



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

TECNOLOGICO NACIONAL DE MEXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE BOCA DEL RIO  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

**“MICROPLÁSTICOS EN LA ZONA DE ANIDACIÓN DE TORTUGAS DE  
NAUTLA-VEGA DE ALATORRE VERACRUZ”**

**TESIS**

QUE COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS EN  
INGENIERÍA AMBIENTAL

PRESENTA

**ING. CLARA IVONNE RUIZ REYES**

DIRECTOR DE TESIS

**DRA. FABIOLA LANGO REYNOSO**

CODIRECTOR DE TESIS

**DRA. MARÍA DEL REFUGIO CASTAÑEDA CHÁVEZ**

ASESORES

**DRA. ÁNGEL MORÁN SILVA**

**DRA. GABYCARMEN NAVARRETE RODRÍGUEZ**

JUNIO 2023

BOCA DEL RÍO, VERACRUZ, MÉXICO





**ACTA DE REVISIÓN DE TESIS**

**Número Registro: A-01313-150921**

En la ciudad de Boca del Río, Ver., siendo las 12:00 horas del día 02 del mes de junio de 2023 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Consejo del Posgrado de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Ambiental del ITBOCA, para examinar la Tesis de Grado titulada:

**"MICROPLÁSTICOS EN LA ZONA DE ANIDACIÓN DE TORTUGAS DE NAUTLA-VEGA DE ALATORRE, VERACRUZ "**

Que presenta el (la) alumno(a):

**CLARA IVONNE RUIZ REYES**

Aspirante al Grado de:

**Maestro en Ciencias en Ingeniería Ambiental**

Después de escuchar las opiniones sobre el documento escrito e intercambiar puntos de vista, los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACIÓN**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes para su defensa ante el jurado correspondiente.

**LA COMISIÓN REVISORA:**

**DRA. FABIOLA LANGO REYNOSO**  
Director

**DRA. ROSA ELENA ZAMUDIO ALEMÁN**  
Co-Director

**DR. ÁNGEL MORÁN SILVA**  
Asesor

**DRA. GABYCARMEN NAVARRETE RODRIGUEZ**  
Asesor



Boca del Río, Ver **7/JUNIO/2023**

ASUNTO: AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

**CLARA LVONNE RUIZ REYES  
PASANTE DEL PROGRAMA MAESTRÍA EN  
CIENCIAS EN INGENIERÍA AMBIENTAL  
PRESENTE**

De acuerdo con el fallo emitido por los integrantes del Comité Revisor de la **TESIS PARA OBTENCIÓN DE GRADO**, desarrollada por usted cuyo título es:

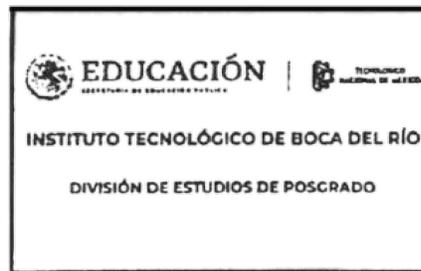
**"MICROPLÁSTICOS EN PLAYAS DE LA ZONA DE ANIDACIÓN DE TORTUGAS DE NAUTLA-VEGA DE ALATORRE VERACRUZ"**

Esta División de Estudios de Posgrado e Investigación le concede **AUTORIZACIÓN** para que proceda a su impresión.

**ATENTAMENTE**  
*Excelencia en Educación Tecnológica®  
Por nuestros mares responderemos*



**DR. JUAN DAVID GARAY MARIN  
JEFE DE LA DIVISION DE ESTUDIOS DE  
POSGRADO E INVESTIGACIÓN**



c.c.p. Coordinación del Programa MCIAMB  
c.c.p. Expediente





“2020, Año del Leona Vicario, Benemérita Madre de la Patria”

Boca del Río, Veracruz, 17/01/2023

Asunto: **CESION DE DERECHOS Y NO PLAGIO**

**H. CONSEJO DE POSGRADO  
PROGRAMA DE POSGRADO MAESTRIA EN CIENCIAS EN INGENIERIA AMBIENTAL  
TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO/ INSTITUTO TECNOLÓGICO DE BOCA DEL RÍO  
PRESENTE**

En la Ciudad de Veracruz, Veracruz a los **17** días del mes **Enero** del año **2023**. La que suscribe **Clara Ivonne Ruiz Reyes** por mi propio derecho y en calidad de autor de la tesis titulada: **“MICROPLÁSTICOS EN PLAYAS DE LA ZONA DE ANIDACIÓN DE TORTUGAS DE NAUTLA-VEGA DE ALATORRE”** (en lo sucesivo la “TESIS”) manifiesto que cedo a título gratuito la totalidad de los derechos patrimoniales de autor que sobre ella me corresponden, a favor del Tecnológico Nacional de México (en lo sucesivo el “TecNM”). Lo anterior en términos de los antecedentes y consideraciones siguientes:

- I. Que la presente cesión de derechos de la “TESIS” se transfiere en virtud de lo estipulado en los establecido en los Lineamientos para la Operación de los Estudios de Posgrado en el Tecnológico Nacional de México, sin reservarme acción legal de ningún tipo.
- II. Manifiesto bajo protesta de decir verdad, que la “TESIS” es original, inédita y propia, no existiendo impedimento de ninguna naturaleza para la cesión de derechos que se está haciendo, respondiendo además por cualquier acción de reivindicación, plagio u otra clase de reclamación que al respecto pudiera sobrevenir.
- III. Que la titularidad de derechos de autor de la “TESIS” en términos del artículo 27 de la Ley Federal del Derecho de Autor (reproducción, en todas sus modalidades, transformación o adaptación, comunicación pública, distribución y en general cualquier tipo de explotación que de la “TESIS” se pueda realizar por cualquier medio conocido o por conocer, son propiedad única y exclusiva del “TecNM”, adquiriendo el derecho de reproducción en todas sus modalidades, el derecho de transformación o adaptación, comunicación pública, distribución y en general cualquier tipo de uso que de la “TESIS” se pueda realizar por cualquier medio conocido o por conocer. La cesión de derechos se realiza con carácter permanente e irrevocable.
- IV. El TecNM podrá exhibir la “TESIS” a través de cualquier medio, en cualquier parte del mundo, incluso ser modificada, comprendida, traducida y de cualquier forma explotada en su totalidad o parcialidad.
- V. Que no he otorgado, ni otorgaré por ningún motivo, consentimiento alguno para la utilización de la “TESIS” por cualquier medio y su materialización en productos o servicios de cualquier naturaleza, a favor de ninguna persona física o moral, distinta a el “TecNM”.
- VI. Estoy enterado del contenido y alcance legal de la presente cesión de derechos, firmando al final del presente documento para su certificación.





“2020, Año del Leona Vicario, Benemérita Madre de la Patria”

Señalo como correo electrónico para recibir futuras notificaciones: [clara.ruizr@hotmail.com](mailto:clara.ruizr@hotmail.com)

Agradeciendo de antemano sus atenciones, le envío un cordial saludo

**ATENTAMENTE**

Clara Ivonne Ruiz Reyes

NOMBRE Y FIRMA DEL ESTUDIANTE DE POSGRADO

c.c.p. Archivo



## AGRADECIMIENTOS

---

A la Dra. Fabiola Lango Reynoso por su apoyo y motivación durante la maestría, siempre pendiente de que participara en eventos y cursos que sé que serán de utilidad en mi vida profesional.

A mis asesores, la Dra. María del Refugio Castañeda Chávez y el Dr. Ángel Morán Silva por el apoyo brindado en la realización de este trabajo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) le agradezco la beca otorgada durante los dos años de la maestría.

A Oswaldo, mi mamá, mi suegra, Gaby y Aidé por su apoyo incondicional para el cuidado de mis hijos durante la maestría.

A Anahy, Coral, Juan Carlos, Karla, Citlalmina, y Gisela, por todo su apoyo durante la maestría, valoro lo que cada uno hizo por mí.

## DEDICATORIA

*Para Altair, Rigel y mi Papá †*

## TABLA DE CONTENIDO

### Contenido

AGRADECIMIENTOS .....	1
TABLA DE CONTENIDO .....	3
ÍNDICE DE FIGURAS .....	4
ÍNDICE DE CUADROS .....	5
RESUMEN .....	6
ABSTRACT.....	7
8. INTRODUCCIÓN.....	8
9. MARCO TEÓRICO- CONCEPTUAL.....	9
<b>9.1 Teoría General de Sistemas</b> .....	9
<b>9.2 Plásticos</b> .....	9
9.2.1 <i>Polietileno</i> .....	11
9.2.3 <i>Polietileno de Alta Densidad (PEAD)</i> .....	12
9.2.4 <i>Polipropileno</i> .....	12
9.73 <i>Impacto en la cadena trófica</i> .....	19
<b>9.6 Zona Costeras</b> .....	20
9.6.1 <i>Dinámica de la Zona Intermareal</i> .....	21
10. MARCO DE REFERENCIA .....	25
11. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA .....	32
11.3 Justificación.....	33
11.4 Pregunta de investigación .....	34
12. HIPÓTESIS.....	35
<b>13.1 Objetivo general:</b> .....	36
<b>13.2 Objetivos particulares</b> .....	36
14. MATERIALES Y MÉTODOS.....	37

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Número de clasificación para reciclaje del Polietileno de Baja Densidad .....	11
Figura 2. Número de clasificación para reciclaje del Polietileno de Alta Densidad .....	12
Figura 3. Número de clasificación y reciclaje para el polipropileno .....	12
Figura 4. Número de clasificación y reciclaje para el polipropileno .....	13
Figura 5. Espectroscopía infraroja. Fuente: Noria (2017) .....	15
Figura 6. Espectro infrarrojo del polietileno. Fuente: elaboración propia .....	15
Figura 7. Escala de microplásticos por tamaño. Fuente: Castañeta et al., 2020 .....	17
Figura 8. Ingreso de los microplásticos a la dieta humana.....	19
Figura 9. Zonas costeras, delimitación de la zona intermareal Fuente: Ortiz et al, 2020....	21
Figura 10. Corrientes marinas superficiales. Fuente: NOAA, 2011B .....	22
Figura 11. Representación de las partes de una cuenta hidrográfica: cuenta alta, media y baja.....	24
Figura 12. Tortuga Lora en la zona de anidación de Nautla-Vega de Alatorre.....	31
Figura 13. Ubicación de las balizas que delimitan la zona de anidación de tortugas.....	37
Figura 14. Tabla de mareas para los días del 7 al 13 de noviembre de 2021. Fuente: SEMAR, 2021 .....	38
Figura 15. Muestreo en las diferentes zonas mareales en la zona de anidación de tortugas.....	38
Figura 16. Diseño del muestreo de MPs.....	39
Figura 17. Cuadrante de madera utilizado en el muestreo de sedimentos .....	39
Figura 18. Proceso metodológico de la extracción y cuantificación de microplásticos.....	40
Figura 19. Secado de muestras a 60°C .....	40
Figura 20. Tamizado de las muestras para su observación en microscopio .....	41
Figura 21. Identificación visual de microplásticos por medio de Microscopio óptico en el Laboratorio de Investigación y Recursos Acuáticos (LIRA). .....	42
Figura 22. Formas de los microplásticos. Fuente: elaboración propi.....	43
Figura 23. Plásticos de mayor tamaño en las balizas de muestreo .....	46
Figura 24. Formas encontradas en los microplásticos: a) espuma blanca, b) perla transparente (amarilla por desgaste), c) película color rojo, d) fibra azul y e) fragmento rígido color azul .....	49
Figura 25. Partículas de MPs clasificadas por forma en los diferentes sitios de estudio .....	50
Figura 26. Forma de microplásticos más abundante por zona mareal .....	51
Figura 27. Delimitación de la cuenca que afecta la zona de muestreo.....	53
Figura 28. Mapa de uso de suelo de la zona de estudio. ....	54
Figura 29. Circulación de las corrientes marinas superficiales de acuerdo con Zavala- Martínez et al. 2003 .....	58

## ÍNDICE DE CUADROS

Tabla 1 Metodologías para la identificación y clasificación de microplásticos en playas .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 1 Materiales a utilizar .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## RESUMEN

Palabras clave: Gestión de residuos, Fuentes de contaminación, Contaminantes emergentes

El presente estudio se centra en la caracterización de microplásticos (MPs) con tamaño menor a 5 mm en la zona de anidación de tortugas marinas verde (*Chelonia mydas*) y lora (*Lepidochelys kempii*) en el del centro de investigación y conservación de la tortuga marina a cargo de la Secretaría de Medio Ambiente del estado, ubicado en los municipios costeros de Nautla y Vega de Alatorre, donde se analizaron cinco sitios con diferentes características a lo largo de 15.5 km de playa. Las muestras se tomaron en la zona intermareal, la cual se dividió en tres transectos paralelos a la línea de costa tomando 3 muestras en el límite de pleamar, en la parte intermedia y en el límite de bajamar, para la toma de muestras se utilizó un cuadrante de madera, posteriormente se transportaron al Laboratorio de Investigación en Recursos Acuáticos. Se realizó una caracterización de las fuentes potenciales de microplásticos a nivel de cuenca y se identificaron los principales factores de movilidad.

Las variables para caracterizar fueron color, tamaño, morfología y si era MPs primario o secundario. El 94% de las muestras analizadas presentó MPs, la mayor cantidad se presentó en el sitio B32 (1.2 Mps/Kgss) y en la zona de pleamar ( $4.86 \pm 2.79$  MPs/Kgss). El color predominante fue el blanco, la forma más representativa fueron los fragmentos, mientras que la mayor parte de MPs presentó tamaños de 1-2 mm. Con respecto a las fuentes de generación de MPs se, identificando las subcuencas del río Colipa y Misantla, los factores que influyen en la movilización de los MPs son principalmente los ríos, escorrentías de la cuenca, viento, oleaje y corrientes marinas, mientras que las fuentes potenciales de generación cuenca arriba son: la ganadería, agricultura y los residuos generados en casa habitación, la pesca y el turismo, en menor proporción la industria del plástico.

## ABSTRACT

Key Words: Residue management, Source of Pollution, Emergyn Pollutants

This study focuses on the characterization of microplastics (MPs) smaller than 5 mm in the nesting area of green (*Chelonia mydas*) and Kemp's ridley (*Lepidochelys kempii*) sea turtles at the sea turtle research and conservation center. by the State Environment Secretariat, located in the coastal municipalities of Nautla and Vega de Alatorre, where five sites with different characteristics along 15.5 km of beach were analyzed. The samples were taken in the intertidal zone, which was divided into three transects parallel to the coastline, taking 3 samples at the high tide limit, in the intermediate part and at the low tide limit, for the taking of samples there was a wooden quadrant, later they were transported to the Aquatic Resources Research Laboratory. A characterization of the potential sources of microplastics at the basin level was carried out and the main mobility factors were identified.

The variables to characterize were color, size, morphology and whether they were primary or secondary MP. 94% of the samples analyzed were MPs, the largest amount occurred at site B32 (1.2 Mps/Kgss) and in the high tide zone ( $4.86 \pm 2.79$  MPs/Kgss). The predominant color was white, the most representative form were the fragments, while most of the MPs had a size of 1-2 mm. Regarding the sources of generation of PMs, identifying the sub-basins of the Colipa and Misantla rivers, the factors that influence the mobilization of MPs are mainly rivers, runoff from the basin, wind, waves and marine currents, while the Upstream potential sources of generation are: livestock, agriculture and household waste, fishing and tourism, to a lesser extent the plastics industry.

## 8. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial se producen alrededor de 400 millones de toneladas de plásticos (Boll, 2019), los cuales son utilizados en diversos productos que utilizamos en la vida diaria, utensilios de cocina, bolsas, ropa, entre otros, el uso de este compuesto nos ha facilitado la vida en algunos aspectos, sin embargo, su disposición final ha traído distintos impactos ambientales que han afectado negativamente los ecosistemas. De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2019) anualmente al menos 8 millones de toneladas de plástico acaban en los océanos, el plástico en sus diferentes presentaciones (bolsas, botellas, redes etc.) ha afectado a diversas especies de animales marinos como las tortugas, ballenas entre muchos otros (Vergara, 2015), son muy comunes las imágenes de tortugas enredadas en bolsas plásticas o redes de pesca sin embargo este trabajo abordará la problemática de los microplásticos, esas partículas que miden <5 mm (UNEP,2014) que tienen su origen a partir de plásticos de mayor tamaño que han estado expuestos a condiciones ambientales como el oleaje, viento, la luz solar, estos factores los van fragmentando en partículas más pequeñas que han logrado introducirse a la cadena trófica.

La contaminación por MPs puede ingresar a los sistemas acuáticos a través de escorrentía de las aguas pluviales, el desplazamiento del viento, las precipitaciones atmosféricas y las descargas de aguas residuales tratadas (Mason et al., 2016; Cabrera, 2018), así como a las actividades antropogénicas circundantes, una vez que se encuentran en los ecosistemas marinos, los microplásticos son consumidos por un amplio rango de organismos afectando su metabolismo y desarrollo volviéndose presas más vulnerables a depredadores (Sarrilla & Gallo, 2016). Otro de los problemas de la contaminación por microplásticos se debe a su composición química ya que actúan como vectores de otros contaminantes bioacumulables y tóxicos como metales pesados y plaguicidas (Sánchez, 2018). Este trabajo se desarrolla en El Raudal de las Flores Nautla, específicamente en el área destinada a una zona de anidación de tortugas marinas a cargo del Centro Veracruzano de Investigación y Conservación de la Tortuga Marina de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Estado de Veracruz, en la cual se realizó un muestreo a los 15.5 km de playa en la franja intermareal, se dividió la zona por transectos y se evaluó la abundancia de microplásticos, se clasificaron los microplásticos por color, tamaño y morfología.

## **9. MARCO TEÓRICO- CONCEPTUAL**

### **9.1 Teoría General de Sistemas**

Los microplásticos son una problemática compleja, para llegar a las costas debieron de pasar por distintos procesos de transformación, por la exposición a factores ambientales como el viento, oleaje y exposición al sol que permiten la fragmentación de un plástico de mayor tamaño en pequeñas partículas, mientras que su movilidad se debe a factores como; corrientes marinas, escorrentías, ríos o simplemente por el viento, esta dinámica hace que el enfoque de estudio sea desde la complejidad, por lo cual la teoría base para este trabajo es la Teoría General de Sistemas (TGS) de Bertalanffy.

La TGS es una herramienta que permite entender fenómenos que suceden y de cierta manera predecir lo que sucederá en el futuro, a través del análisis, las interacciones entre los componentes del sistema.

