

Microplastics in esophageal washings of the green turtle (*Chelonia mydas* Linnaeus, 1758) in the Espiritu Santo Archipelago Marine Zone National Park, Baja California Sur

Microplásticos presentes en lavados esofágicos de la tortuga verde (*Chelonia mydas* Linnaeus, 1758) en el Parque Nacional Zona Marina Archipiélago Espíritu Santo, Baja California Sur

Frida Vanessa Ricardes Merino^{1*}; María Mónica Lara Uc²;
Dilán Ricardo Ramos Ávila³; Juan Manuel López Vivas⁴.

Resumen

La tortuga verde Pacífico Oriental conocida localmente en la Península de Baja California como tortuga negra, se alimenta en diferentes zonas costeras de esta península. Una de estas zonas es el Parque Nacional Zona Marina Archipiélago Espíritu Santo (PNZMAES), el cual está consignado como un Área Natural Protegida e Isla Verde. La contaminación por residuos plásticos es una amenaza que está causando afectaciones en distintas especies de organismos marinos. Un ejemplo son las tortugas marinas como *Chelonia mydas* que ingieren plástico como parte de su dieta. El objetivo de este trabajo es conocer si existe una presencia de microplásticos en contenidos esofágicos de *C. mydas* en PNZMAES, B.C.S. Esto se llevó a cabo mediante la extracción de contenidos esofágicos utilizando la metodología de Forbes y Limpus (1993). Se obtuvieron 19 muestras de contenidos esofágicos de tortugas estudiadas en cuatro sitios (El Gallo, La Gallina, Punta Raza y La Partida) en los cuales se encontraron microplásticos que fueron cuantificados y clasificados de acuerdo

¹Biol. Mar. Frida Vanessa Ricardes Merino, Proyecto Salud de Tortugas Marinas, Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS), C.P. 23080, La Paz, B.C.S., México. Correo electrónico: fridarim97@gmail.com. (Autor de Correspondencia)

²Dra. María Mónica Lara Uc, Departamento Académico de Ciencias Marinas y Costeras, Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS), Proyecto Salud de Tortugas Marinas, C.P. 23080, La Paz, B.C.S., México. Correo electrónico: mlara@uabcs.mx

³Maestro en Ciencias Dilan Ricardo Ramos Ávila, Departamento Académico de Ciencias Marinas y Costeras, Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS), Proyecto Salud de Tortugas Marinas, C.P. 23080, La Paz, B.C.S., México. Correo electrónico: dilan.dr7@gmail.com.

⁴Dr. Juan Manuel López Vivas, Departamento Académico de Ciencias Marinas y Costeras, Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS), Proyecto Salud de Tortugas Marinas, C.P. 23080, La Paz, B.C.S., México. Correo electrónico: jmlopez@uabcs.mx.

al color. Los colores más predominantes de fibras de microplásticos fueron el azul ($\Sigma:152$, $\bar{x}:8$, $\%:45$, $F:94.7$) y transparente ($\Sigma:133$, $\bar{x}:7.0$, $\%:39$, $F:89.5$). Sin embargo, se pudieron observar fibras de color rojo ($\Sigma:26$, $\%:8$), negro ($\Sigma:15$, $\%:4$) y fragmentos de mayor tamaño color rojo ($\Sigma:7$, $\%:2$) y azul ($\Sigma:4$, $\%:1$). En cuanto a los sitios de muestreo, se obtuvo que las tortugas verdes analizadas en La Gallina presentaron un mayor número de microplásticos con un total de 202 fibras, donde predominó el color transparente y azul con 90 y 87 fibras, respectivamente.

Palabras clave: Frecuencia. Clasificación. Fibras. Coloración. Plásticos.

