



**Análisis preliminar de microplásticos asociados al bivalvo *Isognomon alatus*  
en Cartagena, Caribe Colombiano.**

**PRESENTADO POR:**

Nicol Jullyann Pusey Franco

**UNIVERSIDAD DEL SINÚ E.B.Z SECCIONAL CARTAGENA  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y BIOTECNOLÓGICAS  
ESCUELA DE BIOLOGÍA MARINA  
CARTAGENA, COLOMBIA.**

**2022**



**Análisis preliminar de microplásticos asociados al bivalvo *Isognomon alatus*  
en Cartagena, Caribe Colombiano.**

**Presentado por:**

Nicol Jullyann Pusey Franco

**Director de Proyecto:**

Dra. Patricia Romero Murillo

**UNIVERSIDAD DEL SINÚ E.B.Z SECCIONAL CARTAGENA  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y BIOTECNOLÓGICAS  
ESCUELA DE BIOLOGÍA MARINA  
CARTAGENA, COLOMBIA.  
Agosto, 2022**

## **AGRADECIMIENTOS**

Estoy muy agradecida con mis padres Nicolás Pusey y Luz Marina Franco, por su apoyo y todos los esfuerzos brindados durante este tiempo de carrera, por cumplir mis metas. No obstante, a mis familiares y amigos por estar en cada momento difícil y no dejar que me detuviera en la vida como profesional.

A mis docentes de la Escuela por aportar sus conocimientos para mi formación.

A la Universidad del Sinú Seccional Cartagena por su gran aporte con todos los implementos de laboratorio para procesar mis muestras.

A mi gran docente la Dra. Patricia Romero Murillo y a la Profesora. Eugenia Arrieta por su tiempo y dedicación, por hacer parte de la construcción de mi proyecto de grado.

**“Lo único imposible es aquello que no intentas.” Autor: María Voronina**

## TABLA DE CONTENIDO

<a href="#">INTRODUCCION</a> .....	6
1. <a href="#">PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</a> .....	10
1.2 <a href="#">OBJETIVOS</a> .....	11
1.2.1 <a href="#">General</a> .....	11
1.2.3 <a href="#">Específicos</a> .....	11
2. <a href="#">MARCO REFERENCIAL</a> .....	12
2.1 <a href="#">Marco teórico</a> .....	12
2.2 <a href="#">Estado del arte / antecedentes</a> .....	14
3. <a href="#">METODOLOGÍA</a> .....	17
3.1 <a href="#">Diseño muestral</a> .....	17
3.2 <a href="#">Área de estudio</a> .....	17
3.4 <a href="#">Método de campo</a> .....	19
3.5 <a href="#">Análisis químico</a> .....	20
3.6 <a href="#">Análisis estadístico de datos</a> .....	20
4. <a href="#">RESULTADOS</a> .....	22
5. DISCUSIÓN .....	27
6. <a href="#">CONCLUSIONES</a> .....	26
7. BIBLIOGRAFÍA.....	30

## LISTADO DE FIGURAS Y TABLAS

### Figuras

**Figura 1.** Marine Litter Vital Graphics (Fabres *et al.*, 2016)

**Figura 2.** Posibles vías para el transporte de microplásticos (Wright *et al.*, 2013)

**Figura 3.** Mapa de la Bahía de Cartagena y puntos de recolección previa, tomada de GoogleEart

**Figura 4.** Vista externa de ejemplares de la ostra de mangle *I. Alatus*.

**Figura 5.** Metodología para obtención de microplásticos en *I. alatus*.

**Figura 6.** Diagrama circular de presencia de Microplásticos por zona.

**Figura 7.** Items por peso del tejido blando del organismo (/Items/g) con respecto a los sitios evaluados

**Figura 8.** Diagrama de barras distribución de formas de Micróplásticos por zona

### Tablas

**Tabla 1.** Identificación de microplásticos a través del microscopio

## Resumen

Este trabajo se realizó con el fin de determinar e identificar la presencia de microplásticos en los bivalvos de la especie *Isognomon alatus*. Esta especie se caracteriza por ser tolerante a diferentes cambios y a diversos tipos de contaminantes que se pueden encontrar frecuentemente en los ecosistemas marinos de manglar. Estos organismos tienen cierto potencial de interés comercial en diferentes regiones del Caribe colombiano, ya que se utilizan para el consumo.

Se realizó el estudio una partir de la recolección de bivalvos de la especie *I. alatus* en Ciénaga Honda, Ciénaga de los Vásquez y Ciénaga de la virgen en la bahía de Cartagena. Posteriormente, se realizó un proceso de digestión de materia orgánica con KOH al 10%, para determinar la presencia de microplásticos dentro del tejido de estos, con la metodología aplicada se identificó la forma y color de microplásticos presentes en cada uno de los individuos estudiados. Por último, en las zonas estudiadas se identificó mayor influencia de fibras y fragmentos en los organismos con una talla promedio de  $22,65 \pm 9,84$  mm y un peso de  $6,82 \pm 1,21$ g. La mayor contaminación por microplásticos se encuentra en uno de los puntos cercanos al canal del Dique, lo cual presenta mayor influencia de partículas. De acuerdo con la abundancia de microplásticos en el tejido blando de *I. alatus* por sitio, C. Honda presento mayor abundancia de microplásticos, seguido de C. de la Virgen y C. Vásquez con menor presencia de partículas en el tejido de los organismos evaluados. En conclusión, cada una de las zonas estudiadas presentan partículas microplásticas en el tejido de los organismos, con mayor presencia en C. Honda lo que indica que los alrededores del del Dique presentan contaminantes plásticos.

**Palabras claves:** Microplásticos, *Isognomon alatus*, bivalvos, Caribe colombiano

### **Abstract**

This work was carried out in order to determine and identify the presence of microplastics in the bivalves of the *Isognomon alatus* species. This species is characterized by being tolerant to different changes and to various types of pollutants that can be found frequently in mangrove marine ecosystems. These organisms have a certain potential of commercial interest in different regions of the Colombian Caribbean, since they are used for consumption.

The study was carried out starting from the collection of bivalves of the species *I. alatus* in Ciénaga Honda, Ciénaga de los Vásquez and Ciénaga de la Virgen in the bay of Cartagena. Subsequently, a process of digestion of organic matter with 10% KOH was carried out to determine the presence of microplastics within their tissue, with the applied methodology the shape and color of microplastics present in each of the individuals studied were identified. Finally, in the studied areas, a greater influence of fibers and fragments was identified in organisms with an average size of  $22.65 \pm 9.84$  mm and a weight of  $6.82 \pm 1.21$ g. The greatest contamination by microplastics is found in one of the points close to the Dique channel, which presents a greater influence of particles. According to the abundance of microplastics in the soft tissue of *I. alatus* by site, C. Honda presented the highest abundance of microplastics, followed by C. de la Virgen and C. Vásquez with the lowest presence of particles in the tissue of the organisms evaluated. . In conclusion, each of the areas studied present microplastic particles in the tissue of the organisms, with a greater presence in C. Honda, which indicates that the surroundings of the Dock have plastic contaminants.