### **9.2 Plásticos**

El plástico es utilizado en casi todos los sectores económicos, se ha vuelto indispensable por su bajo costo y versatilidad (Pérez, 2014), se puede encontrar en la industria alimentaria en forma de envases o embalajes de alimentos como agua, bebidas saborizadas, aceite, conservas entre muchos otros ya que protege los alimentos de la contaminación por microorganismos, en medicina este material garantiza que el material se mantenga estéril por ejemplo las jeringas, bolsas de sangre y en general las pastillas y medicamentos.

En el mundo se producen alrededor de 400 millones de toneladas de plástico anualmente, lo que los convierte en una industria muy importante para la economía. Sin embargo, durante los últimos años estos se han convertido en un problema pues de acuerdo con Boll, 2020 casi la mitad de todos los productos plásticos terminan como residuos en menos de un mes y una mínima fracción es reciclada.

La palabra plástico en su etimología procede del latín «plastícus» y del griego «πλαστικός» (plastikos) que significa moldeable. Los plásticos en su mayoría son polímeros procedentes del petróleo, estos polímeros se combinan con otras sustancias que les proporcionan propiedades como textura, maleabilidad, estabilidad, brillo. Los

polímeros más usados y abundantes son el polietileno de alta densidad, polietileno de baja densidad, policloruro de vinilo, poliestireno, polipropileno y polietileno tereftalato (HDPE, LDPE, PVC, PS, PP y PET, respectivamente, según sus siglas en inglés), constituyendo entre ellos el 90% de la producción de plástico a escala global (Boll, 2020).

Termoestables: son plásticos fácilmente moldeables, el proceso puede ser reversible un ejemplo de estos son: ABS, PVC, PS, PP etc.

Termofijos: son aquellas que no sufren deformaciones al aplicarse calor. Una vez que estos obtienen rigidez no pueden ser moldeados nuevamente, un ejemplo de estos son las resinas a las cuales se adiciona un catalizador para obtener su forma final.

Elastómeros: son un grupo de materiales plásticos que poseen la cualidad de elongación hasta 30 veces su tamaño normal.

Cuadro 1 Abreviatura, densidad y aplicaciones de los polímeros mas utilizados.

<b>Polímero</b>	<b>Abreviatura</b>	<b>Densidad</b>	<b>Aplicaciones</b>
<b>Polietileno de alta densidad</b>	PEAD	0.91	Envases de jugo y leche
<b>Polietileno de baja densidad</b>	PABD	0.91-0.92	Bolsas de plástico, anillos de six-pack, redes, botellas, popotes
<b>Polipropileno</b>	PP	0.85-0.83	Cuerdas, tapas de botellas, redes
<b>Poliestireno</b>	PS	1.05	Utensilios de plástico, contenedores alimenticios, espumado
<b>Nylon</b>		1.1	Redes, trampas, cerdas de cepillos dentales, molduras automotrices
<b>Tereftalato de polietileno</b>	PET	1.37	Botellas para bebidas

<b>Poli vinil cloruro</b>	PVC	1.588	Vasos, botellas, películas
<b>Acetato de celulosa</b>		1.2	Filtros de cigarro

### 9.2.1 Polietileno

El polietileno (PE) es uno de los polímeros más utilizados, debido a su bajo costo de producción y sus múltiples aplicaciones, se obtiene de la polimerización del etileno. Su fórmula química es  $CH_2CH_4$ , es comúnmente de color blanco o transparente y se pueden encontrar principalmente de dos tipos polietileno de alta densidad (PEAD) y de baja densidad (PEBD).

### 9.2.2 Polietileno de Baja Densidad (PEBD)

Es un material que cuenta con ramificaciones en la cadena polimérica, la cual hace que tenga una baja densidad con valores de 0.91-0.94 g/ml, la cual se ve afectada a temperaturas arriba de 20°C, otras características son la flexibilidad y la resistencia a la mayoría de los alcoholes, ácidos y bases. Sus principales aplicaciones son en bolsas, películas para embalaje industrial y agrícola, películas de embalaje de alimentos, empaques para productos farmacéuticos y hospitalarios, revestimiento de cables, alambres, mangueras y juguetes.



Figura 1. Número de clasificación para reciclaje del Polietileno de Baja Densidad

### 9.2.3 Polietileno de Alta Densidad (PEAD)

Es un polímero que se caracteriza por presentar una buena resistencia química y térmica, es transparente, presenta flexibilidad, su densidad se encuentra en rangos de 0.940-0.970 g/cm<sup>3</sup>. Es aplicado para fabricación de tuberías de agua potable, envases de alimentos, detergentes y productos químicos, entre diversos usos. Es posible el reciclaje mecánico y térmico.



Figura 2. Número de clasificación para reciclaje del Polietileno de Alta Densidad

### 9.2.4 Polipropileno

Es un polímero termoplástico de color parcialmente cristalino, que es obtenido de la polimerización del propileno. Una de sus principales características presenta gran resistencia contra solventes químicos y tiene una gran variedad de aplicaciones: empaques de alimentos, películas transparentes, bolsas, entre otros.



Figura 3. Número de clasificación y reciclaje para el polipropileno

### 9.2.5 Poliéstireno

Es un polímero termoplástico que se obtiene de la polimerización del estireno monómero. Su principal aplicación es en su forma expandida (EPS) la cual puede tener el 95% de aire y se usa para la fabricación de aislantes térmicos en construcción y para protección en los embalajes de productos frágiles, envases de alimentos, repuestos automotrices entre otros.



Figura 4. Número de clasificación y reciclaje para el polipropileno

#### 9.2.6 Policloruro de Vinilo

Es un polímero que se obtiene de la polimerización del monómero de cloruro de vinilo. Es un plástico muy versátil por sus características como la resistencia a la abrasión y la corrosión, puede transformarse en un material rígido o flexible si se utilizan aditivos. Son muy resistentes, sus principales aplicaciones son para fabricación de tuberías para agua potable, es utilizado como aislante eléctrico entre otros.

#### 9.3 Densidad

La densidad es una magnitud que se refiere a la cantidad de masa contenida en un determinado volumen, esta característica es utilizada para la separación de microplásticos, se atribuye principalmente a la diferencia entre la densidad del medio denso y las densidades de los plásticos. Los medios densos comúnmente utilizados son el agua de densidad  $0,9999 \text{ g/cm}^3$  para separar el PP y PEAD (producto flotado) del PC, PET y PVC (producto sedimentado). La solución de cloruro de sodio de densidad  $1,197 \text{ g/cm}^3$  separa el PC (producto flotado) del PET y PVC (producto sedimentado).

#### 9.4 Principales aditivos de los plásticos

Para obtener sus diferentes características con diversas propiedades y aplicaciones, el plástico es modificado con diversos aditivos algunos de estos son agentes de carga, antioxidantes, retardantes de flama y aditivos plastificantes.

Plastificantes: estos permiten el incremento de la flexibilidad de ciertos plásticos que por naturaleza son rígidos como el cloruro de polivinilo (PVC), el cual es un polímero termoplástico que se utiliza para la elaboración de tubos rígidos y válvulas. Cuando es mezclado con diferentes proporciones de plastificante se obtienen materiales flexibles, que son comúnmente utilizados en la elaboración de juguetes principalmente.

Entre los agentes plastificantes más utilizados por la industria se encuentran algunos ésteres del ácido ftálico (ftalatos), como, por ejemplo, el ftalato de di(2-etilhexilo) (FDEH) (Beltrán, 2011)

Lubricantes: Estos se utilizan con la finalidad de disminuir las fuerzas de fricción y así reducir el desgaste de dos cuerpos que rozan entre sí. En las industrias procesadoras de plástico, es frecuente que en diferentes etapas del procesado del polímero aparezcan problemas como consecuencia de una fricción excesiva, esto se soluciona con la adición de lubricantes (Beltrán,2011)

Estabilizantes: Desde que los polímeros sintéticos comenzaron a emplearse han interesado todos los procesos que, desencadenados por la acción de factores externos (calor, atmósfera, radiaciones, etc.), conducen al deterioro de su estructura, por lo que existen tipos muy diversos de estabilizantes. (Beltrán,2011). Generalmente los estabilizantes tan sólo ejercen una acción retardante sobre el proceso de degradación

Retardantes de llama: Sustancias que se añaden a los materiales combustibles con la finalidad de evitar incendios y con ello disminuir la propagación del fuego o simplemente proporcionar tiempo necesario para escape (Buteler,2019) o prepara los materiales extintores.

## **9.5 Espectroscopía infrarroja**

Una de las técnicas que permite obtener información estructural de la materia es espectroscopia infrarroja, esta técnica consiste en la incidencia de un haz de luz sobre la materia. Las vibraciones son específicas a determinadas frecuencias de los enlaces químicos, que corresponden a niveles de energía de la molécula, y van a depender de la forma de la superficie de energía potencial de la molécula, la geometría molecular ( )

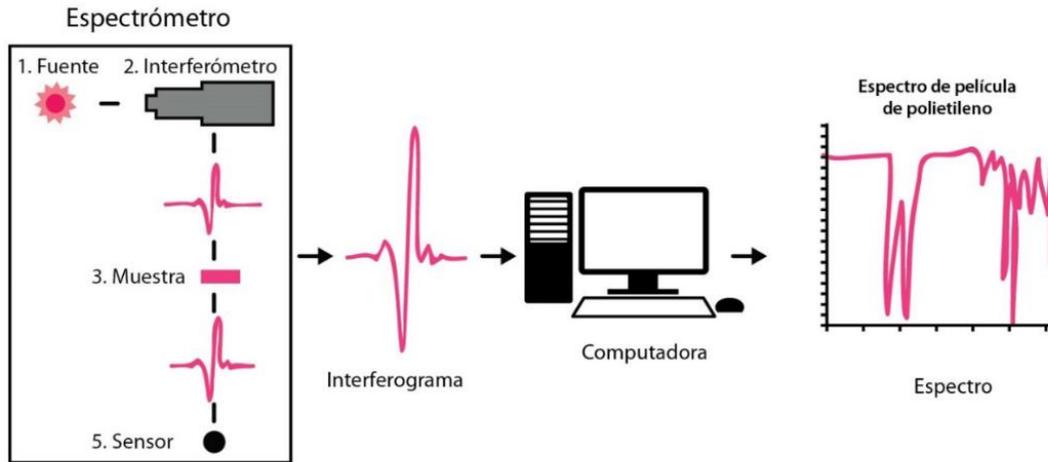


Figura 5. Espectroscopía infraroja. Fuente: Noria (2017)

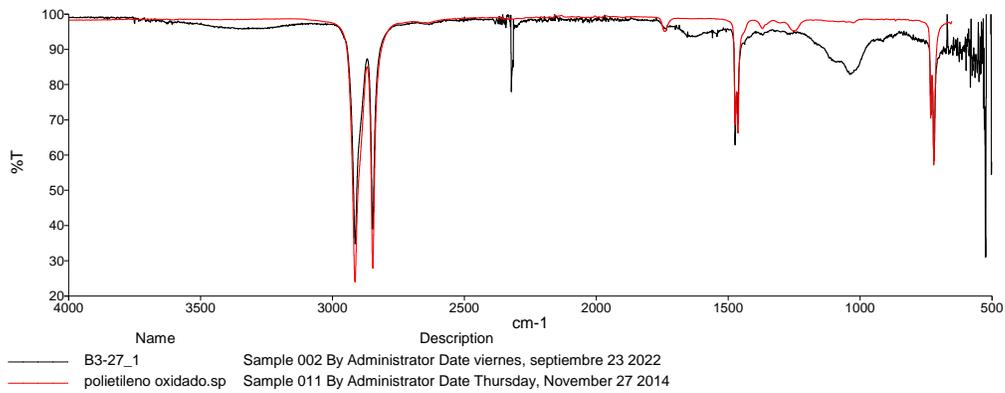


Figura 6. Espectro infrarrojo del polietileno. Fuente: elaboración propia

## 9.6 Degradación de los plásticos

Por sus diferentes características físicoquímicas y los aditivos que contienen, los plásticos son materiales duraderos y de difícil degradación, se ha reportado que pueden permanecer en el ambiente más de cien años. Sin embargo, existen diversos procesos

mediante el cual se puede llevar a cabo este proceso de degradación: térmica, radiación, mecánica, química y biológica.

- a) **Biodegradación:** La más conocida es la degradación biológica que se lleva a cabo por microorganismos como hongos, bacterias y actinomicetos. La principal problemática de este mecanismo es que es un proceso lento debido a la resistencia que tienen los polímeros a degradarse, derivado del alto peso molecular, la fuerza de los enlaces, la hidrofobicidad entre otros. Los microorganismos degradan los polímeros hasta convertirlos en CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O a través de distintos procesos metabólicos, bioquímicos y enzimáticos (Campos, 2021).
- b) **Degradación térmica:** la degradación térmica ocurre cuando el polímero a temperaturas elevadas empieza a experimentar cambios químicos, esto se debe a que las uniones son covalentes y tienen una resistencia limitada que es vencida por el calor (Bustamante, 1994)
- c) **Degradación mecánica:** se da como consecuencia de las fuerzas a las que son sometidas los polímeros, las cuales dan como consecuencia fractura y deformación.
- d) **Degradación química:** la degradación química se produce en los polímeros por acción de reactivos químicos.
- e) **Fotodegradación:** la fragmentación de los plásticos ocurre después de la fotodegradación, que es cuando los plásticos de mayor tamaño se exponen a la luz ultravioleta (UV), la cual se clasifica en dos tipos: directa, cuando la macromolécula absorbe de manera directa la radiación uv y se forman los radicales libres mediante la fotoexcitación y por otro lado la fotodegradación inducida: que se da cuando la degradación de las macromoléculas se inicia por radicales libres que han sido formados por las fotodescomposiciones de bajo peso molecular. Cuando un plástico es expuesto se manifiesta en decoloración, formación de grietas y ampollar sobre la superficie, fragilidad, pérdida de propiedades de resistencia (Frías et al., 2003)

## 9.7 Microplásticos: concepto y clasificación

Los microplásticos son pequeñas partículas o fibras de plástico menores a 5mm de diámetro, largo o ancho (UNEP 2014) aunque no existen estándares establecidos para determinar el tamaño de las partículas, hasta el momento se clasifican por diversos autores (Rezania et al., 2018) por su morfología: tamaño, forma y color (FAO,2019).

Los microplásticos se clasifican en primarios y secundarios (Cole et al., 2013). Los primarios son aquellos que se fabrican de manera intencional en tamaños pequeños y son utilizados en cosméticos, exfoliantes, juguetes, dentífricos entre otros. Por otra parte, los microplásticos secundarios provienen principalmente de la degradación de materiales de mayor tamaño debido a la exposición prolongada a diversos factores ambientales como: calor, rayos solares, humedad, el movimiento continuo de las olas, viento entre otros (Surampalli et al., 2018, GESAMP, 2015) por ejemplo, bolsas de plástico, botellas, material de embalaje por mencionar algunos,

Otros autores (Rezania et al, 2018) consideran la clasificación por morfología: fragmentos (partículas duras y con bordes dentados), micro perlas (partículas duras y redondas), fibras (hebras o fibras plásticas uniformes), láminas (láminas o películas delgadas de dos dimensiones) y espuma (espuma de poliestireno).

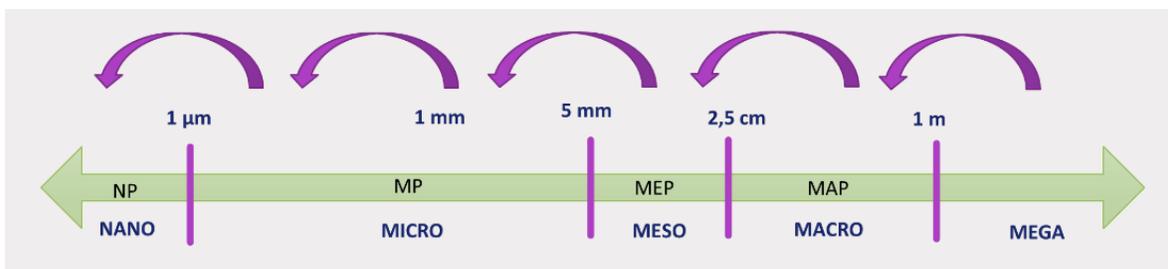


Figura 7. Escala de microplásticos por tamaño. Fuente: Castañeta *et al.*, 2020

### 9.7.1 Técnica de identificación de Microplásticos

Debido a que aún no se cuenta con una técnica estandarizada para microplásticos, algunos autores han establecido diferentes metodologías para el muestreo y procesamiento de muestras en arena las cuales se pueden observar en la tabla 1 donde además se resumen las técnicas de identificación más utilizadas las cuales coinciden en identificación visual y por medio de espectroscopía infrarroja.

Cuadro 2. Metodologías para la identificación y clasificación de microplásticos en playas

Metodología de muestreo	Técnica de identificación	Autor
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Transecto de 100 metros línea de pleamar.</li> <li>- Puntos de muestreo al azar.</li> <li>-Muestras tomadas con cilindros de PVC.</li> <li>-Secado y tamizado con mallas de 1.18 a 4.75mm.</li> <li>-Flotación con yoduro de sodio 1.6 g/ml</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Identificación visual (Tamaño, color y forma) mediante microscopía</li> <li>-Identificación con espectroscopia infrarroja (FT-IR).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Beltrán <i>et al.</i>,2019.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Transecto de 100 metros línea de pleamar.</li> <li>- Puntos de muestreo al azar.</li> <li>-Muestras tomadas con cilindros de PVC.</li> <li>- Secado y tamizado con mallas de 1.18 a 4.75mm.</li> <li>-Flotación con CaCl<sub>2</sub> con <math>\rho \approx 1.6</math> g/ml</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Identificación visual (Tamaño, color y forma) mediante microscopía</li> <li>-Identificación con espectroscopia infrarroja (FT-IR).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Álvarez <i>et al.</i> 2019.</li> <li>-Cruz <i>et al.</i> 2020.</li> <li>-Cruz <i>et al.</i>, 2020.</li> <li>-Álvarez <i>et al.</i>, 2020.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Transecto de 100 metros línea de pleamar.</li> <li>- Puntos de muestreo al azar.</li> <li>- Cilindro de aluminio</li> <li>-Secado y tamizado con mallas de 1.1 mm a 5.1mm.</li> <li>-Flotación con solución de NaCl a 1.2 g mL<sup>-1</sup>, agitar por 5 minutos y reposar por 1 h.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Identificación visual (Tamaño, color y forma) mediante microscopía</li> <li>-Identificación con espectroscopia infrarroja (FT-IR).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Ríos-Mendoza <i>et al.</i> 2021</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Transecto de 300 metros línea de pleamar</li> <li>- Puntos de muestreo al azar.</li> <li>- Cilindro de aluminio</li> <li>-Secado y tamizado con malla de 1 mm.</li> <li>-Flotación con solución de NaCl a 1.2 g mL<sup>-1</sup>, agitar por 5 minutos y reposar por 1 h.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Identificación visual (Tamaño, color y forma) mediante microscopía</li> <li>-Identificación con espectroscopia infrarroja (FT-IR).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Piñón <i>et al.</i> 2018.</li> </ul>

### 9.7.2 Impacto de los microplásticos

Los plásticos en sus diferentes tamaños y tipos representan una amenaza para los ecosistemas marinos. La principal problemática de los macro, meso y microplásticos es su ingestión por parte de fauna marina; cuando se ingieren estos materiales se acumulan en el tracto digestivo, ocasionando pérdida del apetito, fallas en las funciones digestivas y eventualmente la muerte.