Abstract

The Eastern Pacific green turtle known locally in Baja California as the black turtle, feeds in different coastal areas of this peninsula. One of these areas is the Espiritu Santo Archipelago Marine Zone National Park (PNZMAES), which is consigned as a Protected Natural Area and Green Island. Plastic pollution is a threat that is causing damage to different species of marine organisms. One example are sea turtles such as *Chelonia mydas* that feeds with plastic as part of their diet. The aim of this work is to know if there is a presence of microplastics in esophageal contents of *C. mydas* in PNZMAES, B.C.S. This was carried out by extracting esophageal contents using the methodology of Forbes and Limpus (1993). 19 samples of esophageal contents were obtained from turtles studied at four sites (El Gallo, La Gallina, Punta Raza and La Partida) and microplastics found were identified and classified according to color. The most frequent colors of microplastic fibers were blue ($\Sigma:152$, $\bar{x}:8$, $\%:45$, $F:94.7$) and clear ($\Sigma:133$, $\bar{x}:7.0$, $\%:39$, $F:89.5$). However, red fibers ($\Sigma:26$, $\%:8$), black fibers ($\Sigma:15$, $\%:4$) and red ($\Sigma:7$, $\%:2$) and blue ($\Sigma:4$, $\%:1$) fragments could be observed. Regarding the sampling sites, it was obtained that the green turtles analyzed in La Gallina presented a higher number of microplastics with a total of 202 fibers, where the transparent and blue color predominated with 90 and 87 fibers, respectively.

Keywords: Frequency, classification, fibers, coloration, microplastics.

Antecedentes

El plástico es el contaminante que podemos observar con más frecuencia en nuestro día a día (Gall y Thompson, 2015). En 2017 se registró una producción mundial de 348 millones de toneladas de plástico. Asia produjo el 50.1 % del plástico (China siendo el país con mayor producción del continente), Europa tuvo una producción del 18.5%, Norteamérica (incluyendo México, Estados Unidos de América y Canadá) 17.7% (SEMARNAT, 2020). Se estima que en la superficie del océano podemos encontrar entre 15 y 51 billones de partículas de plástico (Böll-Stiftung, 2019).

Este contaminante se divide en dos categorías: los macroplásticos (> 5mm) y los microplásticos (< 5mm). Sin embargo, el tamaño no impide que ambos tipos de plásticos se distribuyan por todo el medio marino (Caron *et al.* 2018).

Los microplásticos se clasifican en primarios y secundarios (Cole *et al.* 2011). Los microplásticos primarios son aquellos que originalmente fueron manufacturados con algún propósito, por ejemplo, las perlas de plástico que son utilizadas en productos de limpieza, medicinales y exfoliantes cosméticos (Fendall y Sewell, 2009). Por otro lado, los microplásticos secundarios son creados por la degradación química, biológica o física de desechos macroplásticos en el ambiente (Caron *et al.* 2018).

La fauna marina se ve afectada por los desechos plásticos que no son tratados adecuadamente y llegan al mar, causando que diversos animales se alimenten de microplásticos (Derraik, 2002). El daño principal que causa alimentarse de microplásticos es la obstrucción del sistema digestivo (Wright *et al.* 2013). Sin embargo, es importante mencionar que, aunque la ingesta de microplásticos es un daño a las tortugas marinas, existen otros factores que determinaran si estos pueden causarles daños letales, por ejemplo, el tamaño de los organismos y la cantidad ingerida de plásticos (Nelms *et al.* 2016). Se ha encontrado que pequeñas cantidades (menores a 0.5 g) de desechos logran bloquear por completo el tracto digestivo de tortugas juveniles y crías (Santos *et al.* 2015; Schuyler *et al.* 2013). Por el contrario, han existido casos donde altas cantidades de plásticos se acumulan en el intestino de tortugas adultas, pero no causan daños letales a corto plazo (Hoarau *et al.* 2014), aunque esto no significa que a largo plazo podría existir una desnutrición por la obstrucción de plásticos causándoles la muerte (Lutz, 1990; Nelms *et al.* 2016).

El microplástico al tener la característica de absorber químicos, es considerado como transmisor de Contaminantes Orgánicos Persistentes (POPs por sus siglas en inglés) es decir, sustancias tóxicas que se transmiten al organismo cuando éste se alimenta (Besseling *et al.* 2013; Wright *et al.*

2013). Se ha reportado la ingesta de 12,000 a 24,000 toneladas de microplásticos al año en peces que habitan entre los 200 -1000 metros de profundidad en el Océano Pacífico Norte (Böll-Stiftung, 2019). Además, se han registrado cetáceos, zooplancton, crustáceos, poliquetos, aves y tortugas marinas que se alimentan de microplásticos (Besseling *et al.* 2013; Caron *et al.* 2018; Wright *et al.* 2013).