**Keywords:** Microplastics, *Isognomon alatus*, bivalves, Colombian Caribbean

## INTRODUCCION JUSTIFICADA

Actualmente se cuenta con registros de consumo de plástico, que revelan un incremento de 1,5 millones Tm/año en 1950 a 280 millones de toneladas anuales de plástico al año para el 2011 (PlasticsEurope, 2012). En Chile, los registros para el 2014 de consumo de plástico anual fueron de casi 900.000 toneladas (Asipla, 2015) En Colombia, el sector plástico genera aproximadamente 1,2 millones Tm/año, con altas ventas de 15 a 17 billones derivados de materia prima. (Oliveros y Zambrano, 2020).

Los impactos de los desechos plásticos en las especies marinas son ampliamente reportados (Gregory, 2009); hasta ahora, se sabe que más de 660 especies marinas en todo el mundo se ven afectadas por los desechos plásticos (GESAMP, 2016)

Todas las partículas de contaminantes de plástico entran en el medio marino principalmente desde fuentes terrestres. Por ej. a través de los ríos o desechos que se dejan directamente en la playa, etc.) Pero también pueden entrar por actividades marítimas como por ejemplo la pesca y por las actividades en infraestructuras marinas como las plataformas petrolíferas o las piscifactorías. (Elías, 2015).

Las mayores entradas de residuos plásticos en el medio marino se producen en zonas pobladas o en áreas industriales. La predominancia de residuos plásticos entre la basura marina varía entre el 60% y el 80% (Derraik, 2002).

Uno de los impactos a nivel mundial que recientemente está incrementando y representa un peligro para la vida marina es la contaminación por microplásticos en los océanos, ya que se ha podido comprobar que la contaminación por parte de estas micropartículas de plástico es muy elevada. (Rochman *et al.*, 2015; De la Sota, 2017). Estas partículas debido a su naturaleza ligera y duradera se han convertido en un elemento frecuente y extendido de la basura marina que puede llegar a afectar al ser humano (Macones *et al.*, 2008).

Los microplásticos se originan por la degradación de los macroplásticos; están presentes en el medio marino desde principios de la denominada era del plástico (Fossi *et al.*, 2016). Se encuentran en ecosistemas marinos y llegan a afectar toda la red trófica desde los organismos productores hasta los consumidores (**Fig. 1**) (Purca *et al.*, 2017).

Es decir todas las partículas con un tamaño inferior a 5 mm (Hidalgo-Ruz *et al.*, 2012), pueden potencialmente llegar a ser consumidas por organismos y ocasionar cambios en su desarrollo (Van Cauwenberghe y Janssen, 2014). Estas pequeñas dimensiones de microplásticos están disponibles para su ingestión en una gran variedad de organismos planctónicos, como copépodos, estadios larvarios de moluscos, decápodos y equinodermos (Cole *et al.*, 2011).

Es importante determinar la presencia de microplásticos en el ambiente marino ya que estos residuos se acumulan en los ecosistemas y pueden afectar a todos los organismos vivos, estos pueden provenir de diferentes ecosistemas fluviales, llegando finalmente a la costa (Barnes *et al.*, 2009).

Uno de los ecosistemas que se ve más afectado por la presencia de estas partículas es el manglar. Allí habitantes como los moluscos y en especial los bivalvos pueden consumirlas (Baltazar *et al.*, 2021). Por tanto, los microplásticos llegan al tejido blando de los bivalvos a través de la filtración, al alimentarse como se observa en figura 1 (Farrell y Nelson, 2013). Por ejemplo se ha demostrado que el mejillón *Mytilus edulis*, por filtración llega a acumular microplásticos de entre 3  $\mu\text{m}$  y 9,6  $\mu\text{m}$ , que se agregan en el intestino, viajan al sistema circulatorio a los tres días y permanecen en el mejillón más de 48 horas (Browne *et al.*, 2008).



**Figura 1.** Grafico vital de la basura marina

(Fabres *et al.*, 2016)

Los bivalvos son utilizados en distintos lugares del mundo para estudios e investigaciones para la ciencia. Se distribuyen ampliamente, son sésiles, algunas especies tienen alto grado de tolerancia en medios salobres, resisten a varios contaminantes (Ismail, 2006). Además, logran ser fácilmente manipulables en laboratorio, y en el campo por sus propiedades bioacumulativas. (Wilk y Rüdiger, 2009).

Registrar microplásticos en el bivalvo *I. alatus* es de interés debido a que este organismo por ser de consumo es con frecuencia ofrecido engañosamente a los turistas como ostras de mangle, López-Ortega *et al.*, (2014) demuestran como el consumo de *I. alatus* se ha incrementado a causa de las reducciones de las poblaciones de *C. rhizophorae*, donde la principal causa es la sobreexplotación que se presenta y destrucción del manglar.

Al estudiar el bivalvo de la especie *I. alatus* se busca determinar la presencia de microplásticos en los organismos, debido a que muchas poblaciones humanas se encuentran agregadas a estas áreas de manglar donde se encuentra el bivalvo asociado principalmente a las raíces de *Rhizophora mangle* (Siung, 1980). Se considera como especie de interés debido a su proceso de bioacumulación de contaminantes, su resistencia a las variaciones de salinidad, temperatura y pH, ser abundante en las áreas costeras del Caribe, su facilidad para efectuar monitoreos para diferentes estudios (Campos *et al*, 1988).

Al informar a la comunidad la presencia de microplásticos en estos organismos se generaría más conciencia a la hora de utilizar plásticos que duran años en degradarse y suelen convertirse en pequeñas partículas las cuales son consumidas por organismos base de alimentación de algunas comunidades humanas y animales. En Cartagena principalmente no se tiene mucha información sobre contaminación por microplásticos en organismos, esto implica realizar estudios donde se analice y ayude a diagnosticar el estado actual de esta problemática, como un primer paso hacia la reducción de la contaminación marina por desechos.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **Descripción del Problema**

Se presenta un grave impacto por parte de los microplásticos en el medio marino por la transferencia a todos los ambientes. En algunos organismos como los bivalvos, se encuentran en el sistema circulatorio, cuando han ingerido partículas muy pequeñas como detritos, fitoplancton y otros (Derraik, 2002)

En Colombia, se presentan pocos estudios sobre microplásticos en organismos de acuerdo con Acosta-Coley *et al.*, (2019). En la ciudad de Cartagena de Indias se presentan fuentes principales de microplásticos que van al océano por parte de las plantas productoras y procesadoras de plásticos, donde generan nuevas fibras

microplásticas que se exponen sobre la superficie de playas, debido al deterioro asociado con las altas temperaturas y la radiación solar.

En el bivalvo *I. alatus* la información con respecto a presencia de microplásticos es nula, así que al estudiar estos organismos en los sitios seleccionados se logra aportar conocimientos a la investigación científica en Colombia.

### **Pregunta problema**

¿Se presentan microplásticos y de qué tipo en el bivalvo *I. alatus*?

### **OBJETIVOS**

#### **GENERAL**

Determinar la presencia y abundancia de microplásticos que se encuentran asociados al bivalvo *Isognomon alatus* en Cartagena, Caribe Colombiano.

#### **ESPECÍFICOS**

- Evaluar la presencia de microplásticos en *I. alatus* para las áreas determinadas.
- Caracterizar los microplásticos según su forma encontrados en el tejido blando del bivalvo.