### 9.7.3 Impacto en la cadena trófica

El impacto de los plásticos de mayor tamaño, macroplásticos (botellas, bolsas, redes de pesca, etc.) se ha documentado ampliamente, sin embargo, la preocupación emergente son los microplásticos. La Fao (2017) ha reportado que más de 220 especies marinas han ingerido microplásticos, entre las especies afectadas figuran las almejas, las sardinas, el bacalao, la cigala entre algunos otros, se han encontrado microplásticos principalmente en el tracto digestivo (Fao, 2017).

Por otra parte, se ha reportado que los microplásticos pueden influir en el comportamiento y en la cadena alimenticia de los ecosistemas marinos. Generando un problema ya que los peces pequeños ingieren estos plásticos y estos son la base de la cadena trófica. (Cozar, 2015), de esta forma pueden llegar a ser consumidos por los humanos.

Debido a la toxicidad que contienen los diferentes aditivos de los plásticos como el bisfenol A, Ftalatos y a los diferentes contaminantes que se encuentran en el ambiente como pesticidas, hidrocarburos, herbicidas y metales pesados, los microplásticos representan un riesgo para las especies que los consumen (Andrades,2020) y para la salud humana (Fao, 2017), esto debido a que los contaminantes se adhieren a la superficie de los microplásticos y estos al ser consumidos por alguna especie los transporta a través de la cadena trófica.

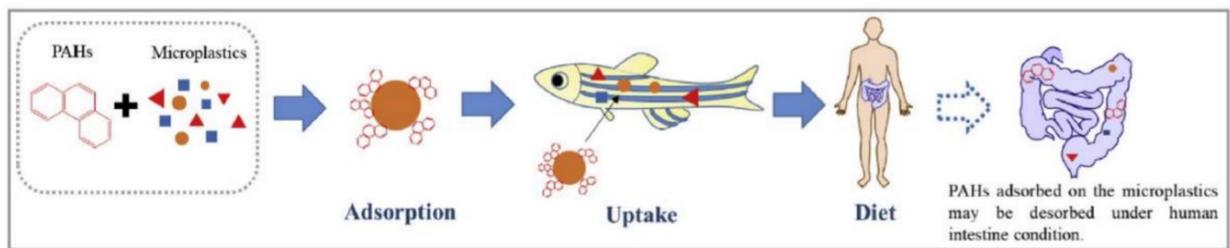


Figura 8. Ingreso de los microplásticos a la dieta humana.

### 9.5.5 Fuentes de contaminación de microplásticos

La generación de residuos sólidos urbanos es la principal fuente de generación de plásticos y microplásticos, la mala gestión ocasiona que estos se dispersen en el ambiente exponiéndose a las condiciones ambientales que posteriormente los fragmenta en microplásticos. Identificando las fuentes de generación se pueden implementar medidas para mejorar la gestión de los residuos.

#### a) Fuentes puntuales

La contaminación puntual es aquella donde la fuente de contaminación puede identificarse fácilmente, en el caso de contaminación del agua las descargas como tuberías o canales serían las fuentes puntuales, de esta manera facilitan el monitoreo y se puede controlar la contaminación que se genera ya que se puede identificar si cumplen con la normatividad aplicable (Bravo *et al.*, 2009).

#### b) Fuente difusas

Por otro parte, las fuentes difusas son aquellas donde no es tan fácil identificar donde se genera la contaminación, pues pueden provenir de cualquier parte, en el caso de los residuos plásticos estos pueden ser generador por la agricultura por las bolsas de nutrientes que al no darles una adecuada disposición final esta se moviliza por las lluvias, viento entre otros factores hasta llegar a los ríos o algún efluente de agua, haciendo difícil su gestión y control.

## 9.6 Zona Costeras

De acuerdo con Ortiz y colaboradores (Ortiz *et al.*, 2020) las zonas costeras se definen como aquellas zonas en las cuales existe una interacción entre el medio terrestre y el marino a través del litoral, es decir la zona costera es una región amplia donde se presentan fenómenos físicos, químicos, biológicos, sociales y atmosféricos, la cual representa zonas de transición entre dos ambientes, en los cuales existe un flujo continuo de materia y energía.

Las zonas son de gran importancia por la interacción de la naturaleza y las actividades humanas, brindan numerosos bienes y servicios ambientales entre ellos; la producción de alimentos, regulación hidrológica y del clima, producción de oxígeno (UNDP *et al.*, 2000) entre otros, sin embargo, la presión ejercida por el crecimiento demográfico, el turismo, la

explotación de recursos ha traído consigo procesos de contaminación y degradación ambiental.

### 9.6.1 Dinámica de la Zona Intermareal

La zona intermareal es una franja de la costa entre el ambiente terrestre y marino, la cual está limitada por la altura de la más alta de las pleamares y la altura de la más inferior de las bajamares como se aprecia en la Figura 1, es decir, entre la altura más alta y baja del agua debido a las mareas, a la diferencia de altura entre la pleamar y la bajamar se le conoce como amplitud de marea. Este fenómeno implica que las condiciones de temperatura, humedad y radiación solar cambian constantemente en esa zona y que sea la única parte del ambiente marino que sufre exposición regular al aire o a la emersión.

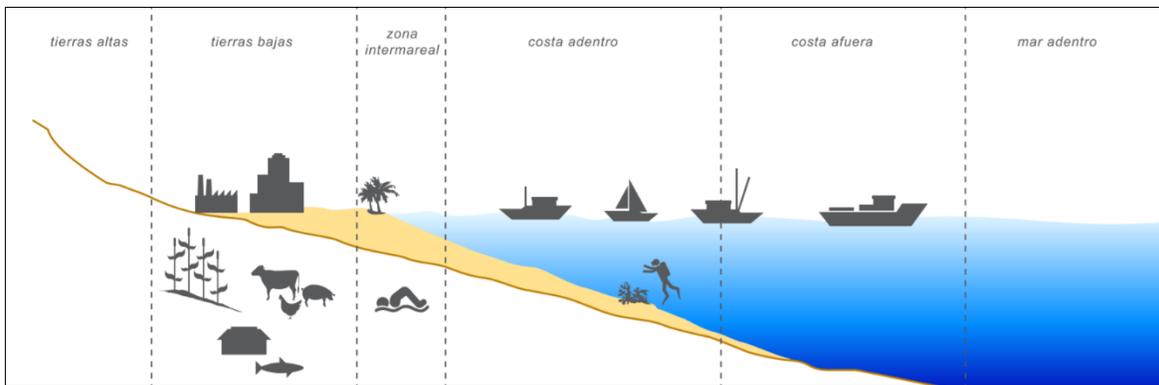


Figura 9. Zonas costeras, delimitación de la zona intermareal Fuente: Ortiz *et al*, 2020

### 9.6.2 Mareas

La altura del mar no es constante debido al fenómeno de las mareas, las cuales se ven influenciadas por la fuerza gravitacional de la luna, a lo largo del día el nivel del mar cambia. El tiempo aproximado entre la pleamar y la bajamar es de seis horas, completando un ciclo de veinticuatro horas y cincuenta minutos (dos pleamares y dos bajamares). Por medio de las tablas de marea se puede predecir diariamente la altura de marea, los datos que proporcionan son fechas, horas y alturas de marea en diferentes puntos del litoral.

### 9.6.3 Corrientes marinas

Un factor importante en la movilidad de los residuos a través del mar son las corrientes marinas, las cuales son los movimientos de masas de agua en el océano que transitan

por rutas específicas, y durante su trayectoria arrastran los contaminantes dirigiéndolos a otros sitios, esto da a pie a las llamadas islas de basura.

Las corrientes marinas se forman por diversos factores como los cambios de temperatura, velocidad del viento y salinidad. Pueden existir corrientes superficiales y profundas, así como cálidas y frías. Las corrientes marinas transportan grandes cantidades de energía y calor por lo que influyen en la distribución de la salinidad y la temperatura, por lo cual afectan el clima y la productividad de las aguas.

En México la principal corriente que tiene influencia es la corriente del lazo (loop) que se observa en la figura 8, la cual es una corriente que domina la circulación en el Golfo de México, ya que es una corriente energética y que se caracteriza por desprender esporádicamente remolinos anticiclónicos (Beltrán, 2018).

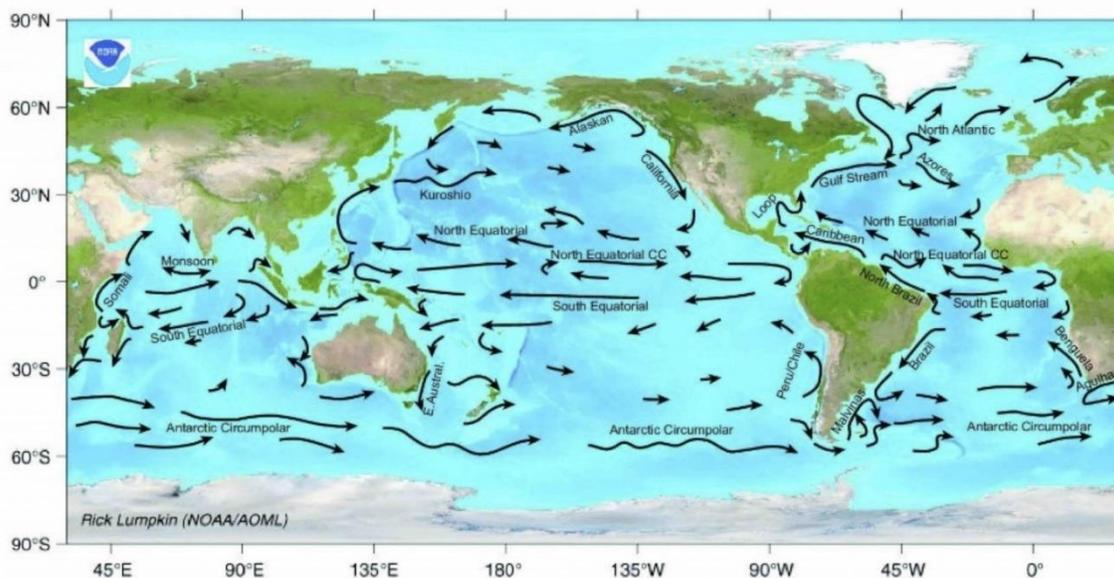


Figura 10. Corrientes marinas superficiales. Fuente: NOAA, 2011B

## 9.6 Cuencas hidrográficas

Para poder entender el movimiento del agua es necesario conocer el concepto de cuencas hidrográficas. Las cuencas hidrográficas son sistemas donde interactúan el sistema biofísico, económico, social y demográfico () son sistemas complejos dada las interacciones entre sus componentes, sin embargo, es definida como el espacio de

terreno limitado por las partes más altas de las montañas, laderas y colinas, en él que se desarrolla un sistema de drenaje superficial que concentra el agua en un río principal el cual posteriormente se integra al mar, lago u otro río más grande (Vázquez-Jiménez, R, 2011)

Las cuencas hidrográficas son consideradas como la unidad principal para el ordenamiento del territorio y permiten delimitar y establecer acciones para su manejo integrado.

Las partes en las que se divide una cuenca son tres: alta, media y baja. La cuenca alta se ubica en las zonas montañosas, las cuales son limitadas por parteaguas o las divisorias de aguas. La cuenca media es donde se acumula o recoge el agua que viene de las partes altas y en la que el río principal tiene un cauce definido. Mientras que en la cuenca baja el río desemboca a otros, ríos, humedales, lagunas o al mar, dentro de una cuenca se pueden considerar una o más subcuencas y varias mini cuencas, cuyas salidas se encuentran con el cauce principal de la cuenca principal.

Existen diferentes tipos de cuencas hidrográficas:

- a) **Endorreicas.** También conocidas como cerradas, ya que no cuentan con ninguna salida, por lo general el agua acumulada en la cuenca baja, da origen aún lago. Los más comunes son lagos atrapados en grandes cadenas montañosas y en zonas alejadas de las costas. Por ejemplo, la cuenca del lago de Pátzcuaro, Michoacán.
- b) **Criptorreicas** Son aquellas que fluyen de manera subterránea, el principal ejemplo es en la península de Yucatán, donde se encuentran sistemas de ríos subterráneos, cuyos suelos con cal permiten una infiltración rápida de la lluvia y la formación de este tipo de corrientes.
- c) **Arreicas** Este tipo de cuenca se caracteriza porque las aguas se evaporan o filtran en el terreno antes de encauzarse en una red de drenaje, los principales ejemplos son los arroyos y riachuelos son de este tipo.
- d) **Exorreicas** También es conocida como cuenca abierta, son aquellas cuencas hidrográficas de circulación abierta, es decir, que sus ríos vierten al mar u al océano. Sus principales fuentes de alimentación son la lluvia y el deshielo. Algunas de estas cuencas son, los ríos Lerma, Pánuco, Grijalva, entre otros.



Figura 11. Representación de las partes de una cuenta hidrográfica: cuenta alta, media y baja.

## 10.MARCO DE REFERENCIA

### 10.1 Antecedentes

En los últimos años se ha presentado un incremento en los estudios sobre contaminación por microplásticos, los cuales se diversifican en buscar técnicas de identificación, clasificación, identificar su presencia en diversos ecosistemas.

En el contexto internacional Tintoré (2016) reporta los resultados obtenidos del estudio realizado en la zona costera del Garraf cerca de Barcelona, España. En el estudio analizaron la distribución espacial y abundancia de microplásticos y su relación con el impacto sobre el rorcual común, la metodología utilizada fue la colecta de 15 muestras analizadas estereoscópica separando los microplásticos por tamaño, color y forma, la distribución espacial se representó con el uso de herramientas de Sistemas de Información Geográfica, los resultados obtenidos fueron la identificación de 514 partículas de microplásticos, al tamaño predominante >2mm de los cuales la mayor parte fueron fibras de colores azul o negro.

Por otro lado, en las Islas Canarias, Sola y colaboradores en (2018), estudiaron la abundancia de microplásticos en doce playas de la isla de Tenerife por medio de un análisis de la capa superficial de arena la cual dividieron en transectos en función de la amplitud de marea. Los resultados obtenidos mostraron que los microplásticos encontrados fueron principalmente del tamaño de 1 mm, acumulándose la mayor parte de estos en la línea de bajamar. El peso registrado en ningún caso superó los 0.408 g, siendo cero en muchas de las playas, concluyendo que determinar cuantitativamente los microplásticos en las playas es complejo debido a la diversidad de factores que influyen.

Otro estudio realizado por Stolte y colaboradores en julio de 2014 en la Costa Báltica Alemana, reporta la evaluación de la contaminación por microplásticos, la metodología que utilizaron fue separación por densidad de microplásticos en solución salina. Los resultados arrojaron concentraciones de microplásticos de 0 a 7 partículas / kg y de 2 a 11 fibras / kg de sedimento seco y concluyen que los vertidos urbanos, la producción industrial, la actividad pesquera y el turismo son las fuentes más probables del aporte de microplásticos.

En playas mexicanas también se ha reportado la presencia de microplásticos, Cruz-Salas y colaboradores evidenciaron la presencia de microplásticos en la Isla Holbox, encontrando concentraciones de x MPs/Kgss, donde el color más común fue el blanco, los MPs de tipo secundario fueron más abundantes.

Continuando en el contexto nacional Cruz-Salas y colaboradores realizaron la cuantificación y caracterización de microplásticos y residuos sólidos urbanos en playa Zipolite, Oaxaca en tres temporadas distintas en una misma zona de la playa Zipolite, en el estado de Oaxaca. En promedio las mayores concentraciones de microplásticos se encontraron en abril de 2019 con 1.06 #MP/kgs, mientras que para residuos sólidos fue en mayo de 2018 con 0.15 piezas/m<sup>2</sup> de macro residuos y 0.11 piezas/m<sup>2</sup> de fragmentos, con respecto a los colores, el azul (35%) y tamaño de 1-2 mm (67.4%). Las diferencias entre las altas concentraciones de residuos sólidos urbanos y microplásticos entre temporadas se atribuye a que los primeros se generan dependiendo de las actividades recreativas típicas que se realizan en playa en cada temporada, mientras que los segundos dependen en gran medida de la ocurrencia de algún evento climático dado que estos tienen influencia en la concentración y dispersión de los microplásticos en el océano y posteriormente en la costa.

En el contexto estatal Montoya y colaboradores, (2020) evidenciaron la presencia de microplásticos en agua, sedimento y tracto digestivo de Tilapia (*Oreochromis Aureus*) proveniente de la laguna de Catemaco, Veracruz, las muestras de sedimento se trataron con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> al 30% y se analizaron mediante el método de separación por sedimentación sometiendo las muestras de arena a una solución salina saturada, los resultados presentados fueron que el 75% de las muestras contenían partículas plásticas con un total de 122, en las muestras de agua el 100% tuvo presencia de microplásticos con 247 partículas y en el tracto digestivo de 6 ejemplares de tilapia encontraron 69 partículas. Todas las partículas extraídas fueron observadas con lupa para su clasificación en base a seis categorías (fragmentos, fibras, astillas de pintura, pellets, microplásticos espumado y películas de plástico), de acuerdo con color: en rosado, blanco, verde, amarillo, azul, naranja, rojo, celeste, transparente, negro, gris, morado, café y vino.

Por otro lado, Mendoza (2018) reporta un estudio en el que evaluaron la adsorción de contaminantes como cadmio, plomo y combustóleo en microplásticos y se determinó la cinética de absorción, asimismo se evaluó la presencia de microplásticos en una playa de Tuxpan, Veracruz en donde los clasificaron por color, morfología y tipo de plástico y en

estos se determinó la concentración de combustóleo adsorbido en ellos. Los resultados obtenidos en la playa de Tuxpan fueron de 23 pzs/kg de arena seca y en el análisis para cuantificar la presencia de hidrocarburos en las muestras reales se obtuvieron valores desde 1 014 hasta 5 453 mg/kg MP, por lo que concluye que los plásticos en ambientes marinos representan una problemática por el tamaño y por servir como medios para el transporte de contaminantes.