Actualmente, se tiene registró de ingesta de plástico de todas las especies de tortugas marinas, pero se conoce que las más susceptibles a consumir plástico son la tortuga verde (*Chelonia mydas*) y la tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*) (Caron *et al.* 2018). Esto se debe a que su fuente de alimento tiene cierta similitud con los plásticos. En el caso de *D. coriacea* que se alimenta de medusas y *C. mydas* que consume macroalgas o pastos marinos (Schuyler *et al.* 2013). Los microplásticos y macroplásticos pueden enredarse en el alimento, o también como es el caso de *D. coriacea*, puede llegar a confundirse por la forma del plástico y creer que es una medusa (Awabdi *et al.* 2013).

Bugoni *et al.* (2001) realizaron un estudio en el Sur de Brasil, donde analizaron 38 contenidos de esófago y estómago de tortuga verde (*C. mydas*) y, encontraron que el 60.5% de las tortugas (es decir, 23 muestras de estómago y esófago) contenían desechos de macro y microplásticos.

Por otro lado, se encontró que en Florida el 56% de las tortugas verdes (*C. mydas*) analizadas poseían restos de desechos en sus tractos digestivos (Bjorndal *et al.* 1994). En el caso de la tortuga caguama (*Caretta caretta*) se observó que, en el Mediterráneo, el 75.9% de organismos capturados por pescadores contenían plásticos en el aparato digestivo (Elías, 2015; Tomas *et al.* 2002). Pham *et al.* (2017) realizaron un estudio en el Atlántico Norte donde analizaron el aparato digestivo de *Caretta caretta*, y encontraron un total de 380 desechos plásticos. Por lo que, concluyeron que la tortuga caguama se está alimentado tanto de macroplásticos como de microplásticos.

Existen factores que son los responsables de la ingesta de microplásticos por parte de los organismos marinos, incluyendo las tortugas marinas. El primero es el tamaño, debido al pequeño tamaño que presentan los microplásticos son más accesibles para su consumo. Otro factor es la cantidad, es decir, mientras exista un mayor número de microplásticos en el ecosistema entonces habrá una mayor posibilidad de consumo. Por último, el color se considera un factor principal, debido a que se ha demostrado que hay ciertos colores que atraen a los organismos y aumentan el consumo de microplásticos (Ory *et al.* 2017; Ugwu *et al.* 2021).

Por otro lado, los microplásticos al ser plásticos de menor tamaño, presentan un proceso denominado meteorización, el cual libera compuestos orgánicos como el sulfuro de dimetilo (DMS). Dicho compuesto también se presenta en las algas, por lo que un factor que podría llegar

a provocar el consumo de microplásticos sería el olfato, logrado que algunos organismos se alimenten de microplásticos confundiéndolos con su alimento (Procter *et al.* 2019; Ugwu *et al.* 2021).

El color de los microplásticos juega un papel importante en cuanto al aumento de ingesta de microplásticos, lo que está causando la obstrucción intestinal y lesiones internas, malnutrición, reduciendo la tasa de crecimiento y puede llegar a causarle la muerte a las tortugas marinas (Nelms *et al.* 2016). Por lo que, el objetivo principal de este estudio es determinar la presencia y clasificación de microplásticos en la alimentación de *C. mydas* en el Parque Nacional Zona Marina del Archipiélago de Espíritu Santo del Golfo de California, B.C.S.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El estudio se realizó en El Parque Nacional Zona Marina del Archipiélago de Espíritu Santo (PNZMAES) ubicado en el Golfo de California, frente al municipio de La Paz ($24^{\circ}24' - 24^{\circ}36' N$ y $110^{\circ}17' - 110^{\circ}27' W$). Está formado por dos islas mayores: Espíritu Santo que abarca 83,040 kilómetros cuadrados y La Partida de 18,132 kilómetros cuadrados. Estas islas son consideradas una prolongación natural de la Península de Pichilingue, y se encuentran separadas por el Canal de San Lorenzo (Fig.1). Además, están influenciadas tanto por aguas del Golfo de California en la parte este como por la Bahía de la Paz en el oeste (CONANP, 2017). Por un lado, tenemos el litoral oriental de Isla Espíritu Santo que presenta un sustrato rocoso y homogéneo. Por el otro lado, la costa occidental con zonas protegidas que forman ensenadas también posee lagunas bordeadas por manglares y pequeñas playas arenosas (González *et al.* 2006).

