para desecharse, sino que sean reutilizables, es decir, que tengan una vida útil más amplia. Todas estas medidas evitarán que más residuos plásticos sigan llegando a los ecosistemas marinos.

Así, es esencial que las empresas reconozcan su contribución al problema ambiental que representan los productos plásticos de un solo uso, ya que son éstas quienes los colocan en el mercado, y que adopten responsabilidades claras en ese sentido. Los gobiernos deben favorecer la inclusión de la REP y la reutilización en las legislaciones nacionales y locales, así como contribuir en hacer realidad su implementación.



Identificar a las empresas que contribuyen más a la basura marina es importante porque de esta forma podemos señalarles su responsabilidad en el problema y demandarles que asuman medidas para contribuir a su solución.

Conclusiones y recomendaciones

El presente estudio pone de manifiesto la presencia de ítems de plástico en las playas de la zona conurbada Boca del Río - Alvarado, así como en cinco de las seis islas y sus lagunas arrecifales del PNSAV y la parte baja del río Jamapa-Cotaxtla, mediante el uso de metodologías técnico-científicas que han sido probadas por investigadores en otras partes del mundo.

- En todos los sistemas costeros estudiados se encontró un total de 4 344 ítems de plástico, la mayoría de los cuales fueron fragmentos de plásticos no identificados y de EPS, seguidos de las botellas de PET desechables.
- Las playas con mayor contaminación de plástico fueron las de Alvarado (al sur de la desembocadura del río Jamapa).
- Playa Tortuga fue la única playa de Boca del Río (al norte de la desembocadura del río Jamapa) donde se registra contaminación por plástico.
- Las playas de Boca del Río fueron las playas que no presentaron contaminación por plásticos, porque se realizan constantes actividades de limpieza de playas, promovidas por el gobierno municipal y por organizaciones de la sociedad civil.
- Las islas consideradas con mayor contaminación por plásticos son Isla Sacrificios e Isla Verde, lo que coincide con que también son las más cercanas a la zona urbana del puerto y ciudad de Veracruz.
- Las islas con menor registro de ítems y por lo tanto menor contaminación por plásticos son las islas del sur del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (Isla De Enmedio, Isla Polo, Isla Salmedina e Isla Santiaguillo), que son las más alejadas de las zonas urbanas.
- Las lagunas arrecifales (De Enmedio, Polo, Sacrificios, Salmedina, Santiaguillo y Verde) son los ecosistemas costeros menos contaminados por plástico.

- La parte baja de la cuenca del río Jamapa-Cotaxtla presentó un caudal bajo por estar en temporada de sequía, lo cual solo permitió establecer zona de acumulación de RSUI.
- En las playas de Alvarado y Boca del Río los principales ítems de plástico registrados fueron tapas de PP, fragmentos de plástico no identificado, calzado, desechables, botellas de HDPE, botellas de PET y fragmentos de EPS.
- En las islas del PPNSAV los principales ítems de plástico registrados fueron fragmentos de plástico no identificados, botellas de PET, tapas de PP, fragmentos de EPS, calzado y botellas de HDPE.
- En las lagunas arrecifales de las islas del PNSAV los principales ítems de plástico registrados fueron bolsas, cabos, cuerdas y/o lazos, fragmentos de plástico, envolturas y etiquetas.
- En el río Jamapa-Cotaxtla los principales ítems de plástico registrados fueron botellas de PET, residuos no identificados, desechables, fragmentos de EPS, bolsas, envolturas y botellas de HDPE.

En general, en todos los ambientes y ecosistemas muestreados hubo presencia de plásticos, mismos que variaron por la ubicación, sus actividades socioeconómicas y presión antrópica; si bien se logró identificar el tipo de plásticos que hay en la zona costera, donde hubo similitudes entre los residuos hallados en los ecosistemas costeros, no se pudo determinar su origen, ya que la presión ejercida desde el litoral y los aportes terrígenos cuentan con diversas fuentes donde puede presentarse cierta acumulación de estos materiales plásticos.

Asimismo, la presencia de tapabocas en dos de los ecosistemas de la zona de estudio, pone de manifiesto la presión ejercida por este tipo de materiales, pero no el nivel o la intensidad de los impactos que pueden generar, por lo que se debe de poner puntual atención a sus posibles efectos físicos y químicos en futuros estudios.