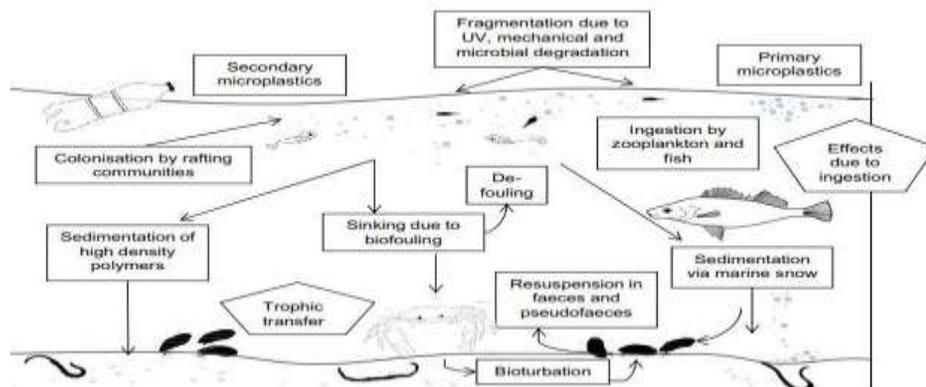
## MARCO REFERENCIAL

### MARCO TEÓRICO

El uso del plástico tiene sus orígenes en la empresa “The Horners Company” en Londres, quienes fabricaban plástico de origen natural, constituido de cuero y carey (PlasticsEurope, 2012). Luego se emplearon materiales naturales para regenerar este producto, se siguieron utilizando productos moldeables y prácticos (Andrady, 2017)

Plástico es un término general que conlleva una gama de elementos a base de polímeros, estos polímeros se mezclan con diferentes aditivos para su rendimiento, según las propiedades del producto final que son como plastificantes, antioxidantes, estabilizadores UV, lubricantes y colorantes. Varios de estos plásticos son elaborados principalmente en tres de ellos: el polietileno, el polipropileno, y policloruro ,(GESAMP, 2016)

Los microplásticos son producto de la degradación por la exposición de los macroplásticos a la radiación solar y por su fragmentación a causa de las olas (Barnes *et al.*, 2009). Son partículas demasiado pequeñas en forma de fibras, pellets y fragmentos principalmente lo cual implica ser poco observadas y estudiadas. **(Fig 2)**. (UNEP, 2014)



**Figura 2.** Posibles vías para el transporte de microplásticos (Wright *et al.*, 2013)

Son denominados partículas plásticas formadas por una composición química variable, con un tamaño de 5mm. Son constituidos por la transformación de materias primas de origen petroquímico de las industrias que utilizan plásticos como cosméticos y farmacéuticos. Además, por las corrientes que llegan a las costas y a todos los ambientes marinos. Todos estos han sido reportados por algunos estudios en las aguas oceánicas y playas alrededor del mundo (Barnes *et al.*, 2009).

Los bivalvos se alimentan por medio de sus branquias, estas son denominadas lamelibranquias. Poseen una zona de intercambio gaseoso para captar el O<sub>2</sub> del agua. Por otro lado, tiene mucus que permite captar algunas partículas presentes en el agua

como zooplancton y fitoplancton, lo cual hacen parte de su dieta alimenticia, así los bivalvos pueden ser indicadores de los procesos que se dan por contaminación en los ambientes acuáticos. (Rodríguez-Perera,. 2019).

En cuanto a *I. alatus*, este se encuentra en las raíces de manglar y se distribuye en el Caribe desde la Florida hasta Trinidad y Tobago. Esta especie resulta adecuada para control de estudios de contaminantes y evaluar lo eficiente que es al tolerar altos cambios ambientales, como la salinidad, pH y temperatura, siendo una de las especies de bivalvos abundantes en el Caribe (Chandran,2002).

## **ESTADO DEL ARTE / ANTECEDENTES**

En cuanto a la investigación realizada de microplásticos en organismos y particularmente en moluscos bivalvos hay una infinidad de estudios que van desde la determinación de la presencia de las partículas, pasando por los efectos hasta su relación con otros contaminantes (Baqueiro-Cárdenas *et al.*, 2007). De manera inicial, algunas investigaciones se han centrado en estandarizar la metodología aplicada para la obtención de microplásticos desde tejido de bivalvos, una de estas investigaciones es la de Valencia- Velasco *et al.*, (2020) en Perú quienes estandarizaron un protocolo a partir de varias metodologías ya establecidas para determinar la presencia de estas partículas en los bivalvos *Aulacomya atra* y *Choromytilus chorus*. Estos investigadores señalaron que el método más eficaz para el estudio fue la digestión de la materia orgánica con peróxido de hidrogeno ( $H_2O_2$ ), con la flotación y filtración de los microplásticos usando a *C. chorus* para esta estandarización.

Sin embargo, Thiele *et al.*, (2019) utilizó cuatro protocolos H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, KOH y enzimas Tripsina y Proteinasa-K y observar cual fue el más eficaz, utilizando la materia orgánica del bivalvo, y obtuvieron que las fibras de microplásticos son las más abundantes, mientras que los fragmentos y pelles son muy poco observados. Dado que utilizando el KOH, demostró que los tipos de microplásticos se observaron de la mejor manera y el proceso tomaba menos tiempo.

También, Van Cauwenberghe, (2014) investigó la presencia de microplásticos en dos especies de bivalvos *Mytilus edulis* y *Crassostrea gigas* que son vendidos y consumidos en las costas por gran parte de sus habitantes. Como resultado obtuvieron que la especie *M. edulis* contiene partículas microplásticas que afecta su ingesta y su desarrollo.

Por otra parte, Baltazar *et al.*, (2021), evaluaron la presencia de microplásticos en bivalvos los cuales en su mayoría son de consumo humano, donde principalmente encontraron que las partículas de microplásticos fueron de fibras como las más comunes.

Otras investigaciones se han enfocado en determinar efectos de microplásticos en bivalvos. Burgos, (2017) examinó los efectos de la ingesta de microplástico en el balance energético de *C. chorus* en el ambiente natural y a partir de experimentos de laboratorio, sus resultados indicaron presencia de partículas de microplásticos en todos los organismos estudiados además determinaron que este llega a afectar su crecimiento.

En Colombia se han realizado pocos estudios para determinar la presencia de microplásticos en organismos en áreas costeras, especialmente en bivalvos existe un vacío de información. En peces se han llevado a cabo algunos estudios, entre estos esta Condor *et al*, (2019), donde indica que las micropartículas son confundidas como alimento por su diminuto tamaño en peces comerciales como pez espada, atún de aleta azul y atún blanco.

En un estudio por Sarria Villa *et al*, (2016) determinaron la tendencia y el aumento de uso de estas partículas, mostrando las consecuencias y riesgos por los contaminantes generados, en la comida de mar presentada en peces y moluscos; esto con el fin de reducir y eliminar todas las rutas generadas a causa de microplásticos.

Con respecto a la presencia de microplásticos en la bahía de Cartagena, Acosta & Olivero, (2014.) realizaron una caracterización de microplásticos primarios en el ambiente marino de una playa urbana en Cartagena, con el propósito de conocer la situación actual respecto a la contaminación causada por este tipo de partículas. En conclusión, determinaron que la mayor cantidad de microplásticos encontrados tienen forma de pellets lo cual implica afectación en el ecosistema marino, y afirman que se presenta gran contaminación por microplásticos en el Sector de Marbella.

Finalmente estudios previos en bivalvos para la bahía de Cartagena no han sido realizados, únicamente en peces analizando microplásticos en su estómago.