Los sitios de muestro fueron cuatro ensenadas: La Gallina ($24^{\circ}45'75'' N$, $110^{\circ}35'51'' W$) El Gallo ($24^{\circ}46'90'' N$, $110^{\circ}35'88'' W$), Punta Raza ($24^{\circ}48'05'' N$, $110^{\circ}36'62'' W$) y La Partida ($24^{\circ}53'00'' N$, $110^{\circ}37'01'' W$). En general, las ensenadas de PNZMAES tienen una profundidad entre los 0 y 40 metros (CONANP, 2017).

La ensenada La Gallina presenta un sustrato de depósitos coralinos, arena grano medio, y roca, cuenta con una zona intermareal amplia y un oleaje muy débil. Ésta ensenada se considera dentro de la zona de amortiguamiento del PNZMAES, donde se permite la instalación de campamentos pesqueros (Fig. 1) (CONANP, 2015; CONANP, 2017; González, 2004). Por otro lado, la ensenada El Gallo es considerada como un área en buen estado de conservación, que

posee una gran diversidad topográfica y biológica. Ésta ensenada se categoriza como área de uso recreativo donde no se permite el asentamiento de campamentos pesqueros. La ensenada de la Raza (también conocida como Punta Raza) al igual que El Gallo se considera un área sólo para uso recreativo. Este sitio posee una playa arenosa y una pequeña área de manglares. Por último, la caleta (pequeña ensenada) de La Partida es un área de playa arenosa donde se permite la realización de actividades de acuicultura, la instalación de varios campamentos pesqueros, la pesca deportiva y comercial (CONANP, 2015; CONANP, 2017).

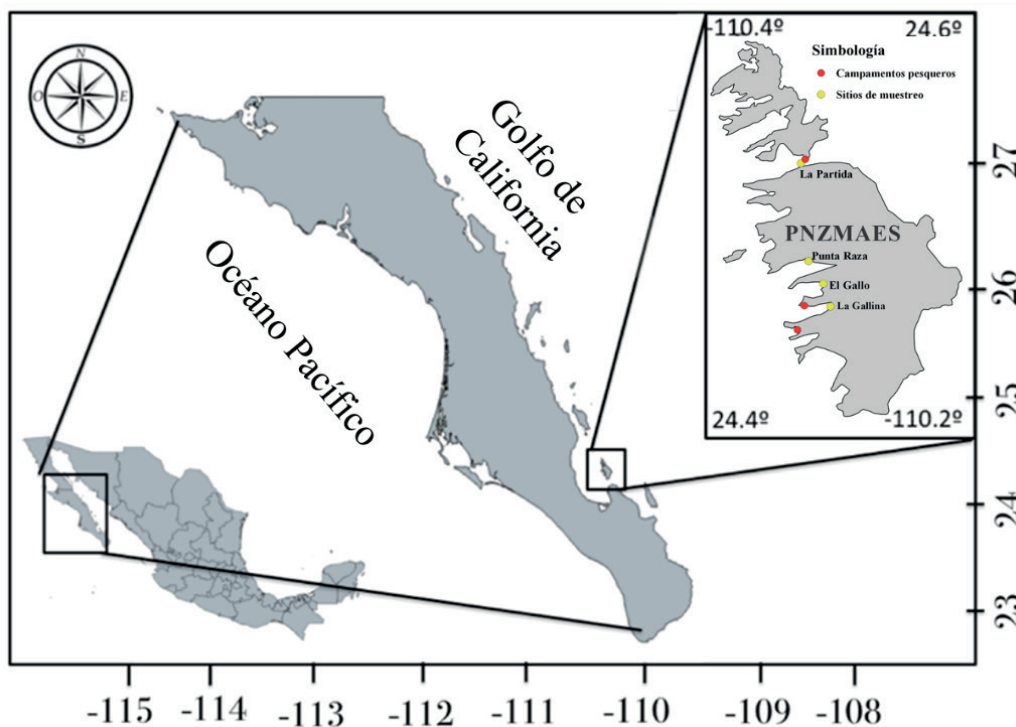


Figura 1. Área de estudio. Parque Nacional Zona Marina del Archipiélago de Espíritu Santo (PNZMAES). Podemos observar de color amarillo los sitios de muestreo (ensenada La Gallina, ensenada El Gallo, ensenada Punta Raza y ensenada La Partida) y de color rojo, algunos campamentos pesqueros que se encuentran cerca de los sitios de muestreo de interés.