Por otro lado, es importante considerar que los estudios en este tema siempre deben de verse con un enfoque de cuenca, puesto que el agua es el conductor principal de los residuos plásticos. Para ello, es necesario realizar tales estudios tanto en los diferentes niveles de la cuenca como en diferentes temporadas para contar con la información que sea base para establecer las bases para su manejo y potenciar futuras investigaciones.

“Estamos viviendo ya la plastificación de la biodiversidad y del ser humano” Peña-Montes y Peralta-Peláez (2018), de ahí la necesidad de tomar medidas urgentes para combatir efectivamente la contaminación por plásticos.

Desde Greenpeace México, hacemos las siguientes recomendaciones que consideramos esenciales para poder avanzar hacia una solución integral de la contaminación plástica:

Empresas:

- Transitar de manera urgente a sistemas reutilizables y a productos libres de empaque. Establecer objetivos para tener al menos un 25 % de empaques reutilizables para el 2025 y 50 % para 2030.
- Nota:** Los sectores para los cuales el cambio a la reutilización sea comparativamente más sencillo (tales como las bebidas gaseosas, agua mineral, bebidas alcohólicas y cadenas de cafeterías) deberán de establecer objetivos más ambiciosos.
- Comprometerse a colaborar con otras empresas para estandarizar el empaque reutilizable y construir sistemas de reutilización e infraestructura compartidos.
- Eliminar gradualmente todo el plástico de un solo uso (empaques y productos), no únicamente plástico “virgen” o “nuevo”.
- Ser transparentes. Publicar anualmente información verificada acerca de la huella de los empaques de un solo uso de su empresa, incluyendo las tasas de reducción de los empaques de un solo uso y la adopción del empaque reutilizable. Divulgar el origen del plástico utilizado y reportar la huella climática completa de la producción, uso y disposición de los empaques.
- Promover la acción política para dirigir la transformación en toda la industria. Promover un Tratado Global de Plásticos ambicioso destinado a todo el ciclo de vida de los productos plásticos y que enfatice en su reducción.
- Apoyar legislaciones regionales y nacionales que promuevan la economía circular lenta y la responsabilidad extendida del productor, que prohíban los plásticos de un solo uso y aceleren la introducción de sistemas libres de empaque y de reutilización.

Sector público (tres órdenes de gobierno, poder legislativo):

Desde hace más de tres años, Greenpeace México ha trabajado, en colaboración con la Alianza México sin Plástico, para que el Congreso de la Unión apruebe reformas a la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) con base en las siguientes prioridades:

- Inclusión de la Responsabilidad Extendida del Productor (REP), la cual implica que las empresas que producen, comercializan e importan plásticos se hagan responsables de los residuos que sus productos generan, ya que son éstas quienes los ponen en el mercado. Por ejemplo, mediante su contribución financiera al establecimiento de infraestructura y a la recolección de residuos, la carga no puede permanecer solo en los gobiernos ni en la ciudadanía. Asimismo, la REP implica que estas empresas innoven en sus modelos de distribución de productos, para ofrecer a los y las consumidoras opciones reutilizables o libres de empaque. Estas empresas deben tener claro que queremos el producto, no el empaque ni el envase. Las empresas deben ser responsables de sus productos durante todo su ciclo de vida.
- Que se respeten las prohibiciones y regulaciones aprobadas en estados y municipios. Si bien estas medidas pueden ser perfectibles en variados aspectos, sí significan grandes avances para cambiar nuestros hábitos de consumo, para dejar atrás la cultura de lo desechable, y avanzar hacia la disminución en la generación de residuos. Por tanto, cualquier dictamen que se haga debe partir de estos avances y no ponerlos en riesgo.
- La no incineración de residuos. Los legisladores han aprobado en el pasado iniciativas que impulsan la incineración, la termovalorización y el co-procesamiento de residuos (incineración de residuos para convertirlos en energía), pero esto no es ni será nunca la solución. La incineración de basura genera amplios impactos ambientales (como el agravamiento de la contaminación del aire), sociales y para la salud pública, además de que no es compatible con la economía circular. Antes de quemar basura, un modelo de gestión de residuos circular privilegia la prevención y la minimización, el mejor residuo es el que no se genera.
- La economía circular no es sinónimo de reciclaje. La economía circular va mucho más allá e implica el re-diseño de los productos para evitar que se conviertan en residuos, para que podamos reutilizarlos.