## **METODOLOGÍA**

### **Diseño muestral**

Se realizó una investigación exploratoria, la población estudiada fue la comunidad de bivalvos de la especie *I. alatus*, con un tipo de muestreo aleatorio en los tres sectores escogidos por sus diferencias de impacto antropogénico así: 1) en C. de los Vásquez, como zona control sin intervención directa, y 2) sectores como áreas impactadas: el sector del Canal del Dique específicamente en C. Honda, el cual presenta mayor influencia de entrada y salidas de embarcaciones de gran calado. El tercer punto en la C. de la Virgen, un sitio con mayor influencia de personas dedicadas a la pesca artesanal e influencia de residuos provenientes del Caño Juan Angola y otros.

Las variables de estudio fueron tamaño y forma de microplásticos. Para ello, se tuvieron en cuenta individuos adultos con una talla mínima de 4 cm hasta 6 cm reportado por Polo-Osorio (2016). Con el fin de utilizar bivalvos que estuvieran en el rango de adultos encontrados en las áreas seleccionadas. Para ajustar el protocolo de determinación de microplásticos en organismos se seleccionaron 21 bivalvos, donde 10 fueron para estandarizar y siete para análisis químico por zona estudiada.

### **Área de estudio**

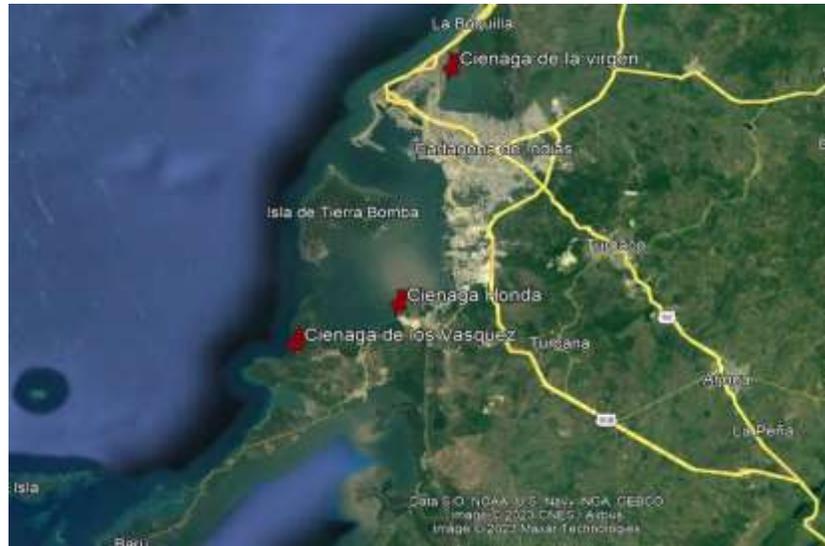
El área de estudio del proyecto se situó en la Bahía de Cartagena y alrededores (Fig 3), Esta se encuentra localizada al noreste de Sudamérica, Caribe colombiano, entre 10°16'-10°26'N y 75°36'-75°30'W. Está separada del Mar Caribe por la isla de Tierra bomba, y corresponde a una cuenca somera de ~82 km<sup>2</sup> de extensión, con profundidades promedio y máximas de 16 y 26 m, respectivamente (Lonin *et al.*, 2004).

La bahía se comunica con el Mar Caribe a través de los canales de Bocagrande, por el norte y Bocachica por el sur (Molares, 2004). Los aportes fluviales del Canal del Dique han tenido una influencia significativa hidrodinámica y dinámica sedimentaria de la bahía y la plataforma frontal del área de Cartagena (Lonin *et al.*, 2004).

Una de las zonas de estudio es la C.Honda, esta es caracterizada por su gran influencia proveniente del canal del Dique, el cual conlleva una importante entrada de partículas y residuos, donde se evidencia la influencia del continente, y gran parte al canal del Dique, si bien es considerada también uno de los cuerpos de agua más contaminados de la ciudad. (Manjarrez Paba, *et a.l.*, 2008). A la vez se presentan afectaciones, por los alcantarillados de la ciudad y las aguas estancadas que llegan por medio de la marea y las corrientes. (Aguilera-Díaz, 2006).

La C. de la Virgen es una zona que cuenta con uno de los humedales más grandes y afectados de la ciudad, por el alto desarrollo urbano de comunidades de bajos recursos con poco servicios sanitarios (Beltrán & Suárez, 2010).

La C. de los Vásquez se ubica al sur de la ciudad fuera de la bahía de Cartagena, es una de las ciénagas menos visitadas, con un desarrollo urbano casi nulo, sin presencia de industrias y con menor influencia de embarcaciones. Se ha observado el ingreso de pescadores permanentemente.



**Figura 3.** Mapa de la Bahía de Cartagena y puntos de recolección.  
Tomada de (Google earth version 7.3.2)

### **Método de campo**

Se tomaron muestras de organismos adultos, manualmente de forma aleatoria de las raíces de los manglares en época de transición (Se define como la época que presenta 10 días de lluvia al mes en noviembre y abril) Pabón *et al.*, (2001). Estos fueron puestos en acuarios y oxigenación para tener facilidad en la depuración de los organismos con una talla de 6 cm como promedio, adultos. (Fig 4). Fueron trasladados en frascos de vidrios para el laboratorio para su respectiva depuración.



**Figura 4.** Vista externa de ejemplares de la ostra de mangle I. *Alatus*.

### **Análisis en laboratorio**

Posterior a la recolección se trasladaron a la Universidad del Sinú, seccional Cartagena, donde se realizó la depuración de los organismos en el Laboratorio de Acuicultura por 24 h en acuarios de vidrio para extraer todo lo digerido antes de su y obtener una depuración de los organismos.

A los organismos se le tomaron medidas morfométricas, luego fueron almacenados a -20°C hasta el momento del procesamiento con el fin de que no fueran a descomponer rápidamente, para evitar contaminación por microplásticos fueron almacenados en bolsas de papel aluminio.

La metodología empleada se basó en el estudio desarrollado por Thiele, *et al*, (2019). Los organismos fueron desconchados y el tejido blando fue extraído y puesto en beackers(Fig. 5) Uno de los beackers contenía solo agua para tener un blanco.

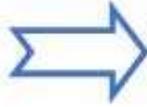
Se utilizó una plancha calefactora donde fueron puestas las muestras con el reactivo KOH (10% p / v, 3 x volumen de tejido) con agitación a 40 ° C durante 48 h, con el fin de tener una degradación del tejido y obtener los microplásticos .Se utilizaron filtros de más de 25 µm de membrana de mezcla de esteres de celulosa de 0,8 mm x 47 mm, y se realizó filtrado con apoyo de una bomba de vacío. Finalmente los filtros fueron secados, después se observó el primer filtro en blanco y luego con desintegración de materia orgánica en un microscopio (Zeiss/ modelo Primostar Binocular) y por último guardados en cajas de Petri de vidrio.

### **Análisis estadístico de datos**

Después de la obtención de los datos se realizó un análisis descriptivo de las variables con Statistics (PAST) versión 3.23, con el fin de efectuar pruebas de estadística básica descriptiva y gráficos de exploración de datos. Por último teniendo en cuenta el número de organismo evaluado se realizó prueba de Kruskal-Wallis.