Metodología

Captura y medición

Siguiendo los permisos de colecta (Oficio Núm. SGPA/DGVS/01386/19 y Oficio Núm. SGPA/DGVS/10021/19) se realizaron monitoreos durante el año 2019 y 2020, se capturaron 19 tortugas verdes mediante un tendido de red utilizado por la Comisión Nacional de áreas Naturales Protegidas (CONANP). Se utilizaron dos redes de diferentes medidas para la captura, una de 150 metros de longitud, con caída de 10 metros y una luz de malla de 28 cm., y la segunda red midió 120 metros de longitud, y caída de 3 metros. Ambas redes se colocaron a menos de 100 metros de

la orilla de la playa desde la panga y se dejaron por periodos de 12 horas, diurnos y abarcando algunas horas de noche. Las redes fueron revisadas cada hora y media para evitar que alguna tortuga sufriera algún daño.

Posteriormente, las *C. mydas* capturadas se llevaron a la orilla de la playa donde se realizó una revisión física desde la cabeza hasta la cola en busca de alguna lesión. A cada tortuga se le tomaron las medidas morfométricas con un vernier y una cinta métrica para tener el largo recto del caparazón (LRC), largo curvo del caparazón (LCC), ancho recto del caparazón (ARC), ancho curvo de caparazón (ACC), profundidad del cuerpo (PC) y largo total de la cola (LTC). Posteriormente, a los organismos que no presentaron placas de identificación se les colocaron en las aletas traseras. Por otro lado, para el caso de las tortugas que ya estaban marcadas, se anotó el número de placa, además se registró la fecha y lugar de captura. Finalmente, las tortugas fueron pesadas con una balanza electrónica (Eckert *et al.* 1999; Ramos, 2019).

Toma de muestras

Las muestras se obtuvieron del esófago de las tortugas verdes modificando la metodología de Forbes y Limpus (1993). Esta metodología consiste en primero colocar la tortuga en una superficie plana y firme, para poder sujetarla de las aletas y el caparazón. Posteriormente, se abrió la boca de la tortuga tomando su mandíbula e insertando un abre bocas de plástico flexible (Reséndiz *et al.* 2019b). Se introdujo de manera gentil una sonda gástrica de plástico previamente lubricada con un anestésico, cuya medida dependió del tamaño del organismo. Se colocó un embudo en la parte superior de la sonda y se agregaron aproximadamente de 150 a 200 ml de agua de mar. Por último, se retiró la sonda con cuidado, se bajó la cabeza de la tortuga y se recolectó la regurgitación en un contenedor de boca ancha. Se obtuvieron 19 muestras de lavados esofágicos. Se analizaron dos tortugas en El Gallo, 12 en La Gallina, tres en La Partida y dos en Punta Raza y se preservaron para el análisis de laboratorio (Amorocho y Reina, 2007; Forbes y Limpus, 1993; Reséndiz *et al.* 2019a).

Trabajo de laboratorio y análisis de datos

Posteriormente, para el análisis de microplásticos se utilizaron un microscopio y un estereoscopio. Primero, se identificaron y cuantificaron los diferentes tipos de microplásticos presentes en los lavados esofágicos. Se clasificaron de acuerdo al color que presentaban, por ejemplo, rojo, transparente, azul y negro. Se calculó la media de microplásticos por cada sitio de muestreo con la siguiente fórmula:

$$\bar{x} = \left(\frac{cmp}{n} \right) \quad (\text{Yaghmour et al. 2021}).$$

cmp = número total de un color particular de microplástico por sitio.

n = total de tortugas analizadas por sitio.

Posteriormente, se calculó el porcentaje de cada color por sitio de muestreo:

$$\% = \left(\frac{cmp}{mp} \right) * 100 \quad (\text{Yaghmour et al. 2021}).$$

cmp = número total de un color particular de microplástico de cada sitio.

mp = el total de microplásticos encontrados en cada sitio.

Finalmente, se determinó la frecuencia de ocurrencia para cada color de plástico utilizando la siguiente fórmula:

$$F = \left(\frac{ni}{n} \right) * 100 \quad (\text{Hoarau et al. 2014})$$

Donde:

F = Frecuencia de aparición de cada color de microplásticos.

ni = número de tortugas que ingirieron un tipo particular de microplásticos

n = Número de tortugas total.