En el año 2021, el Senado de la República aprobó un dictamen para crear la Ley General de Economía Circular y otro dictamen para modificar la LGPGIR en el tema de plásticos, en ninguno de estos se incluyeron las propuestas de la sociedad civil. Es importante que la Cámara de Diputados, como Cámara revisora de estas minutas, incluya las propuestas antes enunciadas para garantizar que se aprueben reformas a la LGPGIR que realmente contribuyan a alcanzar soluciones a la contaminación por plásticos.

- Promover la adopción de sistemas de reutilización y libres de empaque por medio de medidas legislativas, inversión y políticas públicas.
- Trabajar con las comunidades más afectadas por la producción, contaminación, uso y eliminación del plástico para garantizar que sus necesidades sean atendidas.
- Apoyar el desarrollo de un ambicioso Tratado Global de Plásticos que incluya el ciclo completo del plástico y que enfatice en su reducción.
- Avanzar en dirección hacia una economía cero residuos que reduzca la generación de desechos y garantice una transición/recuperación verde y justa y dé prioridad a los trabajadores en todo el ciclo de vida de los plásticos. Mejorar la gestión de residuos en las ciudades del país.

Ciudadanía

- Generar cambios culturales que permitan a la sociedad en su conjunto dejar atrás la cultura del usar y desechar y avanzar hacia el consumo de productos reutilizables o libres de empaque. Es decir, evitar el uso de desechables.
- Moverse hacia el consumo responsable con el medio ambiente y socialmente justo.
- Aprender sobre la manera correcta de disponer de los residuos generados.
- Informarse y respetar legislaciones ambientales, como las prohibiciones de plásticos de un solo uso que existen ya en 29 estados del país.
- Exigir a las empresas que nos brinden alternativas reutilizables y libres de empaque.



Agradecimientos

A los alumnos y las alumnas del Tecnológico Nacional de México Campus Veracruz de la carrera de IBQ que realizaron su servicio social en este proyecto Luis Hernán Díez Razo, Angélica Rivera Aguilar, Xóchitl Delfín Méndez, a los Residentes de I.Q. Oswaldo de Jesús Huerta Quero, de IER Ángel de Jesús Hernández Vargas y Juan Pablo Pérez Castillo, I.B.Q. Luis Felipe Solís Hernández y Jair Guillermo Méndez Covarrubias, estudiante de la maestría en I.BQ. de la UNIDA Leandro Hermida Castellanos y a la M en C. Sandra Valeria Cabrera Berlanga. Por parte del Tecnológico Nacional de México Campus Boca del Río agradecemos a Tania Domínguez Lechuga, Tania Fernanda Hernández Tamay y Thalia Mendoza Betralet; y a la fotógrafa Mara Leticia Magaña Pérez y al fotógrafo Jordi Toto Cobix.

Un agradecimiento especial a las socias y socios de Greenpeace México que mes con mes brindan su apoyo para permitirnos seguir trabajando por el planeta, como en este caso a través del desarrollo de investigaciones científicas que dan constancia de las afectaciones ambientales que buscamos combatir. Sin ustedes esta labor no sería posible.

Se agradece el apoyo y las facilidades de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, a través de la Dirección y el equipo de trabajo del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, para la realización de este proyecto.



Referencias

Andrady A.L. 2011. Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62: 1596-1605.

Ardusso M., A.D. Forero-López, N.S. Buzzi, C.V. Spettera and M.D. Fernández-Severini. 2021. COVID-19 pandemic repercussions on plastic and antiviral polymeric textile causing pollution on beaches and coasts of South America. *Science of the Total Environment* 763, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144365>.

Barboza, L. G. A., Cózar, A., Gimenez, B. C., Barros, T. L., Kershaw, P. J., and Guilhermino, L. 2019. Macroplastics pollution in the marine environment. In *World Seas: an Environmental Evaluation* (pp. 305-328). Academic Press.

Bass, D.K. 1996. Crown-of-thorns starfish and coral surveys using the manta tow and scuba search techniques. *Science Communications*. Australian Institute of Marine Science. PMB No 3. Australia. 42p.

Benson N.U., D.E. Bassey and T. Palanisami. 2021. COVID pollution: impact of COVID-19 pandemic on global plastic waste footprint. *Heliyon* 7, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06343>.