Aclimatación de los organismos



Toma de medidas morfométricas



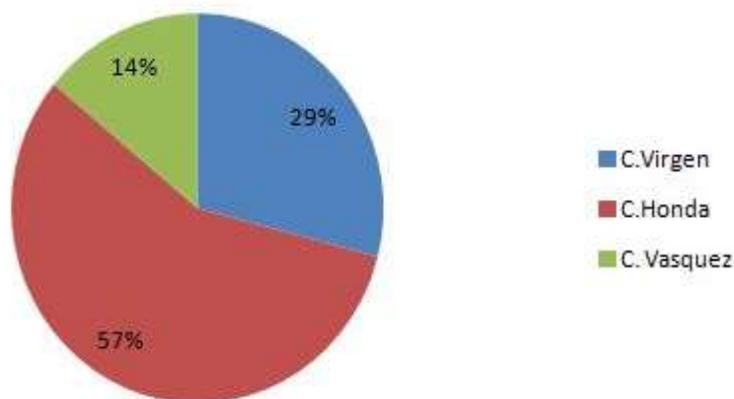
Digestión con KOH y observación en microscopio.

**Figura 5.** Metodología para obtención de microplásticos en *I. alatus*.

## RESULTADOS

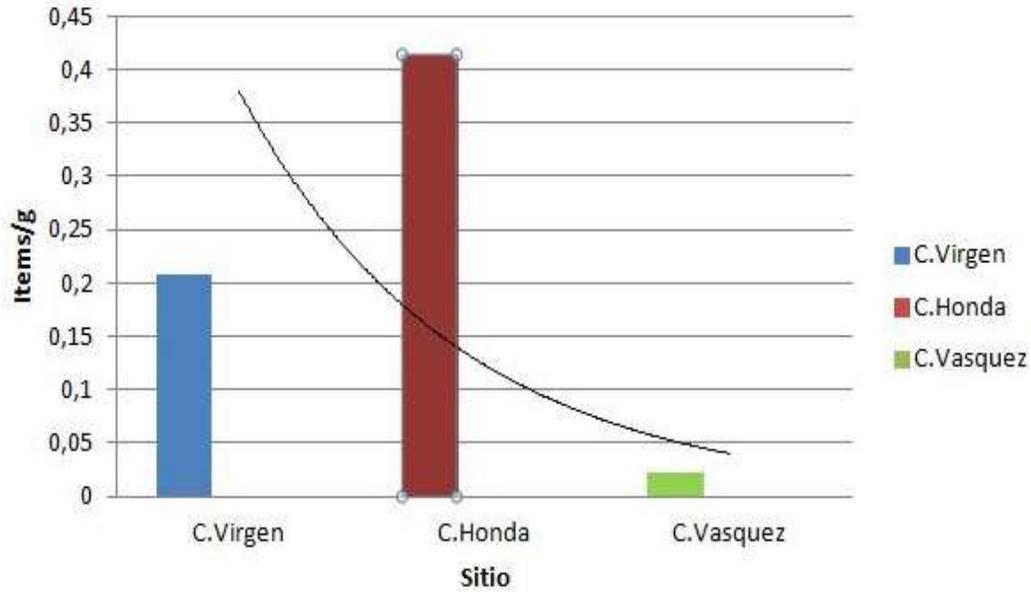
### 1. Distribución de Microplásticos por zona

El análisis de micróplásticos se realizó en un total de 21 organismos, con una talla promedio de  $22,65 \pm 9,84$  mm y un peso de  $6,82 \pm 1,21$ g. Para las tres áreas evaluadas (7 organismos por sitio) de los cuales solo en siete organismos se registraron ítems. De acuerdo con el diagrama circular (Fig. 6) se obtuvo el mayor porcentaje de ítems en C. Honda. En C. Honda con un porcentaje de 57% con cuatro ítems, C. de la Virgen 29% con dos ítems y C. de los Vásquez con 14% con un ítem.



**Figura 6.** Diagrama circular de presencia de micróplásticos por zona para la bahía de Cartagena.

Los organismos estudiados en las tres zonas presentaron partículas microplásticas, C. Honda es el sitio en donde la cantidad de Items/g de tejido es mayor con 0,414 Items/g, seguida de C. de la Virgen 0,208 Items/g, por último C. de los Vásquez con 0,022 Items/g.

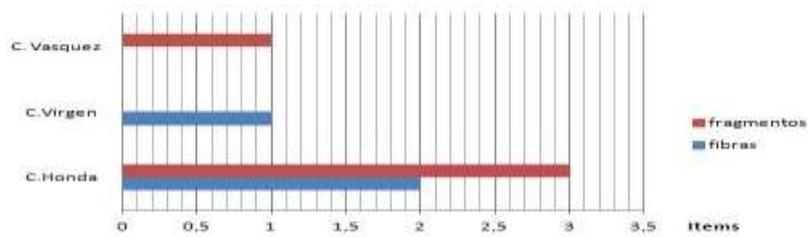


**Figura 7.** Items por peso del tejido blando del organismo (/Items/g de tejido) con respecto a los sitios evaluados (C. Honda,C. de la Virgen, C.Vasquez).

### 3. Formas de microplásticos por zona.

De acuerdo a las tres formas de microplásticos determinadas a evaluar con respecto a la clasificación dada por Jabeen, (2017). (Fibras, fragmentos y pellets), los mas encontrados fueron fragmentos y fibras en los organismos analizados.

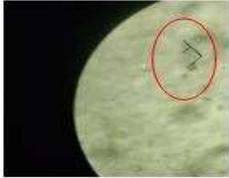
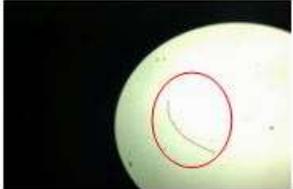
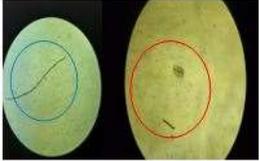
Las fibras encontradas estuvieron en zonas de C. de la Virgen con un ítem y Ciénaga Honda, dos ítems. Mientras que los fragmentos se obtuvieron en menor cantidad. Por otra parte los pellets no fueron encontrados en ninguna de las muestras obtenidas. (Figura 8)



**Figura 8.** Diagrama de barras de distribución de formas de micróplásticos por zona

De acuerdo con las dos formas identificadas (fragmentos y fibras), se obtuvo mayor presencia de fragmentos en las tres zonas estudiadas como se observa en la Tabla 1. El número total de fragmentos fue de cuatro, C. Honda presentó tres. Mientras que C. de la Virgen no presentó y C. de los Vásquez uno. De las fibras fueron encontradas en C. Honda dos y C. de la Virgen dos.