#### MPs en especies

Diversos estudios en México han reportado la presencia de microplásticos en peces y otras especies (Lozano et al., 2021) de acuerdo con los resultados obtenidos por diversos autores se observó un contenido de 24 MPs/ individuo en la especie Tilapia (*Ochrinomis niloticus*), siendo las fibras los principales plásticos encontrados (Martínez et al., 2022), en otro estudio realizado por Sanchez y colaboradores revelaron que la especie *Centropomus pectinatus* tuvo un promedio de 8 MPs/ individuo; en otro estudio reportado por Salazar y colaboradores (2021) evidenciaron que la especie Mugil curema tuvo un contenido de 6 MPs/ individuo mientras que Sánchez reportó 0.66 MP/individuo para la misma especie, las diferencias entre el contenido de MPs pueden deberse en la temporada, las condiciones del muestreo y las características del sitio donde se estudiaron.

Por otro lado, Borges et al., 2021 en un estudio realizado en reportaron que la especie con mayor cantidad de MPs fue Haemulon plumierii (Haemulidae). La mayoría de los autores concluye que la variabilidad del contenido de MPs en peces depende de los hábitos alimenticios de las especies, las condiciones de muestreo, la temporalidad y la contaminación por fuentes difusas como plantas de tratamiento, descargas de aguas residuales entre otros factores.

#### Interacción de MPs con otros contaminantes

Una problemática asociada a los microplásticos es el transporte de otros contaminantes, siendo definidos como vectores de contaminación. Desde los aditivos que se agregan a los plásticos durante su fabricación para modificar sus características como retardantes de flama, ftalatos, entre otros, o contaminantes que se encuentran presentes en el medio y son adsorbidos por los MPs como los compuestos orgánicos persistentes (Cutroneo et al., 2020; Andrade, 2017) y metales pesados (Brennecke et al., 2016) que pueden ser

cancerígenos, provocar alergias, daños en el sistema inmunológico y alterar el sistema endocrino que controla la producción hormonal (Herrera *et al.*, 2017).

Diversos estudios han reportado que los MPs interactúan y sorben fácilmente sustancias tóxicas en su superficie (Zou *et al.*, 2020) e incluso que los MPS pueden actuar como sustrato de microorganismos patógenos (Castañeda *et al.*, 2020) y varios autores los consideran como vector de transporte de contaminantes y patógenos (Campanele *et al.*, 2020)

En el contexto nacional son pocos los estudios que se han enfocado en esta problemática, dentro de esta investigación se identificaron los realizados por Borges y col. (2020), quienes realizaron una correlación entre el contenido de MPs y ftalatos en sedimentos con la finalidad de identificar una posible asociación, los resultados que presentan fue una correlación positiva entre los MPs y los ftalatos ( $r=0.4$  y  $P 0.005$ ), concluyendo que los niveles de ftalatos encontrados representan un riesgo potencial para los organismos costeros.

Borges y colaboradores (2021) realizaron un estudio en los pellets evacuados por el buitre negro (*Coragyps atratus*), donde identificaron un total de 225 MPs (2019) y 164 MPs (2020), también encontraron un total de 35 compuestos químicos, los de mayor presencia fueron polietileno y poliamida (89-99%), con respecto al estudio de metales en todas las muestras de MPs encontraron Aluminio de  $35.59 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$  (2019) y  $15.82 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$  (2020); sobre los pesticidas organoclorados se identificaron en mayor porcentaje los dioxenos  $1.03 \pm 1.14 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$  (2019) y endosulfan  $0.97 \pm 1.50 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$  (2020), estudiaron también hidrocarburos aromáticos policíclicos encontrado al benzo-(a)-pireno en ambos años de estudio. Como puede observarse, es importante conocer y entender la problemática de la absorción de contaminantes en los MPs y su movilidad en el ambiente.

## **10.2 Área de estudio**

La zona de estudio se encuentra ubicada en los municipios Costeros de Nautla y Vega de Alatorre en el centro del Estado de Veracruz.

El municipio de Nautla cuenta con 65 poblaciones rurales y una urbana su litoral se extiende por 12 puntos 8 km de costa, su población estimada es de 10,130 habitantes (INEGI, 2020). Se encuentra ubicado en las coordenadas 20° 12' latitud norte y 96' 46' longitud oeste, a una altura de 10 metros sobre el nivel del mar. Limita al noroeste con Martínez de la Torre, al suroeste con Misantla, al este con Vega de Alatorre y al noreste con el Golfo de México. Su distancia aproximada al norte de la capital del estado, por carretera es de 180 Km y 402 por la carretera de la Cd. de México (GOE, 2019)

### **Clima**

El clima de Nautla es portado como cálido húmedo con abundantes lluvias durante el verano, cálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media y cálido húmedo con lluvias durante todo el año (INEGI, 2016)

### **Vegetación**

El tipo de vegetación de la zona es selva mediana subperennifolia entre las que se encuentran especies como *Ficus carica*, *Cedrela odorata*, *Pouteria sapota*, *Inga spuria* entre otros (INEGI, 2014)

### **Dunas Costeras**

Las dunas son ecosistemas costeros formados por montículos de granos de arena principalmente. La forma y altura de las dunas es variable y va a depender de muchos factores, la vegetación presente es considerada pionera y fijadora de sustrato la cual da comienzo a las sucesiones ecológicas de las comunidades vegetativas terrestres (). Los municipios de Nautla y Vega de Alatorre pertenecen al sistema de dunas Tecolutla-Vega de Alatorre. De acuerdo con el estado de conservación de las dunas en la región de Nautla-Vega de Alatorre va de regular a malo, principalmente por la actividad agropecuaria y la presencia de asentamientos humanos en la zona, lo cual pone en riesgo los servicios ecosistémicos que brindan a las comunidades costeras.

## **Vega de Alatorre**

La población de Vega de Alatorre se estima en 20,204 habitantes de los cuales el 51.6% son mujeres y el 48.4 son hombres. El litoral se extiende por 32.53 km. y cuenta con 93 poblaciones rurales y dos localidades urbanas llamadas E. Carranza y Vega de Alatorre.

## **Vegetación**

La vegetación del municipio está constituida por manglares, selvas baja y mediana y dunas costeras.

## **Playas**

Los sedimentos en las playas de Nautla son finos a medios en la parte sumergida mientras que la playa seca y las dunas frontales se presentan arenas finas. Lo cual es un indicador que es una zona con oleaje energético y que el sedimento que llega a la zona de lavado y playa seca es transportado desde la zona sumergida hacia las dunas.

En la zona sur de Nautla se presentan arenas gruesas, este tipo de sedimenta se asocia a la zona de influencia de la desembocadura del río Misantla.

## **Dunas Costeras**

El municipio de Vega de Alatorre cuenta con varios sistemas de dunas costeras los cuales tienen una superficie de 3230.57 hectáreas. Los tipos de dunas que se encuentran son frontales y transgresivas.

## **Zona de Anidación de Tortugas**

Existen siete especies de tortugas marinas en el mundo, de las cuales seis llegan a los ecosistemas costeros del territorio mexicano. El golfo de México es una zona importante para la distribución de las tortugas marinas, donde habitan a lo largo de su ciclo de vida satisfaciendo sus necesidades de alimentación, refugio, descanso y anidación. Estas especies son consideradas como prioritarias para la conservación y se encuentran protegidas por la norma oficial NOM-059-SEMARNAT-2018, además de ser protegidas por diversos tratados internacionales (Herzka *et al.*,2020).

Una de las principales características de la zona de Nautla-Vega de Alatorre es la zona de anidación de tortugas marinas, en la localidad de El Raudal, Nautla se localiza el Centro Veracruzano de Investigación y Conservación de la Tortuga Marina (CVICTM), el cual

tiene un área de 15.5 km de playa destinados a la protección de la tortuga marina (SEDEMA, 2020).



Figura 12. Tortuga Lora en la zona de anidación de Nautla-Vega de Alatorre

Este centro protege principalmente dos especies de tortuga: Lora (*Lepidochelys kempii*) y Verde (*Chelonia mydas*), sin embargo, cuentan con los permisos necesarios por si de manera esporádica arriban tortugas Caguama (*Caretta caretta*), Laud (*Dermochelys coriacea*) y Carey (*Eretmochelys imbricata*). Este centro realiza actividades de vigilancia, educación ambiental y monitoreo de la playa para el cuidado y el manejo de las tortugas, nidadas y crías, reportando 8,980 anidadas, un total de 189,473 huevos y 236,580 crías de tortuga marina en el año 2020.

El CVICTM instala balizas a lo largo de la costa para identificar los sitios de anidación de tortugas, las balizas cuentan con una separación de 500m y se encuentran a lo largo de los 15.5 kilómetros, hay un total de 31 balizas.

## 11. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

### 11.1 Situación problemática

Alrededor de los microplásticos se encuentran problemáticas en diferentes planos: social, tecnológico, político y social, los cuales se describen a continuación y se encuentran representados en la Figura 2.

En el plano social ha habido un incremento de la población, en México actualmente son 126 millones 14 mil 24 personas (INEGI, 2020), esto nos ha traído una mayor generación de residuos y un aumento en el consumo de plásticos, otro aspecto del plano social es la falta de concientización sobre problemáticas ambientales y por lo consiguiente hace falta participación en la toma de decisiones o propuestas para disminuir la generación de residuos.

Por otro lado, en el plano tecnológico, no existe una técnica estandarizada a nivel mundial para cuantificar microplásticos en sedimentos o en agua (Nuelle,2014) por lo cual, es una de las limitantes en este trabajo, sin embargo, se tomarán en cuenta técnicas que han reportado diferentes autores, asimismo, el reporte de los resultados en diferentes () ha traído consigo dificultades a la hora de comparar los resultados.

En el contexto político mexicano, tampoco se cuenta con normatividad aplicable específicamente a los microplásticos, ni a los plásticos que son producidos como biodegradables los cuales no garantizan que su tiempo de degradación no sea perjudicial para los ecosistemas, sin embargo, hay estados que, si cuentan con políticas de prohibición de plásticos de un solo uso como Veracruz y Oaxaca, sin embargo, aún se requiere de inversión para que políticas públicas funcionen y haya una adecuada gestión de los residuos sólidos

Mientras tanto, en el plano ambiental se tiene que los aportes de contaminantes plásticos pueden realizar a través de fuentes puntuales: es decir un lugar específico como descargas de aguas residuales que son fáciles de ubicar, pero también por medio de fuentes difusas las cuales como su nombre lo indica son difíciles de identificar, donde el contaminante es arrastrado por el aire o la corriente desde zonas de agricultura, ganadería llegando hasta las desembocaduras y movilizándose por las corrientes oceánicas, dificultando el control sobre esta contaminación.

El conjunto de estas problemáticas impacta negativamente a los ecosistemas, ya que la contaminación de océanos por plásticos afecta a diferentes especies y debido a la fragmentación de estos plásticos de gran tamaño por su exposición al sol, viento, corrientes marinas y diversos factores van cambiando su tamaño estando disponibles para las especies e introduciéndose a la cadena trófica a través de la ingestión, sin embargo, también han reportado que los microplásticos sirven de transporte de otros contaminantes.

## **11.2 Planteamiento del problema**

Este trabajo pretende identificar la problemática alrededor de los microplásticos en la zona intermareal de playas de Nautla-Vega de Alatorre, identificando la concentración de microplásticos, las posibles fuentes de aporte y las actividades antrópicas que puedan ser causas de contaminación por microplásticos a las playas de la zona de anidación de tortugas de Nautla y Vega de Alatorre.

## **11.3 Justificación**

La generación de residuos sólidos urbanos (RSU) es una problemática creciente a nivel mundial debido al aumento poblacional y a la economía consumista que se ha adoptado (Bernache, 2011), uno de los principales componentes de los RSU son los plásticos los cuales representan el X % de la basura que llega a los océanos. En la zona de El Raudal, Nautla., Vergara (2015) ha documentado la presencia de residuos plásticos en las playas, identificando PET y plásticos de diversos tipos, sin embargo, no se encontraron estudios sobre distribución y abundancia de microplásticos. De acuerdo con lo anterior, este trabajo será pionero en documentar la presencia de microplásticos en playas consideradas de importancia para la anidación de tortugas blanca y verde (SEMARNAT, 2014), los impactos que pueden tener los microplásticos en especies de tortugas han sido reportados por diversos autores (Rivera,2018., Herrera et al, 2017., Alarcón y Anabel, 2020), por lo cual es relevante conocer la concentración de estos contaminantes en esa zona. Este trabajo permitirá diagnosticar la situación actual sobre presencia de microplásticos en la zona intermareal de las playas de Nautla, identificando las posibles fuentes de generación mediante la clasificación morfológica de los microplásticos encontrados. Por otro lado, contribuirá a formar parte de los estudios de este tipo en la zona costera del estado de Veracruz, los datos obtenidos podrían servir de fundamento

para la toma de decisiones y la elaboración de políticas públicas en cuanto a gestión de residuos a nivel local y estatal.

#### **11.4 Pregunta de investigación**

¿Cuál es la distribución de microplásticos en la zona intermareal de las playas de El Raudal, Nautla, Veracruz?

## **12. HIPÓTESIS**

La distribución de microplásticos en la zona intermareal de las playas de El Raudal, Nautla es agrupada, en función de las corrientes marinas, fuentes de contaminación y las actividades turísticas que se desarrollan en la zona.

## **13. OBJETIVOS**

### **13.1 Objetivo general:**

Evaluar la distribución de microplásticos en la zona intermareal de las playas de El Raudal, Nautla, Veracruz

### **13.2 Objetivos particulares**

- Caracterizar la abundancia de microplásticos en la zona intermareal de las playas de El Raudal-Vega de Alatorre
- Identificar las fuentes puntuales de contaminación de microplásticos en la zona intermareal

## 14. MATERIALES Y MÉTODOS

### 14.1 Muestreo

En la primera parte de la metodología se realizó un recorrido de reconocimiento en la zona de anidación de tortugas en Nautla y Vega de Alatorre con el fin de identificar las zonas de fácil acceso y que fueran representativas para el muestreo de sedimentos.

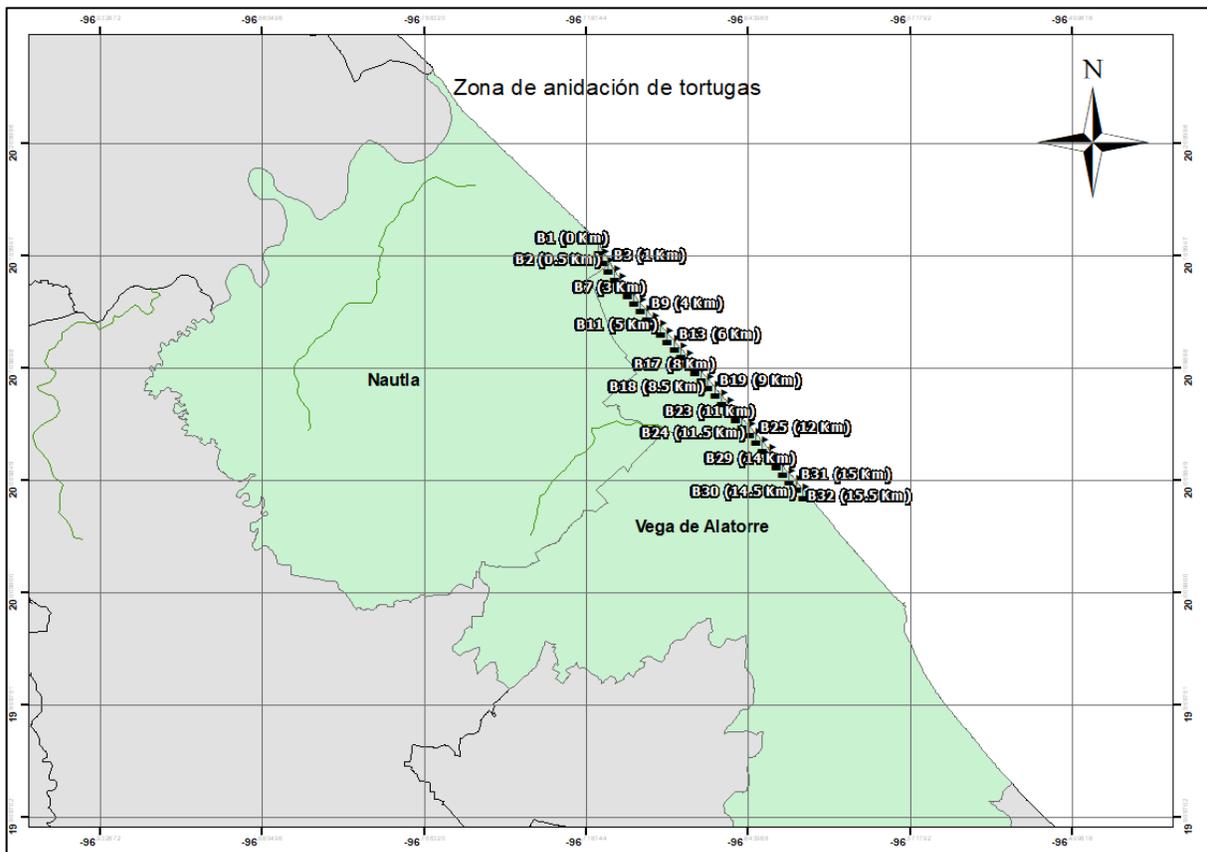


Figura 13. Ubicación de las balizas que delimitan la zona de anidación de tortugas

Los muestreos se realizaron los días 11, 12 y 13 de noviembre, durante la marea baja para lo cual se consultaron las tablas de marea.

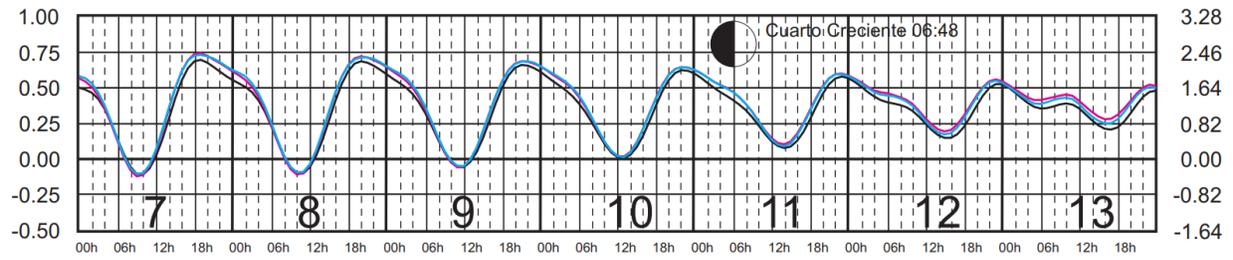


Figura 14. Tabla de mareas para los días del 7 al 13 de noviembre de 2021. Fuente: SEMAR, 2021



Figura 15. Muestreo en las diferentes zonas mareales en la zona de anidación de tortugas.