Break Free From Plastics. 2021. Branded. Holding Corporations Accountable for the Plastics & Climate Crisis. Brand Audit Report 2021. <https://www.breakfreefromplastic.org/wp-content/uploads/2021/10/BRAND-AUDIT-REPORT-2021.pdf>

Carranza-Edwards, A.; Márquez-García, Z.A.; Tapia-González, C.I.; Rosales-Hoz, L. y Alatorre-Mendieta, M.A. 2015. Cambios morfológicos y sedimentológicos en playas del sur del golfo de México y del Caribe noroeste. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 67 (1): 21-43.

Castro-Jiménez J., D. González-Fernández, M. Forniera, N. Schmidta and R. Sempéréa. 2019. Macro-litter in surface waters from the Rhone River: Plastic pollution and loading to the NW Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin* 146 (2019) 60–66. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.05.067>

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2022. Monitor de sequía de México. <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/monitor-de-sequia/monitor-de-sequia-en-mexico> (Consultado el 03 de marzo 2022)

Cordova M.R., I.S. Nurhati, E. Riani, Nurhasanah and M.Y. Iswari. 2021. Unprecedented plastic-made personal protective equipment (PPE) debris in river outlets into Jakarta Bay during COVID-19 pandemic. *Chemosphere* 268, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.129360>.

De-la-Torre G.E., Md.R.J. Rakib, C.I. Pizarro-Ortega and D.C. Dioses-Salinas. 2021. Occurrence of personal protective equipment (PPE) associated with the COVID-19 pandemic along the coast of Lima, Peru. *Science of the Total Environment* 774, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145774>.

DOF 2012: 29/11/2012. DECRETO que modifica al diverso por el que se declara Área Natural Protegida, con el carácter de Parque Marino Nacional, la zona conocida como Sistema Arrecifal Veracruzano, ubicada frente a las costas de los municipios de Veracruz, Boca del Río y Alvarado del Estado de Veracruz Llave, con una superficie de 52,238-91-50 hectáreas, publicado los días 24 y 25 de agosto de 1992.

DOF 2018: 12/02/2018. ACUERDO por el que se dan a conocer los resultados del estudio técnico de las aguas nacionales superficiales en las cuencas hidrológicas Río Salado, Río Grande, Río Trinidad, Río Valle Nacional, Río Playa Vicente, Río Santo Domingo, Río Tonto, Río Blanco, Río San Juan, Río Tesechoacán, Río Papaloapan, Llanuras de Papaloapan, Río Jamapa, Río Cotaxtla, Jamapa-Cotaxtla y Llanuras de Actopan, de la Región Hidrológica número 28 Papaloapan.

Duis, K., and A., Coors. 2016. Microplastics in the aquatic and terrestrial environment: sources

Eisfeld-Pierantonio S.M., N. Pierantonio and M.P. Simmonds. 2022. The impact of marine debris on cetaceans with consideration of plastics generated by the COVID-19 pandemic. *Environmental Pollution*, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.118967>

Eriksen, M., Lebreton, L. C., Carson, H. S., Thiel, M., Moore, C. J., Borroero, J. C., and 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.

Gallo, F., Fossi, C., Weber, R., Santillo, D., Sousa, J., Ingram, I. and Romano, D. 2018. Marine litter plastics and microplastics and their toxic chemicals components: the need for urgent preventive measures. *Environmental Sciences Europe*, 30, 1-14.

Geyer, R., Jambeck, J. R., and Law, K. L. 2017. Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7), e1700-82. doi:10.1126/sciadv.1700782

Greenpeace. 2019a. Estudio sobre el impacto de la contaminación por microplásticos en peces de México. 37 pp.

Greenpeace. 2019b. Tirando el Futuro: las empresas ofrecen falsas soluciones a la contaminación por plásticos. <https://www.greenpeace.org/static/planet4-mexico-stateless/2019/10/b660803a-fs-report-spanish.pdf>

Heinrich Böll Stiftung. 2020. Atlas del plástico, datos y cifras sobre el mundo de los polímeros sintéticos. Fundación Heinrich Böll Ciudad de México - México y El Caribe. Break Free From Plastic, www.breakfreefromplastic.org . 58 pp.

Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R. and Thie, M. 2012. Microplastics in the marine environment: a review of the methods used for identification and quantification. *Environmental Science and technology*.

Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A. and Law, K. L. 2015. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347(6223), 768-771.



Kühn, S., and van Franeker, J. A. 2020) Quantitative overview of marine debris ingested by marine megafauna. *Marine Pollution Bulletin*, 151, 110858.