**Tabla 1.** Identificación de microplásticos a través del microscopio

Numero de muestra y sitio	Observación de microplástico	Descripción
Ciénaga de los Vásquez	S1 	<b>Microscopio:</b> 40x <b>Filtro :</b> 0.8 $\mu$ m <b>Color y forma:</b> Azul con dos filamentos delgados <b>Descripción:</b> Fragmentos
Ciénaga de la Virgen	S2 	<b>Microscopio:</b> 40x <b>Filtro :</b> 0.8 $\mu$ m <b>Color y forma:</b> Azul , fibra alargada delgada ovalado <b>Descripción:</b> Poco visible
	S3 	<b>Microscopio:</b> 40x <b>Filtro :</b> 0.8 $\mu$ m <b>Color y forma:</b> 1. Azul , fibra alargada gruesa 2. Microorganismo forma de dinoflagelado <b>Descripción:</b> Fibra , organismo
Ciénaga Honda	 S4	<b>Microscopio:</b> 40x <b>Filtro :</b> 0.8 $\mu$ m <b>Color y forma:</b> Azul, fibra alargada con dos puntas. <b>Descripción:</b> Fragmento con punta

		S5	<b>Microscopio:</b> 40x <b>Color y forma:</b> Azul oscuro fibra alargada. <b>Descripción:</b> Fragmentó Unida por dos puntas
		S6	<b>Microscopio:</b> 40x <b>Filtro :</b> 0.8 μm <b>Color y forma:</b> Azul claro alargada. <b>Descripción:</b> Fibra Unida por dos puntas
		S7	<b>Microscopio:</b> 40x <b>Filtro:</b> 0.8 μm <b>Color y forma:</b> Azul claro con forma en medio circulo <b>Descripción:</b> Fibra, Poco observado

Para identificar posibles diferencias entre zonas evaluadas y teniendo en cuenta que los análisis descriptivos indicaron que los datos no se ajustaban a una distribución normal, se realizó un análisis de comparación de varianzas de Kruskal-Wallis ( $P < 0.05$ ) que indicó que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los sitios ( $P$  valor 0.1353).

## DISCUSION

En todas las zonas estudiadas de la investigación se registraron microplásticos en el tejido blando de los bivalvos. Es importante reconocer la presencia de microplásticos porque algunas especies en especial de bivalvos, son de importancia comercial e incluidos en los alimentos de los humanos que consumen sus partes blandas (Wright y Kelly, 2017)

Los resultados de esta investigación, aunque son preliminares, muestran es que la gran parte de estas aguas que provienen de las aguas continentales hacia el mar Caribe colombiano tienen alta influencia de este tipo de contaminantes como son los microplásticos (Garcés-Ordóñez *et al.*, 2021). Para este estudio el mayor porcentaje de microplásticos se encontró en C. Honda, lo cual está conectada con gran parte del canal del Dique y gran parte de los residuos llegan por las corrientes del mar.

Según Jambeck *et al.* (2015) el 80 % del plástico presente en el mar es originado por los ríos. Además, indicaron que las fibras y fragmentos estaban presentes en los organismos estudiados mientras que en otros estudios son más frecuentes los fragmentos. En la investigación de Ding *et al.*, (2022) como uno de los estudios más recientes, los investigadores indicaron el riesgo de contaminación en los bivalvos y encontraron que gran parte de ellos son afectados por microplásticos. En comparación a estos estudios, en esta investigación se identificó que una zona de mayor influencia de contaminantes por las corrientes y por los vertimientos del canal del Dique, se presentó mayor cantidad de microplásticos y además para Colombia no se ha publicado ningún estudio de este tipo.

Se identificó que los organismos adultos consumen altas partículas microplásticas con facilidad, las de menor peso se presentan en menos cantidades de partículas, como se presenta en el resultado del estudio. Un estudio por Gómez H, (2016) indicó que las ostras como *I alatus* consumen estas partículas como parte de su alimento.

Respecto a la abundancia de microplásticos en el tejido de los bivalvos en el trabajo de Teng *et al.*, (2019) demostraron la presencia de gránulos, fibras, fragmentos y películas microplásticas, mientras que en este estudio solo fragmentos y fibras fueron observadas en peso seco, lo cual muestra este estudio los bivalvos en las diferentes zonas presentaron más fragmentos, se presentan por el movimiento de las olas y la exposición al sol que degradan en su mayoría rápidamente y son confundidas como alimentos en los organismos, dado que es de suma importancia por el riesgo para la

salud humana por consumir estos organismos que tendrían microplásticos en su sistema digestivo. (Carbery et al., 2018).

En los bivalvos es altamente relevante el estudio de la contaminación por microplásticos, debido a la importancia de los productos marinos en la dieta de los seres humanos de diferentes grupos sociales, desde alimentación base para comunidades circundantes en áreas de presencia de estos organismos hasta formar parte de platos de alto valor económico en la cocina de mariscos (Yunga Córdova, 2021).

En este estudio los organismos observados demostraron presencia de microplásticos en las tres zonas evaluadas, donde se identificó mayor número de fibras y fragmentos en C. Honda que está influenciada por el canal del Dique.

De esta forma, los resultados mostraron un patrón e indicaron que los microplásticos se presentan principalmente en las zonas de salidas de aguas continentales como es el canal del Dique, que en época de lluvias puede tener mayor incidencia en estas áreas (Molares, & Mestres, 2012). Por lo tanto, los cambios climáticos y geográficos, a través de los vientos y mareas facilitan el arrastre de residuos del mar hacia las playas, y durante las diferentes épocas climáticas con mayor procedencia del Canal del Dique (Barraza-Quiroz, 2019)

En investigaciones previas por Acosta Coley, (2014) se ha caracterizado la entrada de residuos en el Canal del Dique lo que muestra la incidencia del interior del país a través del río Magdalena con el aporte de las aguas continentales, compuestas de una serie de desechos entre estos plásticos.

Los ítems registrados con mayor prevalencia son plásticos que se degradan como son las fibras, (Cesa *et al.*, 2017) indico que se convierten en fibras en su mayoría por parte de los filtros domésticos que son por fabricación con textiles, que provienen de estos compuestos por polietileno y otros muy pequeños que son producto principalmente del

uso de mallas de pesca, como el nylon de polipropileno (Maldonado, 2012). La gran parte de estas se pierden y son consumidas por organismos filtradores como son los bivalvos (Thevenon *et al.*, 2014).

Con respecto a la C. de los Vásquez, siendo la zona de control por menor influencia de embarcaciones y bajo desarrollo urbano, se registraron microplásticos que posiblemente llegan por medio de los pescadores artesanales que utilizan los plásticos, que llegan al ambiente marino y son arrojados al mar como bolsas y otros que se convierten en microplásticos y pueden ser consumidos por los organismos.(Garcés-Ordóñez, 2018).Gran parte de esta zona es frecuentada por pescadores, quienes en algunas ocasiones pierden parte de sus redes que se convierten en microplásticos debido a la degradación del polímero. (Marcelino *et al.*, 2021)

Por otra parte, un estudio a nivel mundial, por Yunga y Vélez, (2020), indico que los microplásticos estuvieron presentes en los bivalvos encontrados y la forma más predominante fue la fibra. Finalmente, realizaron una recopilación de datos y concluyeron que los organismos filtradores como los bivalvos son los más afectados por el ingreso de partículas al momento de filtrar. Por parte de este estudio se presento mayor influencia de fragmentos.

En Colombia también se han identificado las fibras como los ítems más frecuentes en peces como en el estudio de Otero,(2022) donde la gran parte de los organismos analizados en la zona costera de Magdalena contenían microplásticos.

En el presente estudio realizado por primera vez en bivalvos para Colombia, la prevalencia fue de fragmentos para las tres zonas, en cuanto a las fibras estuvieron en menor proporción, lo que indica que los organismos consumen estas partículas de acuerdo a su tamaño en este caso los adultos.

Finalmente, se recomienda aumentar investigaciones en bivalvos marinos para determinar presencia de diferentes ítems de microplásticos y posibles efectos en su tejido blando y relacionar esto con variaciones en las épocas climáticas. Además tener en cuenta para salud humana el riesgo a consumir especies marinas que tengan microplásticos.