El recorrido se llevó a cabo en los 15.5 km de playa correspondientes a la zona de anidación, seleccionando 5 sitios para realizar el muestreo, el cual se realizó trazando un transecto de 10 m paralelo a la línea de costa, e identificando el límite de pleamar, la parte intermedia y el límite bajamar (Villanova et al., 2018, p.106) tomando 3 muestras en cada una de las zonas haciendo un total de 9 muestras por punto de muestreo.

La muestra se tomó con un cuadrante de madera de 0.25 m X 0.25 m y 0.05 m de ancho, el cual se entierra en la arena y se toma la parte que queda dentro del cuadrante, conservándose en bolsas de polietileno reutilizables para ser transportadas.

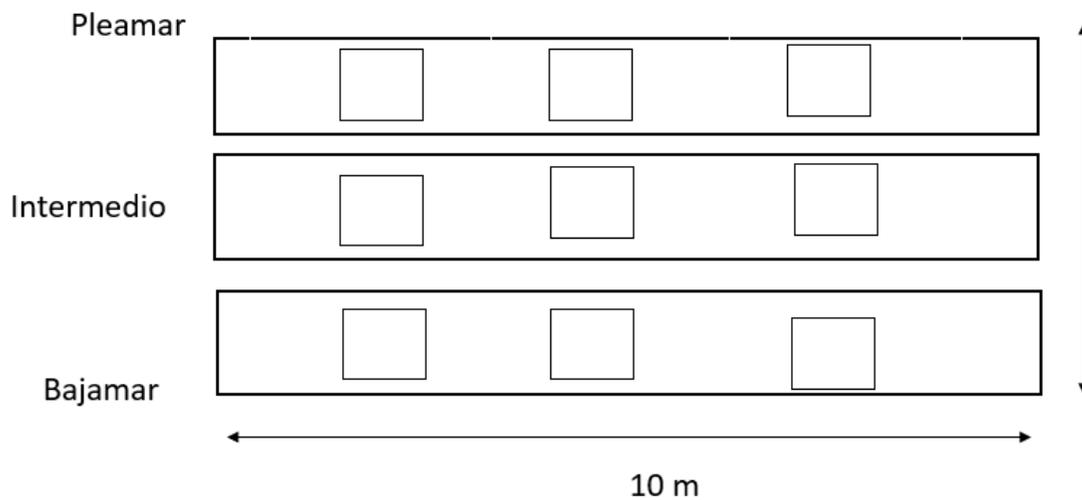


Figura 16. Diseño del muestreo de MPs



Figura 17. Cuadrante de madera utilizado en el muestreo de sedimentos

## 14.2 Extracción y cuantificación de microplásticos en laboratorio

Una vez colectadas las muestras se llevarán al Laboratorio de Investigación en Recursos Acuáticos (LIRA) para su procesamiento el cual se realiza en 5 etapas (Morilla, s/f) las cuales se resumen tan la figura (11).

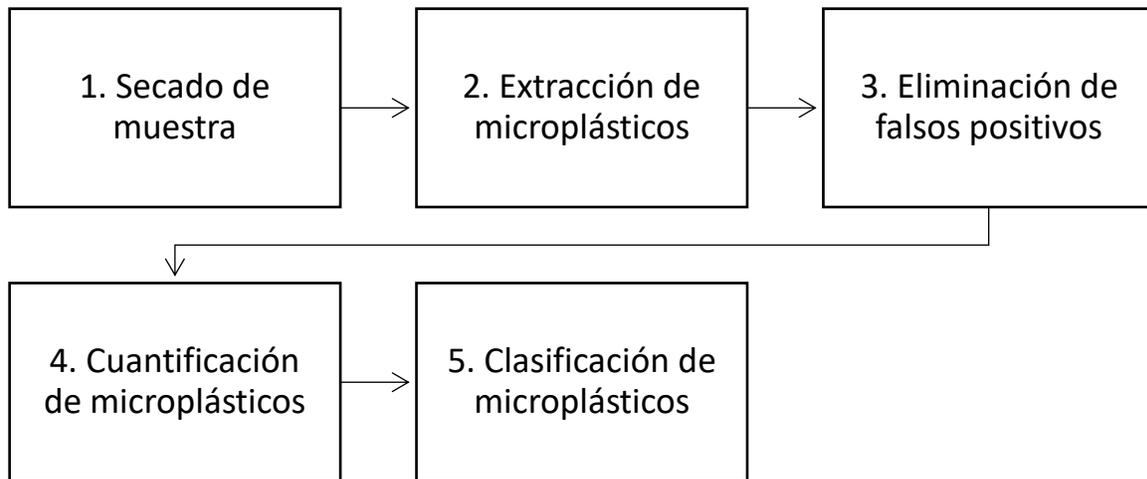


Figura 18 Proceso metodológico de la extracción y cuantificación de microplásticos

### a) Secado de muestra:

El secado de las muestras de arena se realiza cuando éstas se transportan en su totalidad al laboratorio, y se realiza con el fin de reportar los resultados con base en la masa de arena seca, ya que la humedad de esta puede variar a lo largo del día debido a cambios en temperatura.



Figura 19. Secado de muestras a 60°C

### b) Extracción de microplásticos

Para extraerlos se realizan a través de los tamices y pruebas de flotación. La primera parte es pasar la muestra a través de un tamiz de malla 16 para eliminar las partículas menores a 1mm. Los sólidos que queden en la malla pasarán al proceso de flotación, esta se realiza preparando una solución salina de  $\text{CaCl}_2$ . La solución se coloca en un vaso de precipitado, se agrega la muestra tamizada, se agita y se deja reposar durante un minuto. Los plásticos flotantes se retiran con ayuda de pinzas metálicas.



Figura 20. Tamizado de las muestras para su observación en microscopio

### c) Falsos positivos

Para eliminar materiales que se puedan confundir con microplásticos, restos de conchas, exoesqueletos, fibras vegetales y animales se adicionó una solución ácida de  $\text{HCL}$  0.5 N, si hay burbujeo y la partícula se desintegra es una concha para el caso de la materia orgánica la solución utilizada es  $\text{H}_2\text{O}_2$ , la muestra se agita durante 3 minutos y si la partícula se oxida y presenta color amarillo se considera materia orgánica, en caso contrario se identifica como una fibra sintética.

#### d) Cuantificación de microplásticos

La presencia de MP generalmente se reportó en función de la cantidad de arena presente en la muestra, lo que permite establecer un parámetro de concentración, y comparar las muestras entre sí.

Los resultados obtenidos se reportaron en diferentes unidades de concentración, con el fin de que los resultados se pudieran comparar con los diferentes estudios se tomó el mayor número de datos posibles: peso de los microplásticos para reportar en concentración mg de plástico/kgss, microplásticos/m<sup>2</sup> y Número de microplásticos/ kgss.



Figura 21. Identificación visual de microplásticos por medio de Microscopio óptico en el Laboratorio de Investigación y Recursos Acuáticos (LIRA).

### 14.3 Clasificación de Microplásticos

La clasificación de las posibles partículas de microplásticos se realizó de forma visual haciendo uso de lupa y microscopio, las tres categorías de clasificación son: tamaño, color y forma.

#### 14.3.1 Clasificación por forma

La clasificación se realizó de forma visual, con base a lo propuesto por Laglbauer y colaboradores ((Laglbauer et al., 2014) A) fibras, B) pellets, C) fragmentos, D) espumas y E) películas. Esta característica es muy importante ya que nos brinda información sobre el tipo de polímero del que se trata, la fuente de generación, el tiempo en que ha estado en el medio por su grado de desgaste.

- A) Fibras: hebra o filamento de plástico con una relación longitud/radio alta.
- B) Pellets: Piezas de plástico cilíndricas, discoides o esferoides con superficie lisa.
- C) Fragmentos: Piezas de plástico de forma irregular, bordes afilados, angulares y subangulares.
- D) Películas: Piezas de plástico como una lámina delgada, plana y maleable.
- E) Espuma: son livianos, presentan aspecto de esponja, compresibles y suelen ser de color blancos.

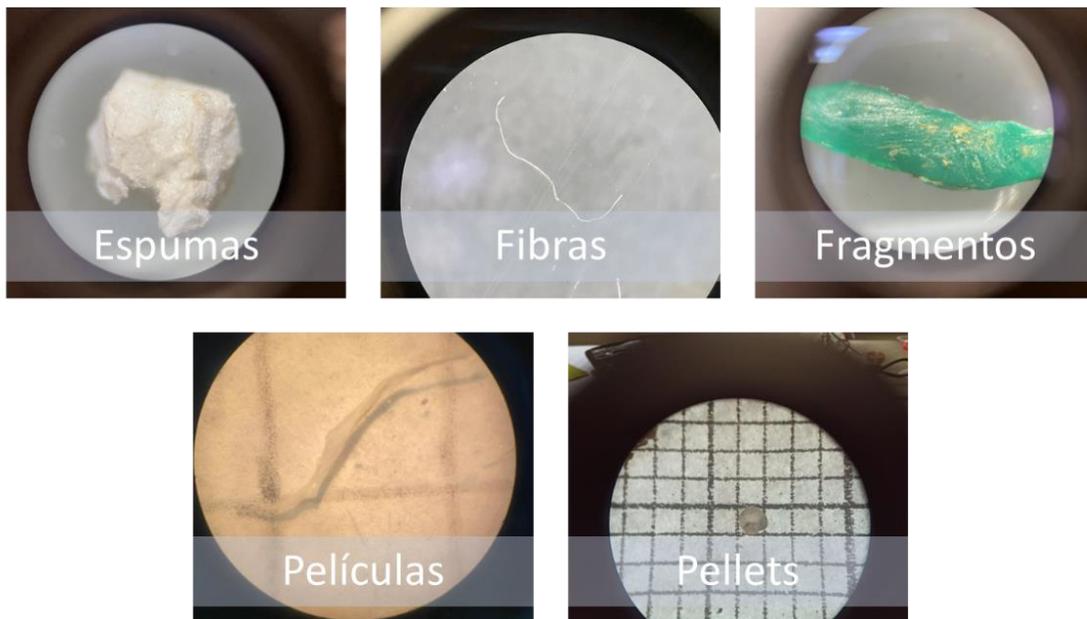


Figura 22. Formas de los microplásticos. Fuente: elaboración propi

### 14.3.2 Color

La clasificación que se utilizó fue la que reporta Borger y colaboradores (Boerger et al, 2010), donde se contemplan las siguientes categorías: A) blanco, B) azul, C) gris, D amarillo, E) naranja, F) verde, G) rosa, H) rojo, I) morado, J) negro y K) transparente y adicionalmente L) café. Varios autores relacionan el color de los microplásticos con la factibilidad de ser consumidos por ciertos tipos de peces.

### 14.3.3 Tamaño de los microplásticos

Para este estudio se considerarán tamaños de 1 a 5 mm, las fibras se midieron haciendo uso de papel milimétrico, mientras que los fragmentos rígidos y las espumas se midieron con un vernier. El tamaño de los microplásticos es una característica que indica el tiempo que ha estado en el ambiente, entre más pequeño nos dice que se ha ido fragmentando por las condiciones ambientales. La clasificación por tamaños será en cuatro categorías (Cruz-Salas, 2021) A) 1-2 mm, B) 2.01-3 mm, C) 3.01-4mm, D) 4.01-5 mm.

### 14.4 Materiales utilizados

Cuadro 3 Materiales utilizados para llevar a cabo la estrategia metodológica

Muestreo en campo	Laboratorio
GPS	Agua oxigenada
Cinta métrica	Cloruro de calcio
Cuerdas de color	Vasos de precipitados de 250 ml
Pala metálica	Papel absorbente
Contenedores	Tamices de 4.75, 4, 3.35, 2.85 y 1.13
Ficha de datos	HCl 0.5 N
	Estufa para secado de muestras

#### **14.5 Identificación de las fuentes puntuales de contaminación**

Para lograr el objetivo particular tres que es identificar las posibles fuentes de generación de microplásticos en la zona de estudio, se realizó una revisión bibliográfica y de fuentes oficiales como INEGI y DATATUR, con la finalidad de delimitar la cuenta que afecta la zona donde se realizó el muestreo y así identificar:

- A) Desembocaduras
- B) Plantas de tratamiento
- C) Características del uso de suelo
- D) Localidades urbanas
- E) Tiraderos a cielo abierto

Una vez identificadas las posibles fuentes de generación de microplásticos se realizará una relación entre los plásticos utilizados o generados en cada una de las fuentes.

La tercera parte es la identificación las corrientes marinas que influyen en la circulación del mar, con apoyo de base de datos cartográficos de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y NOAA, para posteriormente ser procesado por medio de Sistemas de Información Geográfica.

## 15. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 15.1 Caracterización de los sitios de muestreo

Los sitios muestreados tenían las siguientes características:

Cuadro 4. Características de los sitios de muestreo

Baliza	Macriplásticos	Ríos	Fácil acceso	Pesca	Turistas
B1	Presencia de macrolásticos	Cercano a desembocadura	Regular	No	No
B4	Presencia de macrolásticos	Lejos de desembocadura	Fácil acceso (por el CVICTM)	Si	No
B6	Presencia de macrolásticos	Cercano a cuerpos de agua	Regular	Si	No
B13	Presencia de macrolásticos	Lejos de desembocadura	Acceso por carretera	Si	Si
B33	Presencia de macrolásticos	Cercano a desembocadura	Acceso por carretera	Si	Si



Figura 23. Plásticos de mayor tamaño en las balizas de muestreo

## 15.2 Abundancia de microplásticos

Se analizaron 45 muestras de sedimento, con un promedio de peso de 3.2 kg de peso, en el 94% se evidenció la presencia de microplásticos, mientras que en el 6% restantes no se identificaron. El 93% de los plásticos identificados es de origen secundario, es decir resultante de la fragmentación de plásticos de mayor tamaño que por los factores ambientales se va rompiendo en piezas más pequeñas.

La mayor cantidad de microplásticos encontrados fue de 10 MPs se presentaron en la B1 y B33, mientras que la en la B1, B6 y B33 se identificaron muestras sin presencia de MPs, las cuales se pueden observar en el cuadro 2.

Con respecto a la zona mareal fue en Pleamar se encontraron microplásticos en el 100% de las piezas, mientras que en las zonas intermareal y bajamar se identificaron muestras con 0 piezas de MPs.

El 95% de los microplásticos se identificó en la etapa de observación, en cuanto al 5% restante fue encontrado en la etapa de flotación.

Cuadro 5 Número de MPs encontrados en las muestras analizadas

Baliza	B1	B4	B6	B13	B33
P01	5	2	3	2	6
P02	6	7	4	5	10
P03	10	2	2	2	7
I01	4	1	0	2	2
I02	0	1	2	2	0
I03	0	4	0	3	1
B01	3	1	0	2	0
B02	4	2	3	2	0
B03	4	2	2	4	9

### 15.3 Resultados por Baliza

El sitio B1 presentó una mayor abundancia de MPs, en total se identificaron 37 MPs, seguido del sitio B33 35, el sitio que obtuvo una menor abundancia fue el B6 con 16MPs. Con respecto a las unidades en MPs/Kgss el sitio B33 presentó una mayor abundancia con 1.32 MP/Kgss mientras que la menor cantidad se presentó fue en el sitio B6 con 0.56 MP/Kgss.

Por otro lado, con respecto a las unidades en m<sup>2</sup> el sitio B1 presentó (67.58), el sitio B4 37.33, B6 (28.44), B13 (42.67) y B33 (62.22). En unidades de peso (g/Kg) los sitios presentaron en promedio B1 (0.05 g/Kg), B4 (0.02g/Kg), B6 (0.01), B13 (0.002) y B33 (0.02 g /Kg)

Cuadro 6 Cantidad de MPs en las diferentes zonas de estudio representadas en diferentes unidades.

Muestra	B1	B4	B6	B13	B33
Ubicación	-96.708609 X, 20.1614479 Y	-96.703295 X, 20.1531767 Y	-96.6982 X, 20.1440666 Y	-96.6777 X, 20.123058 Y	-96.61876 X, 20.054511 Y
Total de MPS	37	21	16	24	35
Intervalo	0 a 10	1 a 7	0 a 4	2 a 5	0 a 10
Peso de los MPs en g	0.15	0.08	0.029	0.07	0.06
Peso promedio de la muestra (kg)	3.39	3.24	3.17	3.30	2.99
#MP/KGSS	1.21	0.71	0.56	0.82	1.32
#MP/m <sup>2</sup>	65.78	37.33	28.44	42.67	62.22
g/kg	0.05	0.02	0.01	0.02	0.02
Media (X)	4.11	2.33	1.78	2.67	3.89
$\sigma$ (Desviación estándar)	3.0414	1.9437	1.4814	1.1180	4.1062
Varianza de la muestra	9.25	3.77	2.19	1.25	16.86
Color	Blanco (53%)	Blanco (41%)	Transparente (40%)	Blanco (44%)	Blanco (37%)
Tamaño	1-2 (32%)	4.01-5 (55%)	4.01-5 (40%)	4.01-5 (41%)	1-2 (54%)
Forma	Fibras (43%)	Espumas (36%)	Fragmento (32%)	Fragmento (50%)	Películas (31%)

#### 15.4 Forma de los microplásticos en los sitios de muestreo

Con respecto a las formas se presentaron los cinco diferentes tipos, espumas, perlas, películas, fibras y fragmentos las cuales se pueden apreciar en la figura 24.

En la baliza B1 la forma más representativa fueron las fibras con 46%, al igual que en la baliza B6 con 35% (Figura 25), por otro lado, en las balizas B4 y B13 la forma más abundante fueron los fragmentos con 32% y 50% respectivamente y por último en la baliza B33 se identificaron películas como la forma más frecuente con 31% seguido por las fibras (26%) y fragmentos (26%).