Lebreton, L. C., Van der Zwet, J., Damsteeg, J. W., Slat, B., Andrady, A., and Reisser, J. 2017. River plastic emissions to the world's oceans. *Nature communications*, 8, 15611.

Masry M., S. Rossignol, J.L. Gardette, S. Therias, P.O. Bussièrre and P. Wong-Wah-Chung. 2021. Characteristics, fate, and impact of marine plastic debris exposed to sunlight: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 171 pp.

Meléndez-Valencia M.A. y P.I. Meléndez-Torres. 2013. Influencia de la circulación eólica y marítima en la formación de las islas de basura en el mundo. *Ciencia y Sociedad*, 38(4): 743-792.

Morales-Caselles C., J. Viejo, E. Martí, D. González-Fernández, H. Pragnell-Raasch, J.I. González-Gordillo, E. Montero, G.M. Arroyo, G. Hanke, V.S. Salvo, O.C. Basurko,

N. Mallos, L. Lebreton, F. Echevarría, T. van Emmerik, C.M. Duarte, J.A. Gálvez, E. van Sebille, F Galgani, C.M. García, P.S. Ross, A. Bartual, C. Ioakeimidis, G. Markalain, A. Isobe and A. Cózar. 2021. An inshore-offshore sorting system revealed from global classification of ocean litter. *Nature Sustainability*, 4: 484-493. <https://doi.org/10.1038/s41893-021-00720-8>.

Moreno-Casasola P. y E. Peresbarbosa. 2006. Manejo integral de la zona costera. En: P. Moreno-Casasola, R.E. Peresbarbosa y A.C. Travieso-Bello (eds.), *Estrategias para el manejo costero integral: El enfoque municipal*. Xalapa, Ver, México: Instituto de Ecología A.C., CONANP y Gobierno del Estado de Veracruz.

Moreno-Casasola P. 2004. Playas y dunas del golfo de México. Una visión de su situación actual. En: M. Caso, I. Pisanty y E. Escurra, *Diagnóstico ambiental del golfo de México* (pp. 491-520). México: SEMARNAT (INE) INECOL-Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies.

Neri-Flores, I.; Moreno-Casasola, P.; Peralta-Peláez, L.A., and Monroy, R. 2019. Groundwater and river flooding: The importance of wetlands in coastal zones. In: Silva, R.; Martínez, M.L.; Chávez, V., and Lithgow, D. (eds.), Integrating Biophysical Components in Coastal Engineering Practices. Journal of Coastal Research, Special Issue No. 92, pp. 44–54. Coconut Creek (Florida), ISSN 0749-0208.

Organización de las Naciones Unidas. 2022. Nuestro planeta se está ahogando en plásticos. <https://www.unep.org/interactives/beat-plastic-pollution/> (consultado 15 de abril 2022).

OECD (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos). 2001. Extended Producer Responsibility. A Guidance for Governments

https://www.oecd-ilibrary.org/environment/extended-producer-responsibility_9789264189867-en

Orona-Navar C., R. García-Morales, F. J. Loge, Jürgen Mahlknecht, I. Aguilar-Hernandez, N. Ornelas-Soto. 2022. Microplastics in Latin America and the Caribbean: A review on current status and perspectives. Journal of Environmental Management. Volume 309. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114698>

Ortiz-Lozano L.D., A. Granados-Barba, I. Espejel. 2009. Ecosystemic zonification as a management tool for marine protected areas in the coastal zone: Applications for the Sistema Arrecifal Veracruzano National Park, Mexico. Ocean & Coastal Management 52: 317–323.

PE (Plastics Europe). 2018. Historia del plástico. (Consultado el 10 de marzo 2022). <https://www.plasticseurope.org/es/about-plastics/what-are-plastics/history>

Peña-Montes C. y L.A. Peralta-Peláez. 2018. Plastificación de la Biodiversidad. En: Biodiversidad, Servicios ecosistémicos y los Objetivos de Desarrollo Sostenible en México. Coord. Víctor Ávila Akerberg y Tanya González Martínez. DAAD, UAEM.

Peña-Montes, C., Bermúdez-García, E., Morales-García, S. L., and Farrés, A. 2018. Las cutinasas como una herramienta valiosa para la descontaminación de residuos plásticos. Mensaje Bioquímico. 42, 24 –35.