## **CONCLUSIONES**

Los resultados del estudio han permitido demostrar la presencia de microplásticos en las tres zonas donde se determinó mayor abundancia en C. Honda con mayor influencia del canal del Dique.

Las formas más frecuentes registradas en los organismos fueron fragmentos y fibras, y estas fueron más abundantes en C. Honda, que conecta con el canal del Dique

Por otro lado utilizar la especie *L. alatus* es de mayor importancia como indicadora de contaminación por estos microplásticos.

## **RECOMENDACIÓN**

1. Reforzar los estudios para evaluar presencia de microplásticos en bivalvos en las tres zonas, y aumentando los sitios de muestreo en la bahía de Cartagena.
2. Realizar estudio en épocas climáticas ya que solo se realizó en época de transición.
3. Utilizar otra especie de bivalvos y comparar los resultados con la especie estudiada.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acosta Coley, I. C. (2014). Caracterización de microplásticos primarios en el ambiente marino de una playa urbana en Cartagena de Indias (Master's thesis, Universidad de Cartagena).
- Acosta, C., & Olivero, V. (2014). Caracterización de microplásticos primarios en el ambiente marino de una playa urbana en Cartagena de Indias (Doctoral dissertation, Doctoral dissertation. Universidad de Cartagena).
- Acosta-Coley, I., Mendez-Cuadro, D., Rodríguez-Cavallo, E., de la Rosa, J., & Olivero-Verbel, J. (2019). Trace elements in microplastics in Cartagena: a hotspot for plastic pollution at the Caribbean. *Marine pollution bulletin*, 139, 402-411.
- Aguilera-Díaz, M. M. (2006). El Canal del Dique y su subregión: una economía basada en la riqueza hídrica. Documentos de Trabajo Sobre Economía Regional y Urbana; No. 72 de Cartagena.
- Andrady, A. L. (2017). The plastic in microplastics: A review. *Marine pollution bulletin*, 119(1), 12-22.
- Asociación Gremial de Industrial del Plástico (Asipla). (2015). Estadísticas Industria del Plástico: Informe Anual 2015. Recuperado de <http://www.asipla.cl/wp-content/uploads/2015/11/Estadisticas-Anuales-2015.ppt>
- Baltazar Flores, D. C., & Reyes Rufino, Y. (2021). Evaluación de la presencia de microplásticos en bivalvos marinos, tesis para obtener el título profesional de: ingeniero ambiental. Baqueiro-Cárdenas, E. R., Borabe, L., Goldaracena-Islas, C. G., & Rodríguez-Navarro, J. (2007). Los moluscos y la contaminación: una revisión. *Revista mexicana de biodiversidad*, 78, 1-7.
- Barnes, D. K., Galgani, F., Thompson, R. C., y Barlaz, M. (2009). Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364 (1526), 1985-1998
- Barraza- Quiroz, Diana Rosario. Calidad ambiental marina costera de la bahía de Cartagena asociada con elementos traza en sedimentos. 2019. Tesis de Maestría. Universidad
- Beltrán, A., & Suárez, L. (2010). Diagnóstico ambiental de los cuerpos internos de agua de la ciudad de Cartagena de Indias. *Eumed*. 172p.

- Browne, M. A., Dissanayake, A., Galloway, T. S., Lowe, D. M., y Thompson, R. C. (2008). Ingested microscopic plastic translocates to the circulatory system of the mussel, *Mytilus edulis* (L.). *Environmental science & technology*, 42(13), 5026-5031.
- Burgos, T. S. O, (2017). Evaluación de los efectos de la contaminación con microplásticos, en el balance energético del recurso pesquero *Choromytilus chorus* (Tesis para optar al grado de Magíster en Gestión y Planificación Ambiental) Universidad de Chile.
- Campos, NH (1988) Determinación de metales pesados en *Isognomon bicolor* en la bahía de Santa Marta, Colombia. *Anales del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras Punta de Betín* 17:155-162.
- Carbery, M., O'Connor, W., & Palanisami, T. (2018). Trophic transfer of microplastics and mixed contaminants in the marine food web and implications for human health. *Environment International*, 115, 400-409.
- Cesa, F. S., Turra, A., & Baruque-Ramos, J. (2017). Synthetic fibers as microplastics in the marine environment: a review from textile perspective with a focus on domestic washings. *Science of the total environment*, 598, 1116-1129.
- Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., & Galloway, T. S. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: a review. *Marine pollution bulletin*, 62(12), 2588-2597.
- Condor, E. W. E., Villasante, Y. I., Riva, A. M., Panduro, G. R., & Cruz, A. H. (2019). Impacto de la ingesta de residuos plásticos en peces. *Revista Kawsaypacha: sociedad y medio ambiente*, (4), 79-92.
- Chandran, V. 2002. Intracellular osmoregulation in the estuarine mollusc *Villorita cyprinoides* var. *cochinensis* (Mollusca: Bivalvia) Hanley. Doctoral dissertation. Department of Marine Biology, Microbiology and Biochemistry. Faculty of Marine Sciences. Kochi, India.
- De la Sota, A. (2017). Microplásticos: incidencia, efectos y fuentes de emisión al medio ambiente acuático. In *XXXIV Jornadas Técnicas de AEAS* (pp. 553-562). Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento.
- Derraik Jose GB (2002). The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Marine Pollution Bulletin* 44(9), 842-852

- Ding, J., Sun, Y., He, C., Li, J., & Li, F. (2022). Towards risk assessments of microplastics in bivalve mollusks globally. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(2), 288.
- Elías, Rodolfo. (2015). Mar del plástico: una revisión del plástico en el mar. *Marine and Fishery Sciences (MAFIS)*, 27, 83-105.
- Fabres, J., Savelli, H., Schoolmeester, T., Rucevska, I., & Baker, E. (2016). Marine Litter Vital Graphics. *UN-Environment*, GRID-Arendal.
- Farrell, P., & Nelson, K. (2013). Trophic level transfer of microplastic: *Mytilus edulis* (L.) to *Carcinus maenas* (L.). *Environmental pollution*, 177, 1-3.
- Fossi, M. C., Panti, C., Guerranti, C., Coppola, D., Giannetti, M., Marsili, L., & Minutoli, R. (2016). Are baleen whales exposed to the threat of microplastics? A case study of the Mediterranean fin whale (*Balaenoptera physalus*). *Marine Pollution Bulletin*, 64(11), 2374-2379.
- Garcés-Ordóñez, O.(2018). Diagnóstico del estado de contaminación por plásticos y microplásticos en aguas y sedimentos de playas y manglar del departamento de Córdoba. Convenio 026-2018 CVS-INVEMAR, 1-14.
- Garcés-Ordóñez, O., L. F. Espinosa, M. C. Muniz, L. B. S. Pereira y R. M. dos Anjos. (2021). Abundance, distribution, and characteristics of microplastics in coastal surface waters of the Colombian Caribbean and Pacific. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(32): 43431-43442. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13723>
- GESAMP. (2016) "Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: part two of a global assessment" (Kershaw, P.J., and Rochman, C.M., eds).Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Rep. Stud. GESAMP No. 93, 220 p.
- Gómez Hernández, Izchel Romana. (2016). "Efecto de los microplásticos de polivinil cloruro (pvc) y del fluoranteno en eupolymnia rullieri e isognomon alatus, dos especies del macrobentos del caribe mexicano". (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Autónoma de México, México. Recuperado de <https://repositorio.unam.mx/contenidos/63230>
- Gregory, Murray R (2009). Environmental implications of plastic debris in marine settings entanglement, ingestion, smothering, hangers-on, hitch-hiking and alien invasions. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 2013-2025.