Con respecto a la zona mareal la forma más abundante en el pleamar y el intermareal fueron los fragmentos con 31% y 32% respectivamente mientras que en el bajamar fueron las fibras con 29%

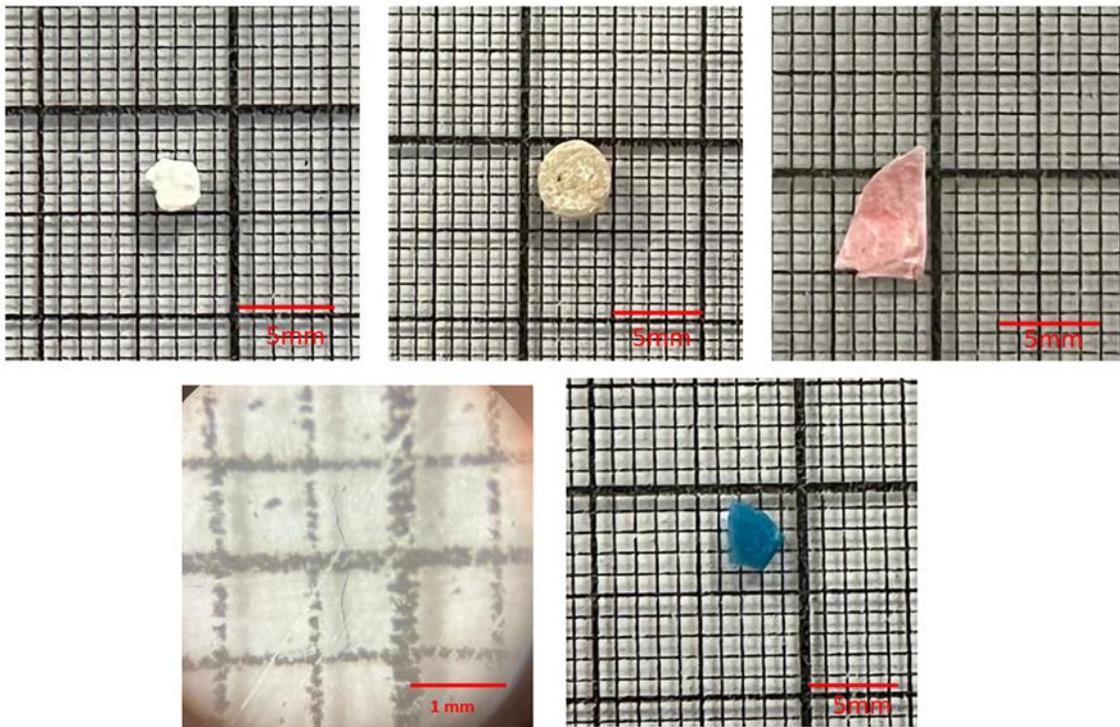


Figura 24. Formas encontradas en los microplásticos: a) espuma blanca, b) perla transparente (amarilla por desgaste), c) película color rojo, d) fibra azul y e) fragmento rígido color azul

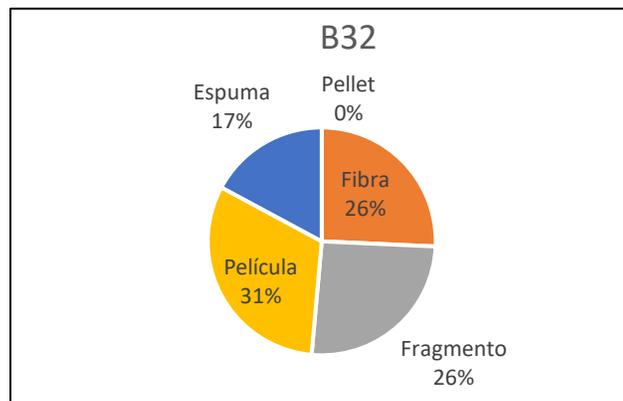
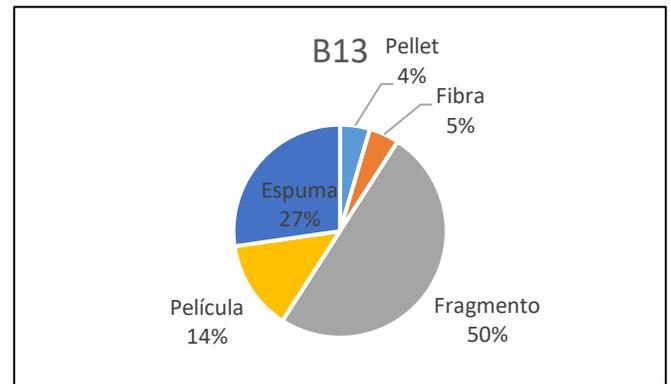
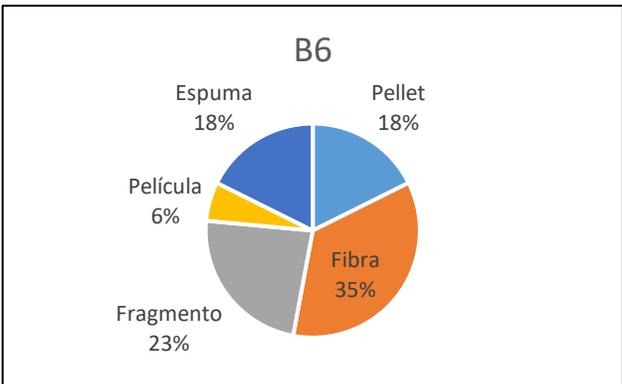
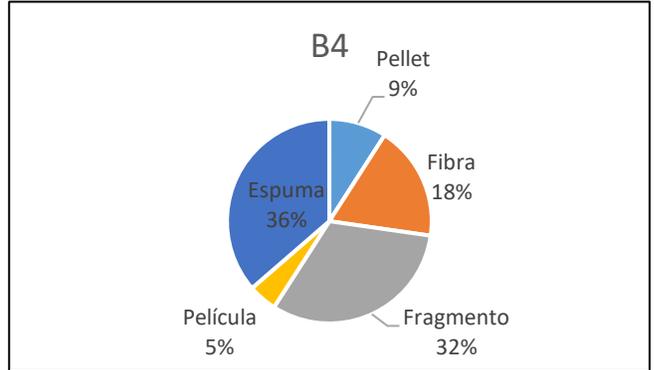
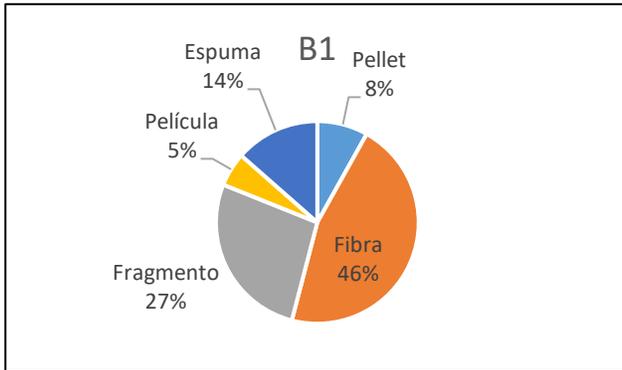


Figura 25 Partículas de MPs clasificadas por forma en los diferentes sitios de estudio

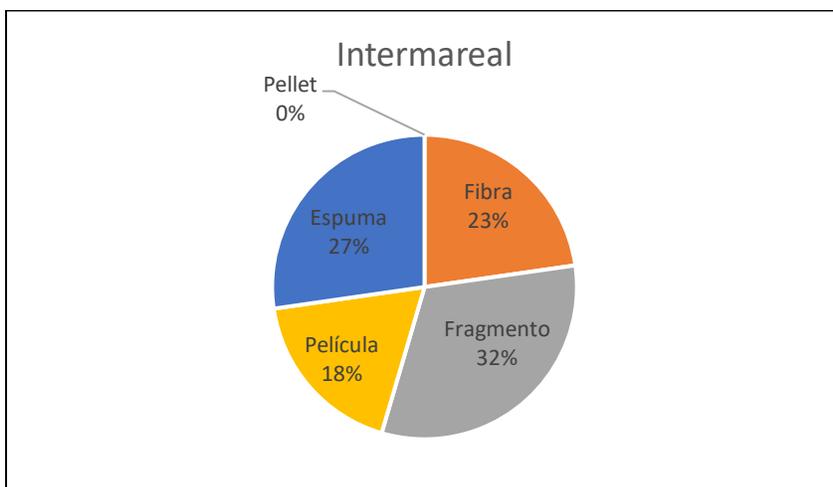
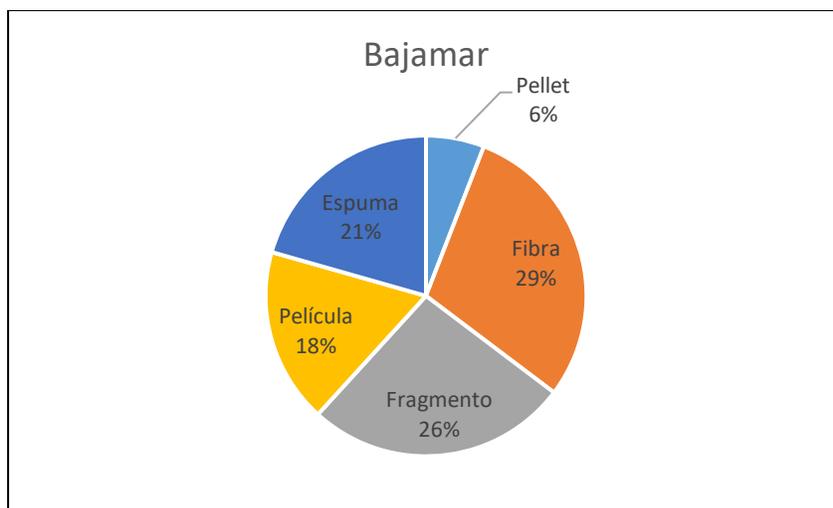
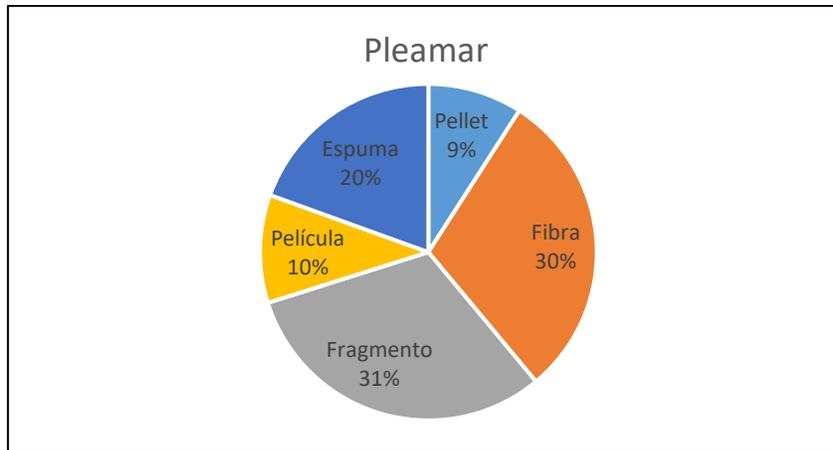


Figura 26. Forma de microplásticos más abundante por zona mareal

### **15.5 Análisis estadístico**

Para el análisis estadístico se realizó la comparación entre los sitios de muestreo y entre las balizas, de manera inicial se utilizó la prueba de Shapiro Wilks con la finalidad de revisar la normalidad de los datos, la prueba arrojó una  $p$  de (0.0033) para B4 y  $p$  (0.0008) para B13, lo que indica que los datos no tienen un comportamiento normal, por lo que se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis utilizando el software PAST, se consideró el 95% de significancia y se obtuvo una  $p=0.000$  que nos indica que no existen diferencias estadísticas significativas entre los diferentes sitios de muestreo.

Se realizó también la comparación de medianas entre las zonas mareales mediante la prueba de Kruskal Wallis con el 95% de significancia, la cual arrojó una  $P$  de 0.001055 que indica que, sí existen diferencias estadísticas significativas entre las zonas mareales. Para verificar cuales son las zonas diferentes se utilizó la prueba  $U$  de Mann-Whitney, la cual confirmó que la zona de pleamar tuvo valores diferentes a la zona intermareal ( $p= 0.00042$ ) y bajamar ( $p=0.017$ ).

## 15.6 Fuentes potenciales de contaminación por microplásticos

Se delimitó el área de influencia por subcuencas, dentro de los puntos de muestreo se identificaron las subcuencas del río Misantla y del río Colipa, ya que las escorrentías que se generan en la cuenca arrastran los microplásticos hasta las desembocaduras, dentro de esta subcuenca se encontraron los municipios: Chiconquiaco, Colipa, Landero y Coss, Miahuatlán, Misantla, Nautla, Tenochtitlán, Tlacolulán y Tonayán.

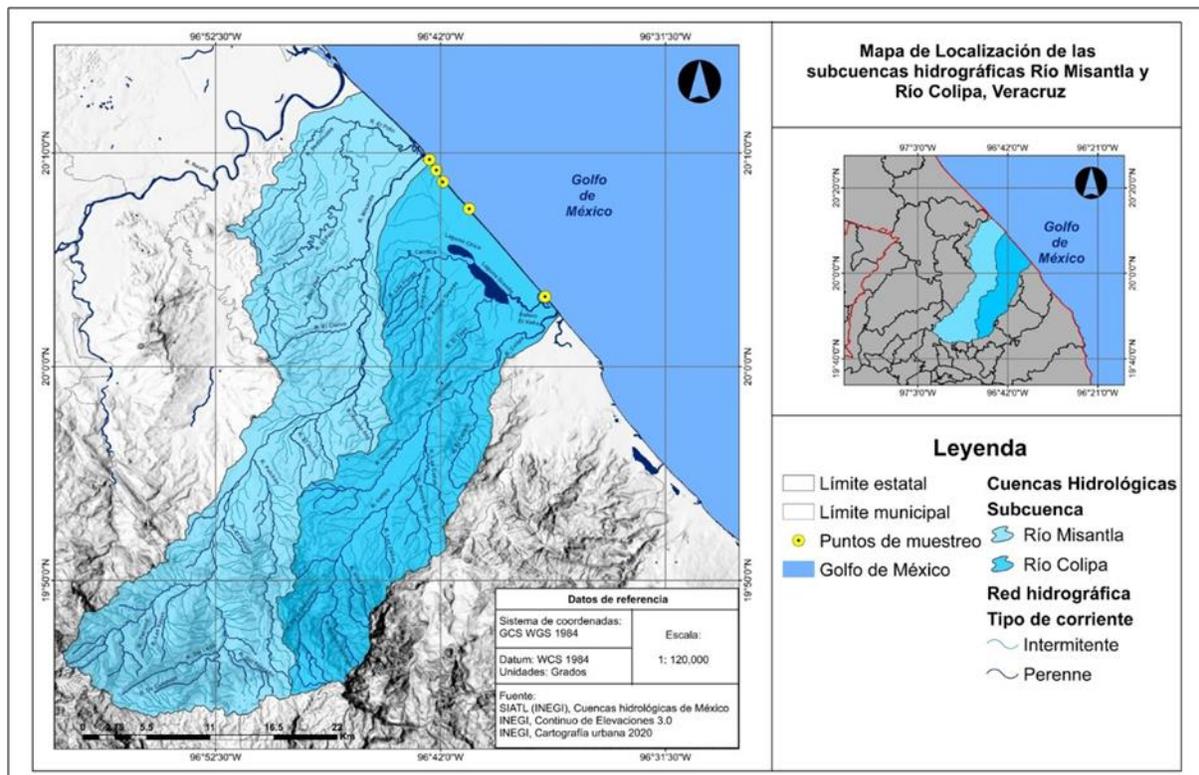


Figura 27. Delimitación de la cuenca que afecta la zona de muestreo

La cuenca del río Nautla también es conocida como del río bobos, desemboca al mar, el río es considerado de respuesta rápida y nace en el cofre de Perote, la cuenca cuenta con zonas de pendientes pronunciadas, pues en su parte alta está conformada por áreas montañosas, lo que hace que el agua escurra muy rápido hacia la parte baja lo que ocasiona inundaciones (GOE, 2022). Por su parte la cuenca del río Misantla el río nace a la altura del Sausal, Landero y Coss y Chiconquiaco.

### 15.6.1 Descripción de las actividades económicas:

De acuerdo con el mapa de uso de suelos (INEGI, 2022), los principales usos del suelo es el pastizal inducido el cual se relaciona con la actividad ganadera, seguido del uso agrícola, en el que podemos encontrar de temporal y de humedad.

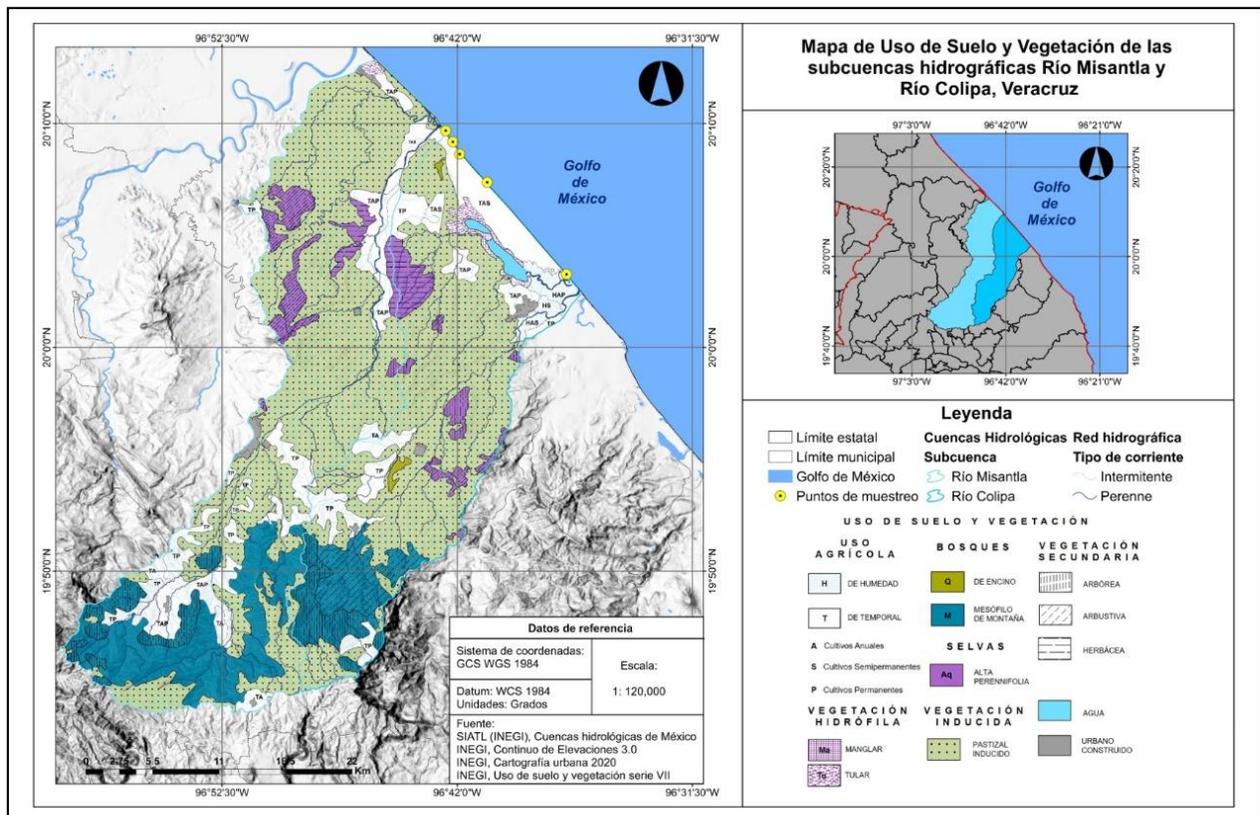


Figura 28. Mapa de uso de suelo de la zona de estudio.