Peralta-Peláez L.A., C. Hernández-Álvarez, C. Peña-Montes y L.E. Sánchez-Higuieredo. 2021. Explorando la situación de los plásticos en el ambiente para el acceso a agua potable segura en ciudades y comunidades. En: Durán-Domínguez de Bazua M del C. Sustentabilidad y desarrollo: I aspectos socioecológicos. UNAM-Fac. Química, DAAD.

Peralta-Pelaez L.A.; C. Peña-Montes; E.J.Hernández-González y O.D. Cervantes-Rosas. 2020. Relación del perfil de playas y la presencia de coliformes en tres playas de la región central de Veracruz, México. En: Investigaciones marinas en el golfo de México. Eds. Perez-Morales A., J.A.Aké-Castillo y C.A.Poot-Delgado. Universidad de Colima. 330-353.

Pizarro-Ortega C.I., D.C. Dioses-Salinas, M.D. Fernández-Severini, A.D. Forero-López, G.N. Rimondino, N.U. Benson, S. Dobaradaran and G.E. De-la-Torre. 2022. Degradation of plastics associated with the COVID-19 pandemic. Marine Pollution Bulletin 176, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113474>.

PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). 2021. En estado de negligencia: el impacto de la basura marina y la contaminación por plásticos en la justicia ambiental. Nairobi. 66 pp.

Rakib Md.R.J., G.E. De-la-Torre, C.I. Pizarro-Ortega, D.C. Dioses-Salinas and S. Al-Nahian. 2021. Personal protective equipment (PPE) pollution driven by the COVID-19 pandemic in Cox's Bazar, the longest natural beach in the world. Marine Pollution Bulletin 169, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112497>.

Ray G.C. y B.P. Hayden. 1992. Coastal zones ecotones, 403-420. En: A.J. Hanson y F. di Castri (Eds.) Landscape Boundaries, Consequences for Biotic Diversity and Ecological Flows. Springer Verlay, New York, 450 pp.

Salas-Monreal D., J. de J. Salas-Pérez, D.A. Salas de León, M.A. Monreal-Gómez, H. Pérez-España, L.D. Ortiz-Lozano, A. Granados-Barba, M.L. Riverón-Enzástiga y C.A. Villegas-Sánchez. 2017. Corrientes superficiales dentro del corredor arrecifal del Suroeste del Golfo de México. UVserva, 3: 32-36.

Sánchez-Higueredo LE, Ramos-Leal J.A., Morán-Ramírez J., Moreno-Casasola BarcelóP.,Rodríguez-RoblesU,Hernández-AlarcónME.2020.Ecohydrogeochemical functioning of costal freshwater herbaceous wetlands in the Protected Natural Area, Ciénega del Fuerte (American tropics):spatio temporal behavior. Ecohydrology. <https://doi.org/10.1002/eco.2173>

Santos R.G., R. Andrades, M.A. Boldrini and A. Silva-Martins. 2015. Debris ingestion by juvenile marine turtles: An underestimated problem. Marine Pollution Bulletin, <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.02.022>

Siemens, A.; Moreno-Casasola, P. and Sarabia, C. 2006. The Metabolization of Wetland by the City of Veracruz, México. Journal of Latin American Geography, 7-29.

Silva, N.S. y González, E. 2017. Estudio comparativo de la calidad del agua de mar en las playas de Acapulco, Guerrero. Querétaro, México: Tesis de Maestría Instituto Politécnico Nacional, INVESTAV-Querétaro.

Tekman M.B., B.A. Walther, C. Peter, L. Gutow and M. Bergmann. 2022. Impacts of plastic pollution in the oceans on marine species, biodiversity and ecosystems, WWF Germany, Berlin. Doi: 10.5281/zenodo.5898684. 221 pp.

Thompson R.C., C.J. Moore, F.S. vom Saal and S.H. Swan. 2009a. Plastics, the environment and human health: current consensus and future trends. Philosophical Transactions of The Royal Society B, 364: 2153-2166.

Thompson R.C., S.H. Swan, C.J. Moore and F.S. vom Saal. 2009b. Our plastic age. Philosophical Transactions of The Royal Society B, 364: 1973-1976.



A photograph of a flock of sheep grazing on dry, brown grass. The sheep are in the foreground and middle ground, with their heads down. The background is a blurred field of similar grass. A white, rounded rectangular banner is overlaid horizontally across the center of the image, containing the word 'GREENPEACE' in a bright green, bold, sans-serif font.

GREENPEACE