- Hidalgo-Ruiz V., Gutow L., Thompson R.C., Thiel M. (2012) Microplastics in the marine environment: a review of the methods used for identification and quantification. *Environmental Science & Technology*, 46, 3060–3075.
- Ismail, A (2006) The use of intertidal molluscs in the monitoring of heavy metals and organotin compounds in the west coast of Peninsular Malaysia. *Coastal marine science* 30,401-406
- Jabeen, K., Su, L., Li, J., Yang, D., Tong, C., Mu, J., Shi, H. (2017) – Microplastics and mesoplastics in fish from coastal and fresh waters of China. *Environmental Pollution* 221: 141 – 149.
- Jambeck, J. R., R. Geyer, C. Wilcox, T. R. Siegler, M. Perryman, A. Andrady, R. Narayan y K. L. Law. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347(6223): 768-771. <https://doi.org/10.1126/science.1260352>
- Lonin, S., C. Parra, C. Andrade & T. Yves-Francois. (2004). Patrones de la pluma turbia del Canal del Dique en la bahía de Cartagena. *Bol. Cient. CIOH*, 22, 77- 89.
- López-Ortega, M., Vázquez-Castán, L., Sánchez, M. A., Olivares, M., López-Jiménez, A., & López Castro, R. (2014). Presencia de coliformes fecales y totales en el *Isognomon alatus* en la laguna de Tampamachoco, Veracruz. *Revista Científica Biológico Agropecuaria Tuxpan*, 2(3), 537-543.
- Macones, G. A., Hankins, G. D., Spong, C. Y., Hauth, J., & Moore, T. (2008). The 2008 National Institute of Child Health and Human Development workshop report on electronic fetal monitoring: update on definitions, interpretation, and research guidelines. *Journal of Obstetric, Gynecologic, & Neonatal Nursing*, 37(5), 510-515.
- Maldonado, A. Téllez. (2012). La complejidad de la problemática ambiental de los residuos plásticos: una aproximación al análisis narrativo de política pública en Bogotá. *Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia*.
- Manjarrez Paba, G., Castro Angulo, I., & Utria Padilla, L. (2008). Bioacumulación de cadmio en ostras de la bahía de Cartagena: Bio-accumulation cadmium in oysters of Cartagena bay. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 7(13), 11-20.
- Marcelino, E. A., Aracil, M. A. B., Belda, E. B., & Guillén, R. V. (2021). Degradación del Nylon 66 como un contaminante microplástico por proceso foto-Fenton. In *Proceedings from the 25th International Congress on Project Engineering. Comunicaciones presentadas al XXV Congreso Internacional de*

*Ingeniería de Proyectos, celebrado en Alcoy del 6 al 9 de julio de 2021.* (p. 73). Asociación española de ingeniería de proyectos (AEIPRO).

- Molares, R & Mestres, M. (2012). La influencia de la descarga del Canal del Dique en los niveles del mar de la Bahía de Cartagena-Colombia. *Boletín Científico CIOH*. 30. 13-28. 10.26640/01200542.30.13\_28.
- Molares, R. (2004). Clasificación e identificación de las componentes de marea del Caribe colombiano. *Boletín Científico CIOH*, (22), 105-114.
- Oliveros Oliveros, Y. S. & Zambrano Beltrán, J. B. (2020). Consecuencias económicas de la prohibición del Plástico en Colombia. Trabajo de Grado. Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas. Programa de Economía. Bogotá, Colombia
- Otero Tobo, D. M. (2022). Microplásticos en el sistema digestivo de los peces *Opisthonema oglinum*, mugil SPP. y *Caranx crysos*, capturados en la zona costera del Magdalena, caribe colombiano.
- Pabón-Caicedo, J. D., Eslava-Ramírez, J. A., & Gómez-Torres, R. E. (2001). Generalidades de la distribución espacial y temporal de la temperatura del aire y de la precipitación en Colombia. *Meteorología colombiana*, 4, 47-59.
- Plastics Europe, 2012. *Plastics e the Facts. An Analysis of European Plastics Production, Demand and Waste Data for 2011.*
- Polo-Osorio, J. M., & Campos, N. H. (2016). Efecto combinado de los cambios de salinidad y la exposición al cadmio en las respuestas fisiológicas de *Isognomon alatus* (Bivalvia: Isognomonidae).
- Rodríguez Perera, G. (2019). Detección de microplásticos en mejillón (*Mytilus edulis*) de la costa atlántica uruguaya. Tesis de grado. Universidad de la República (Uruguay). Facultad de Veterinaria.
- Sarria-Villa, R. A., & Gallo-Corredor, J. A. (2016). La gran problemática ambiental de los residuos plásticos: Microplásticos. *Journal de Ciencia e Ingeniería*, 8(1), 21-27.
- Siung, AM (1980) Studies on the Biology of *Isognomon alatus* Gmelin (Bivalvia: Isognomonidae) with Notes on Its Potential as a Commercial Species. *Bulletin of Marine Science* 30, 90-101.
- Thevenon, F., Carroll C., Sousa J. (editors), 2014. *Plastic Debris in the Ocean: The Characterization of Marine Plastics and their Environmental Impacts, Situation Analysis Report.* Gland, *Switzerland*: IUCN. 52 pp.

- Thiele, C. J., Hudson, M. D., & Russell, A. E. (2019). Evaluation of existing methods to extract microplastics from bivalve tissue: Adapted KOH digestion protocol improves filtration at single-digit pore size. *Marine pollution bulletin*, 142, 384-393.
- UNEP, (2014). United Nations Environment Programme. Los plásticos provocan un daño financiero de 13 mil millones de dólares a los ecosistemas marinos al año y aumenta la preocupación por los microplásticos. Visto el 8 de mayo del 2021.
- Valencia-Velasco, F., Guabloche-Zuñiga, A., Alvarino, L., y Iannacone, J. (2020). Estandarización de un protocolo para evaluar microplásticos en bivalvos marinos en el departamento de Lima, Perú.
- Van Cauwenberghe, L., y Janssen, C. R. (2014). Microplastics in bivalves cultured for human consumption. *Environmental pollution*, 193, 65-70.
- Wilk, J. y Rüdiger, B. (2009). Ecophenotypic variation in the Flat Tree Oyster, *Isognomon alatus* (Bivalvia: Isognomonidae), across a tidal microhabitat gradient. *Marine Biology Research*, 5(2), 155-163.
- Wright, S. L., & Kelly, F. J. (2017). Plastic and human health: a micro issue?. *Environmental science & technology*, 51(12), 6634-6647.
- Wright, S. L., Thompson, R. C., & Galloway, T. S. (2013). The physical impacts of microplastics on marine organisms: a review. *Environmental pollution*, 178, 483-492.
- Yunga- Córdova, K. B.(2020) Análisis de la contaminación por microplásticos en especies comerciales de bivalvos a nivel mundial entre los años 2010 A 2020. 2021. Tesis Doctoral. Universidad agraria del ecuador.