Mediante la revisión de los cuadernillos municipales e información de INEGI se identificaron las principales actividades económicas, la población de cada municipio y la cantidad de residuos que se generan.

Cuadro 7. Actividades potenciales de generación de microplásticos en la zona de estudio

Municipio	Ganadería	Agricultura	Residuos	Población
<b>Chiconquiaco</b>	Bovino (437.3 Ton), Porcino (154.1 Ton) Ovino (103 Ton).	Maíz grano (3489.5 Ha), Café cereza (1362 Ha) y Frijol (46 Ha)	2000 (Ton anuales)	13,959
<b>Colipa</b>	Bovino (917.3 Ton), Porcino (229.9 Ton) y Ovino (31.6 Ton) y Aves (76.8 Ton)	Café cereza (281.5 Ha), Maíz grano (450 Ha)	1300 (Ton anuales)	5755
<b>Landero y Coss</b>	Bovino (92.2 Ton), Porcino (117 Ton), Ovino 29.9 Ton) y Ave (21.8 Ton)	Maíz grano (339 Ha)	---	1573
<b>Miahuatlán</b>	Bovino (269.9 Ton), Porcino (245 Ton), Ovino (29.2 Ton)	Maíz grano (498 Ha) Café cereza (73) y papa (12.8 Ha)	0.9	4734
<b>Misantla</b>	Bovino (2746.2 Ton), Porcino (704.6 Ton) Ave (228.6 Ton)	Naranja (3846 Ha), Maíz grano (3600 Ha) y Café cereza (3463 Ha)	14600 ton	66,738
<b>Nautla</b>	Bovino (2354.2 Ton), Porcino (469.7 Ton) y Ave (169.4 Ton)	Limón (4647.8 Ha), Plátano (849 Ha) y Naranja (800 Ha)	3000 ton	10116
<b>Tenochtitlán</b>	Bovino (625.5 Ton), Porcino (90.6 Ton) y Ave (29.3 Ton).	Café cereza (1044 Ha) y Maíz grano (585 Ha)	1000 Ton	5543 (2020)
<b>Tlacolulán</b>	Bovino (539.6 Ton) Porcino (161.6 Ton), Ovino (55.4 Ton) y Caprino (59.7 Ton)	Maíz grano (1210 Ha) y Papa (13 Ha)	2000 Ton	11245
<b>Tonayán</b>	Bovino (347.8 Ton), Porcino (157.8 Ton), Ovino (63.6 Ton)	Maíz grano (702.2 Ha), papa (35 Ha) y café cereza (16.2)	1100 Ton	6088
<b>Vega de Alatorre</b>	Bovino (2721.6 Ton), Porcino (567.7 Ton), Ave (156.5)	Plátano (336 Ha), Sandía (186 Ha) y Palma de ornato (92)	5300	20490

Relación de materiales de plásticos utilizados en las principales económicas y los polímeros asociados a estos materiales. Los principales polímeros utilizados son el Polietileno de baja y alta densidad, el polipropileno, poliéster, poliamida, policloruro de vinilo (PVC) y poliestireno.

Cuadro 8. Relación de materiales plásticos utilizados y los polímeros asociados a su fabricación.

<b>Actividad</b>	<b>Material plástico utilizado</b>	<b>Polímero Asociado</b>	
<b>Ganadería (Bovinos, porcino)</b>	Plástico de ensilar	PEAD	
	Cuerdas	PP, PE, PL, PA	
	Garrafas de productos de limpieza	PEAD, PET, HDPE	
	Envolturas de alimento/sal	PE	
	Contenedor de agua	PET, PEAD	
	Aretes para ganado	PE	
	Costales de alimento	PP	
	Contenedor de alimento	PET, PEAD	
	Bolsas de alimento	PE, PP	
	Mallas	PE, PP, PS	
	Lonas	PE	
	<b>Agricultura (Limón, Naranja, Plátano)</b>	Acolchados	PE
		Canalizadores de agua	PVC
Tuberías de riego		PVC	
Aspersores		PVC	
Mangueras		PVC, PU, CR	
Bolsas de sustratos		PE, PP	
Cajas de plástico		PE	
Garrafas de agroquímicos		HDPE	
Bandejas		PE, HDPE	
Semilleros		PP, PS	
Bolsas para macetas		PP, PE	
Contenedores		HDPE	

### 15.6.2 Agricultura y ganadería como fuente de plásticos

En las principales actividades económicas que se desarrollan en estos municipios se utilizan gran variedad de artículos de plásticos, en la ganadería tienen diversas aplicaciones (plásticos para ensilar (PEAD), cuerdas (PP, PE, PL, PA), garrafas de productos de limpieza (PEAD, PET), envolturas de alimentos (PE, PP) contenedores de alimento (PET, PEAD) entre otros. En la agricultura se utilizan materiales como acolchados (PE), canalizadores de agua (PVC), tuberías de riego (PVC), bolsas de sustratos (PE, PP), garrafas de agroquímicos (PET, PEAD), bandejas (PE, PEAD),

semilleros (PP, PS) por nombrar algunos, en las zonas de estudio estos desechos suelen ser depositados en tiraderos a cielo abierto los cuales pueden ser movilizados por el viento y/o corrientes de agua y fragmentarse hasta su llegada a las costas.

### **15.6.3 Residuos sólidos urbanos**

La población que se localiza en los municipios de la zona de estudio equivale a 125, 751 personas (INEGI, 2020), las cuales generan un total de 30300.9 toneladas anuales de residuos sólidos urbanos (RSU). De acuerdo con INEGI, 2012 el plástico presente en los RSU corresponde al 9.2% lo que equivaldría a 2787.68 toneladas de plástico anuales, los cuales se disponen mayormente en tiraderos a cielo abierto, por lo que los residuos pueden ser movilizados cuenca abajo por corrientes de agua y por el viento y fragmentarse mecánicamente.

### **15.6.4 Pesca**

En la zona de Nautla y Vega de Alatorre existen diferentes cooperativas pesqueras que aprovechan los recursos de las lagunas costeras y de pesca tradicional en las playas. Dentro de los dispositivos de pesca que se encuentran elaborados con plástico se encuentran: redes, señuelos, hilos de pescar, hieleras y recipientes entre otros.

### **15.6.5 Ríos en la zona de estudio**

En la zona de estudio se encuentra entre las desembocaduras de los ríos Colipa y Misantla, este último es considerado de respuesta rápida (GOE, 2021), es decir aquellos que ante la presencia de lluvias importantes producen avenidas súbitas. Estos ríos realizan arrastran sedimentos y residuos desde las partes altas hasta la desembocadura, por lo cual podrían ser un aporte importante de residuos. También se encuentran diferentes escorrentías que pueden contribuir al aporte, el 1% del territorio está constituido por cuerpos de agua perennes que se localizan a lo largo del cauce principal variando en altitudes de 1 a 72 msnm (Rieman, 2015). Yonko et al (2014) mencionan que encontraron una mayor cantidad de microplásticos después de lluvias considerables, por lo que pudiera ser un factor que afecte la zona de estudio.

### 15.6.7 Factores que movilizan los MPs

La dinámica costera y los factores hidrodinámicos característicos de las playas de Nautla fungen un papel importante para la movilización de microplásticos. La temporada en que se realizó el muestreo (otoño) es donde se presentan vientos más fuertes y provienen de los sectores norte y nor noreste. Con respecto al oleaje, los oleajes persistentes arriban con componente noreste y los más intensos con componente norte (especialmente de otoño a invierno) (Lithgow et al., p. 15). Lithgow y colaboradores refieren que la dinámica sedimentaria es longitudinal de Norte a sur. El transporte de sedimentos es inducido por la deposición sedimentaria del oleaje en la zona de lavado y el transporte tierra adentro por el viento (p, 30). Por el tamaño y peso de los microplásticos estos pueden seguir la dinámica sedimentaria y ser movilizados en la misma dirección y ser depositados en la zona de dunas.

En cuanto a las corrientes marinas, la circulación es de norte a sur de septiembre a marzo y de sur a norte durante los meses restantes, alcanzando una velocidad media mensual de  $0.70 \text{ ms}^{-1}$  (Zavala-Martínez et al., 2003). Lo que indica que el transporte de microplásticos puede venir de estados y países de sur o norte dependiendo la temporada.

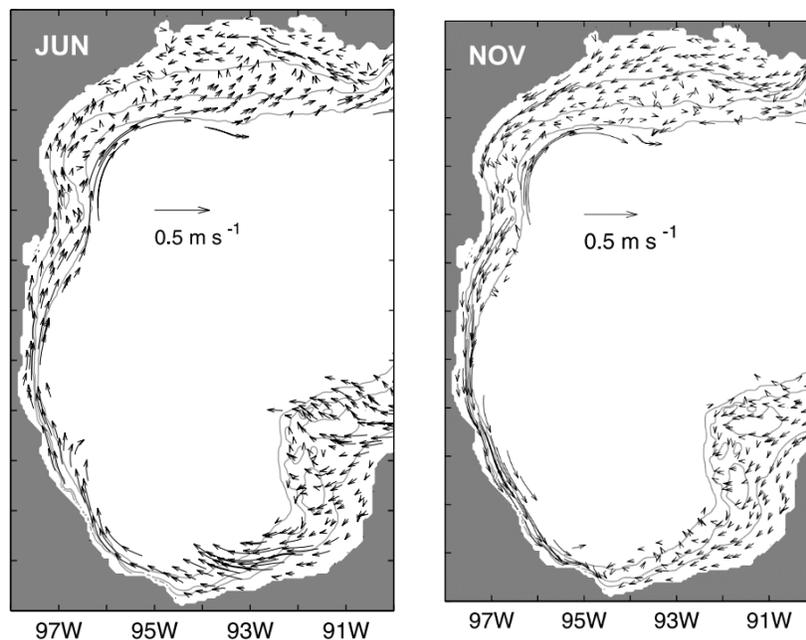


Figura 29. Circulación de las corrientes marinas superficiales de acuerdo con Zavala-Martínez et al. 2003

## 15.8 Discusión

Las playas de Nautla y Vega de Alatorre presentan una abundancia de microplásticos en MP/m<sup>2</sup> menor que la reportada por Cruz y colaboradores (Cruz et al, 2020) en playas de la misión, Baja California, ellos reportan de 141-1657 MP/m<sup>2</sup>, sin embargo, presenta una mayor cantidad que encontrado en Mazatlán, Sinaloa (4-36 MP/m<sup>2</sup>) y una cantidad similar a lo identificado en Holbox, Quintanar Roo, por Cruz et al., 2022.

Con respecto a MP/kgss la cantidad de microplásticos encontrada en el presente estudio es similar a lo que reporta (1.06 MP/Kgss) Cruz y colaboradores en playas de Zipolite, Oaxaca, la cual es una zona cercana al sitio de anidación de tortuga Golfina, en comparación con otros estudios (Rosado et al, 2018., Piñón et al, 2018; Álvarez et al, 2020) la cifra encontrada es baja.

Con respecto al color el 47% de los plásticos encontrados fueron de color blanco lo cual coincide con la mayoría de los estudios revisados en el Cuadro (), de acuerdo con () el color blanco es susceptible de ser consumido por diversas especies de peces pues lo confunden con su alimento.

Por otro lado, la forma de los microplásticos que se encontró en mayor proporción fueron los fragmentos con un 65% del total, lo cual coincide con lo que reportan Cruz salas y Ríos et al, 2021. La forma da información del origen de los microplásticos en el caso de los frafmentos nos indica que son de origen secundario y también nos da una idea del tiempo que llevan en el ambiente.

El tamaño de los microplásticos predominante en el presente estudio fue 4-5 mm en contraste con lo que reportan los demás autores. En el caso del presente estudio una limitante fue que no se consideraron los microplásticos menores a 1 mm, el tamaño está relacionado con la disponibilidad de estos contaminantes en ser consumidos por diversas especies, entre más pequeño sea el microplásticos será más fácil de ingresar a la cadena alimenticia y de biomagnificarse.

Con respecto a las fuentes de origen de microplásticos principalmente son los ríos Misantla y Colipa los cuales son considerados de respuesta rápida (GOE, 2021; Rieman, 2015), hay pendientes considerables que permiten el arrastre de sedimentos desde la parte alta lo que ocasiona los residuos se desgasten y fragmenten hasta llegar a las desembocaduras, lo que da como resultado que la mayor parte de microplásticos sean de origen secundario.

Otra fuente que contribuye a la cantidad de microplásticos presentes en la zona intermareal son las corrientes marinas, en el caso de la zona de estudio la corriente que tiene influencia en la circulación es la corriente del lazo, esta podría ser la razón por la que se identificaron MPs primarios, los cuales pudieron provenir de puertos marítimos como Veracruz o Coatzacoalcos donde también se encuentran industrias de fabricación de estos materiales ya que en el área de estudio no hay industrias de este tipo.

Cuadro 9. Microplásticos reportados por diversos autores en playas de México

Lugar	MP/m <sup>2</sup>	MP/kgss	Color	Forma	Tamaño	Polímero	Autor
Tuxpan, Veracruz	---	93	Blanco (30%)	Rígido (80%)		PE (74%)	Rosado et al, (2018)
Zipolite, Oaxaca	---	1.06	Azul (35%)	Fibras (47%)	1-2 mm (67%)	---	Cruz et al., 2020
La misión, Baja California	141-1657	---	Blanco (47%)	Fragmentos (33%)	1-2 mm (57%)	---	Cruz et al., 2020
Mazatlán, Sinaloa	4-36	---	Blanco (59-80%)	Fragmentos (40-54%)	---	---	Ríos et al., 2021
Rosarito, Baja California	-----	206-408		Fibras (91.9%)	---	---	Piñón et al., 2018
Coatzacoalcos, Veracruz	---	212.1 ± 101.8 M	Blanco (70%)	Fragmentos (47%)	0.5-1 mm (51.6%)	---	Álvarez et al., 2020
Holbox, Quintana Roo	49.37		Blanco	Fragmentos 65%	1-5 mm		Cruz-Salas et al., 2022
<b>Nautla y Vega de Alatorre, Veracruz</b>	<b>55.36</b>	<b>1.08</b>	<b>Blanco (47%)</b>	<b>Fragmentos (34%)</b>	<b>1-2 mm (33%)</b>	<b>---</b>	<b>Presente estudio</b>

El aporte de fibras puede deberse al material sintético en las prendas de vestir que se liberan durante el lavado de ropa, además de que la mayoría de los municipios que se encuentran en las cuencas no cuentan con plantas de tratamiento de aguas residuales y las que existen no cuentan con un filtro para evitar que las fibras se liberen en las descargas.

Con referencia a la distribución de los MP en la zona de playa donde se encontró una mayor abundancia de microplásticos entre 4-5 mm se identificó la pleamar lo cual coincide con lo que reporta Villanova y colaboradores, quienes atribuyen a que debido al peso requieren un mayor esfuerzo del agua para ser arrastrados y cuando estos se sitúan en la pleamar es difícil que vuelvan a ser movilizados por el arrastre de las olas, mientras que los plásticos de menor tamaño son fácilmente arrastrados.

## 16. CONCLUSIONES

Se evaluó la distribución de los MPs en la zona intermareal de las playas de El Raudal evidenciando la presencia de MPs en los cinco puntos de muestreo, se encontró una mayor presencia en la baliza 32 la cual corresponde a Playa Navarro, donde su principal característica es la cercanía de la desembocadura del río Bobos, la presencia de turismo, pesca y actividades que puedan generar MPs. Con respecto a la zona mareal la mayor cantidad de partículas se identificaron en la pleamar, siendo la zona de bajamar la que tuvo menor cantidad.

Se caracterizó la abundancia de los MPs en la zona intermareal, de acuerdo con color, forma y tamaño. El color más abundante fue el blanco, seguido del transparente, la forma predominante fueron los fragmentos mientras que el tamaño más representativo fueron los de tamaños de 1 a 4 mm.

Por otro lado, con respecto a las fuentes de contaminación de los microplásticos, se identificaron las fuentes de contaminación de MPs que influyen en la movilización y en la generación de estos contaminantes, diversos factores como los ríos los cuales desplazan los MPs desde las partes altas de la cuenca, aunado a la falta de plantas de tratamiento de aguas residuales, los tiraderos a cielo abierto y la ganadería y agricultura que se desarrollan cuenca arriba, de manera puntual, el turismo, la pesca, los hoteles a orilla de playa aportan residuos plásticos a la zona costera. Las corrientes también son un factor importante para la movilización de microplásticos ya que la presencia de pellets indica que han sido arrastrados por zonas donde hay fábricas o pudieran transportarse en zonas portuarias como el caso del puerto de Tuxpan principalmente.

## 17. RECOMENDACIONES

La técnica utilizada en la elaboración de este trabajo fue elegida para obtener la mayor cantidad de datos, debido a que una de las limitantes en la comparación de resultados son las unidades que se reportan, por lo que es necesario estandarizar una técnica para que los trabajos enfocados al monitoreo de estos contaminantes permitan comparar con diferentes estudios, asimismo es importante que surjan políticas públicas sobre el manejo de residuos plásticos y aunque en el estado de Veracruz ha prohibido los plásticos de un solo uso como bolsas y popotes, aún es importante legislar sobre el uso de unicele y botellas de PET.

Por otro lado, la población también debe concientizarse sobre este grave problema, ya que actualmente no hay estrategias para la limpieza de microplásticos en playas, por lo que la prevención es la mejor herramienta para evitar que lleguen al mar.

Es necesario llevar un monitoreo constante de estos contaminantes en la zona de Nautla-Vega de Alatorre considerando diferentes temporadas para verificar que la cantidad de microplásticos presenten no ponga en riesgo a las especies de tortugas que anidan en esas playas.

Por otro lado debido a la actividad ganadera y agrícola que se desarrolla cuenca arriba es necesario realizar un estudio de contaminantes asociados a los microplásticos, ya que pudieran presentarse contaminantes como organoclorados, pesticidas entre otros, debido a que una vez que los contenedores se vacían son desechados sin un manejo adecuado o incluso se incineran.

## 18. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alarcon, F., & Anabel, C. (2020). Contaminación por microplásticos en individuos de la especie *Sciaena deliciosa* "Lorna" obtenidas del puerto de Huacho-2018.
2. Alvarez-Zeferino, Juan Carlos, Cruz-Salas, Arely Areanely, Vázquez-Morillas, Alethia, & Ojeda-Benitez, Sara. (2020). METHOD FOR QUANTIFYING AND CHARACTERIZATION OF MICROPLASTICS IN SAND BEACHES. Revista internacional de contaminación ambiental, 36(1), 151-164. Epub December 22, 2020. <https://doi.org/10.20937/rica.2020.36.53540>
3. Beltrán, M. (2011). Tema 2. Tipos de plásticos, aditivación y mezclado. Tecnología de los Polímeros.
4. Beltrán Barrón, N.D. 2018. Identificación de señales atrapadas al talud en el Golfo de México relacionadas con la Corriente de Lazo y sus remolinos a partir de simulaciones numéricas. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California. 34 pp
5. Bernache, Gerardo (2011). Cuando la basura nos alcance. El impacto de la degradación ambiental. México: CIESAS, 551, p.
6. B. J. L. Laglbauer et al., "Macrodebris and microplastics from beaches in Slovenia," Mar. Pollut. Bull., vol. 89, no. 1–2, pp. 356–366, Dec. 2014. doi: 10.1016/J.MARPOLBUL.2014.09.036.
7. Bravo-Inclán, L., Saldaña-Fabela, P., Izurieta-Dávila, J., & Mijangos-Carro, M. (2009). La importancia de la contaminación difusa en México y en el mundo.
8. Boll, 2020. Atlas del Plástico. Disponible en <https://mx.boell.org/es/2020/12/06/atlas-del-plastico>
9. Buteler, M. (2019). ¿Qué es la contaminación por plástico y por Qué nos afecta a todos?.
10. Carriquiriborde, P. (2021). Principios de Ecotoxicología. Libros de Cátedra.
11. C. M. Boerger, G. L. Lattin, S. L. Moore, and C. J. Moore, "Plastic ingestion by planktivorous fishes in the North Pacific Central Gyre," Mar. Pollut. Bull., vol. 60, no. 12, pp. 2275–2278, Dec. 2010.

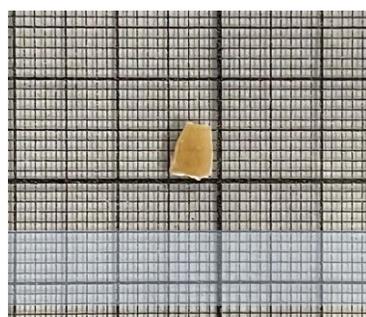
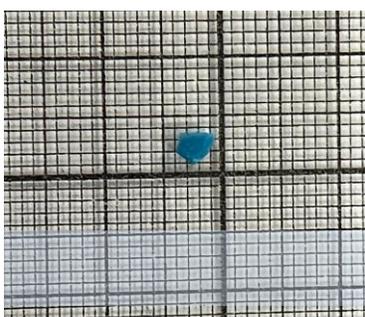
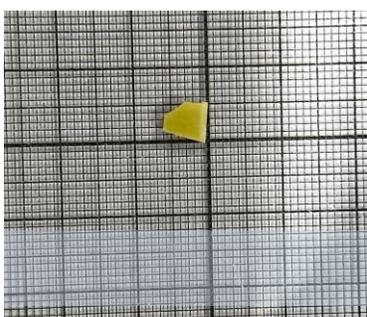
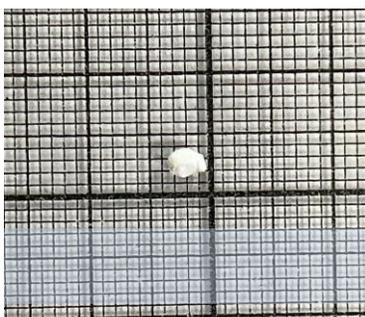
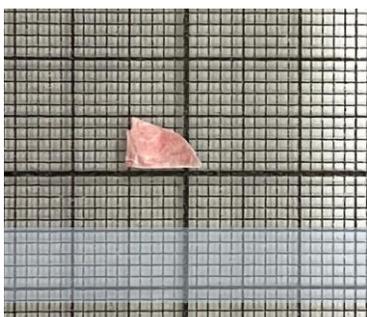
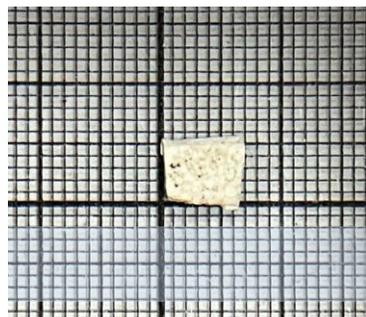
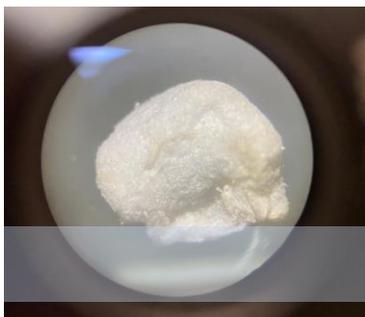
12. Cruz-Salas, A., Alvarez-Zeferino, J., Martínez-Salvador, C., Enríquez-Rosado, M., Gutiérrez-Ortiz, M., Vázquez-Morillas, A., & Ojeda-Benitez, S. (2020). Cuantificación y caracterización de microplásticos y residuos sólidos urbanos en playa Zipolite, Oaxaca. *Ciencia y Mar*, 24(71), 3-21.
13. Frías, A. C., Lema, I. I., & García, A. G. (2003). La situación de los envases de plástico en México. *Gaceta ecológica*, (69), 67-82.
14. Guamán Chacha, K. A., Hernández Ramos, E. L., & Lloay Sánchez, S. I. (2020). El positivismo y el positivismo jurídico. *Revista Universidad y Sociedad*, 12(4), 265-269.
15. Herrera, A., Liria Loza, A., Ostiategui, P., & Gómez, M. (2017). Los microplásticos: la amenaza de los ecosistemas marinos. *Okeanos*
16. INEGI, 2020
17. Mendoza Muñoz, N. (2018). Adsorción de contaminantes en microplásticos en ambientes marinos (Master's thesis, Universidad Autónoma Metropolitana (México). Unidad Azcapotzalco. Coordinación de Servicios de Información.).
18. Morillas, A. V., Salas, A. A. C., Zeferino, J. C. A., Piña, V. L. R., & Beltrán, M. Monitoreo de microplásticos en playas.
19. Nuelle, M. T., Dekiff, J. H., Remy, D., & Fries, E. (2014). A new analytical approach for monitoring microplastics in marine sediments. *Environmental pollution*, 184, 161-169.
20. Noria (2017, noviembre 10). Beneficios del análisis FTIR. Recuperado de <https://bit.ly/2Q40owY>
21. ONU (2019) Compromiso mundial para reducir los plásticos de un solo uso. Disponible en <https://news.un.org/es/story/2019/03/1452961>
22. Ortiz Lozano, L. D., Arceo Briseño, P., Granados Barba, A., Salas Monreal, D., & Jiménez Badillo, M. D. L. (2010). Zona costera.
23. Pérez, J. (2015). El Positivismo y la investigación científica. *Revista empresarial*, 9(3), 29-33
24. Posada Bustamante, B. (1994). La degradación de los plásticos. *Revista Universidad EAFIT*, 30(94), 67-86.
25. Purca, S., & Henostroza, A. (2017). Presencia de microplásticos en cuatro playas arenosas de Perú. *Revista peruana de biología*, 24(1), 101-106.
26. Rezania, S., Park, J., Md Din, M., Mat Taib, S., Talaiekhosani, A., Kumar Yadav, K. y Kamyab, H. (2018). Microplastics pollution in different aquatic environments and

biota: A review of recent studies. *Marine Pollution Bulletin*, 133, 191–208.  
<https://doi.org/doi:10.1016/j.marpolbul.2018.05.022>

27. Ruiz Serrano, J. B. (2021). Evidencia de la presencia de microplásticos en agua, sedimento y tracto digestivo de Tilapia (*Oreochromis Aureus*) proveniente de la laguna de Catemaco, Veracruz.
28. SEDEMA (2020)
29. Stolte, A., Forster, S., Gerds, G., & Schubert, H. (2015). Microplastic concentrations in beach sediments along the German Baltic coast. *Marine Pollution Bulletin*, 99(1-2), 216-229.
30. Tintoré Pujol-Soliano, B. (2016). Abundancia y distribución de microplásticos y posibles impactos sobre el roccual común (*Balaenoptera physalus*) en las costas del Garraf.
31. UNEP - United Nations Environment Programme. 2014. Micro plastics. Nairobi, Kenia. 8p.
32. Vergara Sánchez, G. (2015). Propuesta para el manejo de los residuos sólidos en las playas de Nautla, Veracruz para conservar los sitios de anidación de las tortugas marinas.
33. Villanova Solano, C., Romero Peral, F., Fernández Martín, S., Muñoz Molina, M., & Álvaro Berlanga, S. (2019). Estudio de la abundancia de microplásticos en doce playas de la isla de Tenerife (Islas Canarias)

## 19. APÉNDICE

### 19.1 Memoria fotográfica de los microplásticos encontrados en el presente estudio



## 19.2 Estancia de investigación en el Centro Veracruzano de Investigación y Conservación de la Tortuga Marina.



VERACRUZ  
GOBIERNO  
DEL ESTADO



SEDEMA  
Secretaría de  
Medio Ambiente

DGGARN  
Dirección General de  
Gestión Ambiental y  
Recursos Naturales

Xalapa-Equez., Ver. a 15 de Diciembre de 2021

Por medio de la presente, la Dirección General de Gestión Ambiental y Recursos Naturales de la Secretaría de Medio Ambiente - SEDEMA del Gobierno del Estado de Veracruz, se complace en hacerle entrega del presente reconocimiento a:

**C. Clara Ivonne Ruiz Reyes**

Por su destacada participación durante su **ESTANCIA DE INVESTIGACIÓN** dentro del proyecto "Protección y conservación de la tortuga marina en el Centro Veracruzano de Investigación y Conservación de la Tortuga Marina (CVICTM) con perspectiva de aprovechamiento en el sector de turismo sustentable", financiado por la Secretaría de Finanzas y Planeación (SEFIPLAN), así como por su gran compromiso y dedicación hacia las actividades que coadyuvan a continuar salvaguardando la vida silvestre de nuestro país, y las tortugas marinas que anidan en costas Veracruzanas.

Esta Secretaría de Medio Ambiente reconoce y aplaude su participación en el periodo del 01 al 30 de noviembre de 2021 en el CVICTM, ubicado en la localidad de Raudal de las Flores, Nautla, Veracruz.

**ATENTAMENTE**

**Mtra. Elida Reyes Fentanes**

Directora General de Gestión Ambiental  
y Recursos Naturales



Francisco I. Madero No. 3, Zona Centro  
C.P. 91000 Xalapa, Veracruz  
Tel: 01 228 818 1111  
[www.veracruz.gob.mx/medioambiente](http://www.veracruz.gob.mx/medioambiente)



**19.3 Presentación Oral en el simposio RECORECOS con el tema Microplásticos en playas de la zona de anidación de tortugas de Vega de Alatorre y Nautla, Veracruz.**

**7.º SIMPOSIO**  
**REcorecos**  
Red para el conocimiento de los recursos costeros del sureste

La Red para el Conocimiento de los Recursos Costeros del Sureste otorga el presente

# RECONOCIMIENTO

a

**Clara Ivonne Ruiz Reyes, Fabiola Lango Reynoso,  
María del Refugio Castañea Chávez**

por la presentación de la ponencia *Microplásticos en playas de la zona de anidación de tortuga de Vega de Alatorre y Nautla, Veracruz*, en el marco del 7º Simposio Recorecos, llevado a cabo del 20 al 24 de junio de 2022.

  
Dr. Xavier Chiappa Carrara  
Coordinador de la Red para el Conocimiento de los Recursos Costeros del Sureste  
RECORECOS

Logos of participating institutions: UNAM, HÉRIDA, CICY, Cimatam, EPOMEX, Anáhuac, and others.

## 19.4 Presentación Oral en el “Primer Simposio Mexicano de Contaminación por plásticos”.



La Universidad Veracruzana y The University of Texas Marine Science Institute otorgan la presente

# CONSTANCIA

a: **Citlalmína Morales Jiménez, Clara Ivonne Ruíz Reyes, Belén Anahy Estrella Jordan, Derian Javier del Ángel Guzmán, María del Refugio Castañeda Chávez, Fabiola Lango Reynoso**

por su participación con la ponencia:  
**Implementación del Programa de Educación Ambiental “Aprender para Cuidar el Mar” en el 1er. Simposio Mexicano de Contaminación por Plásticos.**

Boca del Río Veracruz, 28 de septiembre de 2022.

  
Horacio Pérez España  
Presidente del comité organizador  
Universidad Veracruzana

  
Jace Tunnell  
Director, Mission-Arkansas National Estuarine Research Reserve  
University of Texas Marine Science Institute



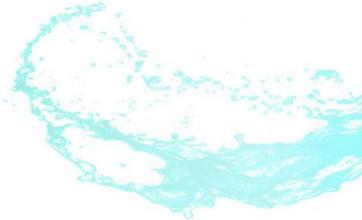
## 19.5 Participación en revista Impluvium Contaminantes Emergentes en el Agua: Causas y Efectos.



Impluvium, Publicación Digital de la Red del Agua UNAM ..... Número 17, Contaminantes emergentes en el agua: Causas y efectos

### DE LOS MACRO A LOS MICROPLÁSTICOS: UN CONTAMINANTE EMERGENTE

BELEM ANAHY ESTRELLA JORDAN  
CLARA IVONNE RUIZ REYES  
FABIOLA LANGO REYNOSO  
MARÍA DEL REFUGIO CASTAÑEDA CHÁVEZ  
TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO / INSTITUTO TECNOLÓGICO DE BOCA DEL RIO



#### Resumen

Los materiales plásticos son ideales para un sin fin de aplicaciones, pero su uso intensivo ha ocasionado su acumulación en el ambiente y ello, a su vez, genera diversos impactos negativos para los ecosistemas, principalmente los acuáticos, convirtiéndose en un tema de preocupación a nivel mundial. Debido a la deficiente gestión de los residuos, su persistencia en el ambiente y el uso de malas prácticas, los plásticos se encuentran en todo el planeta. A pesar de su resistencia, este material es sometido a diversos mecanismos físicos, químicos y biológicos que lo fragmentan y dan lugar a los microplásticos.

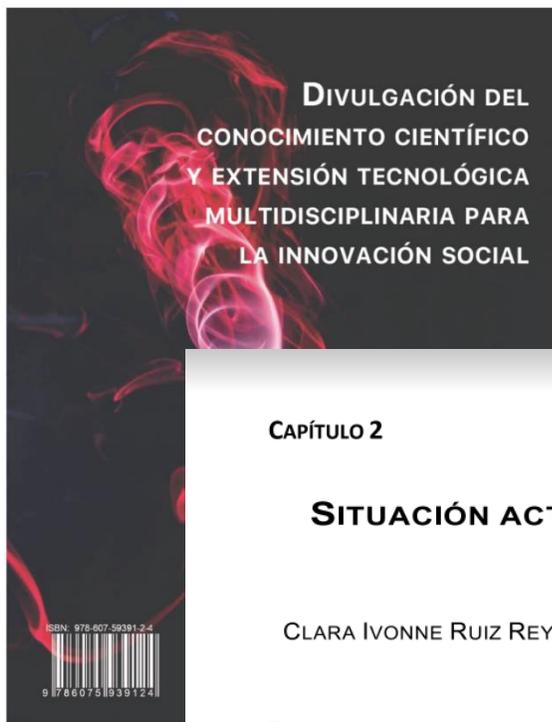
#### Introducción

Éstos son considerados como contaminantes emergentes, por lo tanto, este texto tiene como objetivo explorar la afectación de estos contaminantes a los ecosistemas acuáticos.

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas (2021), el 85 % de los residuos que llegan a los océanos son plástico y gran parte de éstos corresponde a artículos de un solo uso, como bolsas, vasos, botellas, entre otros. Generalmente están constituidos por diferentes polímeros; los más utili-

34

## 19.6 Participación en libro **Divulgación del Conocimiento Científico y Multidisciplinario**



### CAPÍTULO 2

BIOTECNOLOGÍA Y DESARROLLO SOSTENIBLE

## **SITUACIÓN ACTUAL DEL ESTUDIO DE MICROPLÁSTICOS EN MÉXICO**

CLARA IVONNE RUIZ REYES<sup>1</sup>, BELEM ANAHY ESTRELLA JORDAN<sup>2</sup>, FABIOLA LANGO REYNOSO<sup>3</sup>,  
OSWALDO GUZMÁN LÓPEZ<sup>4</sup>.

### **Resumen**

La contaminación por microplásticos (MPs) es un tema que ha cobrado relevancia los últimos años, su presencia en las diferentes esferas ambientales y su resistencia a la degradación los hacen objeto de investigación a nivel mundial, el objetivo de este trabajo fue revisar el estado actual de las investigaciones en México; se identificaron 29 estudios sobre el tema, dentro de los cuales la mayoría de las investigaciones se centran en identificar y caracterizar MPs en playas, seguido de estudios en especies, siendo los peces los que representan un mayor interés; también se identificó que los estudios se han incrementado considerablemente respecto al 2016, por lo que se espera que se abran nuevas líneas de investigación, orientándose hacia la interacción de MPs con otros contaminantes como los compuestos orgánicos persistentes, hidrocarburos totales del petróleo, microorganismos patógenos, así como estudios sobre degradación de MPs.

**Palabras clave:** Investigaciones, Contaminación marina, Fragmentos, Plásticos.

### **Abstract**

Contamination by microplastics (MPs) is a topic that has become relevant in recent years, its presence in different environmental spheres and its resistance to degradation make it the subject of research worldwide, the objective of this work was to review the current state of the investigations in Mexico; 29 studies on the subject were identified, within which most of the research focuses on identifying and characterizing MPs on beaches, followed by studies on species, with fish representing the greatest interest; It was also identified that the studies have increased considerably compared to 2016, so it is expected that new lines of research will be opened, focusing on the interaction of PMs with other pollutants