Resultados

En este estudio, se analizaron 19 tortugas verdes. Microplásticos presentes en el 100% de los 19 lavados esofágicos, de los cuales se examinaron dos en El Gallo, 12 en La Gallina, tres en La Partida y dos en Punta Raza (Tabla I). Se encontraron 337 microplásticos distribuidos en cuatro colores de fibras de microplásticos (97%) y dos colores de fragmentos (3%). Los colores más predominantes fueron las fibras azules (45%) y transparentes (39%). El primer sitio de muestreo fue El Gallo y registró un total de 34 microplásticos, donde el 50% fueron fibras transparentes, 44.12% azules, y el mismo porcentaje de 2.94% para negras y rojas. En La Gallina se observó un total de 202 microplásticos, de los cuales el 44.55% fueron fibras transparentes, 43.07% azules, 6.93% rojas y 3.96% negras. Nuestro tercer sitio de muestreo fue La Partida con 68 microplásticos encontrados, 42.65% azules, 30.88% transparentes, 10.29% rojas y 4.41% negras. Por último, Punta Raza presentó 33 microplástico siendo el 63.64% fibras azules, 15.15% transparentes, 12.12% rojas y 9.09% negras (Fig. 2).

Los fragmentos rojos y azules (representando el menor de los porcentajes) sólo se encontraron en dos de los sitios de muestreo analizados: La Gallina (0.99% fragmentos azules y 0.5% rojos) y La Partida (2.94% azules y 8.82% rojos).

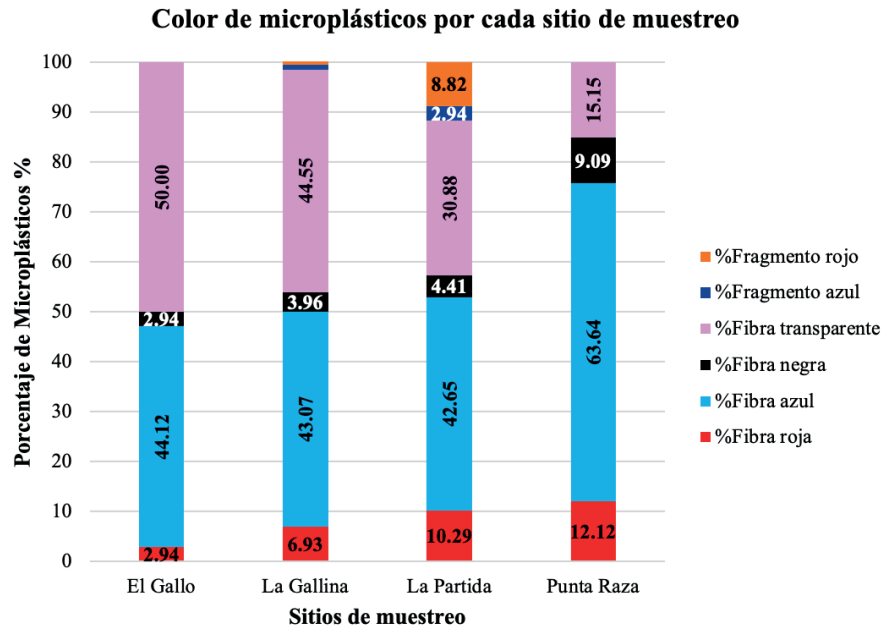


Figura 2. Porcentaje de los diferentes colores de fibras y fragmentos de microplástico obtenidas en lavados esofágicos de *C. mydas* en cuatro sitios de muestreo dentro del PNZMAES.

En la Tabla I se muestran el total de tortugas analizadas en cada sitio, así como el total, la media, el porcentaje y la frecuencia de ocurrencia de fibras y fragmentos de microplásticos que se obtuvieron en los lavados esofágicos de la tortuga verde en los cuatro sitios de muestreo. También, se pueden observar los mismos análisis para cada color de fibras y fragmentos encontrados en cada sitio dentro del PNZMAES. Se encontró un total de 337 microplásticos, de los cuales 202 (%:59.9, \bar{x} :17) se registraron para La Gallina, 68 (%:20, \bar{x} :16.8) en La Partida, 34 (%:10.1, \bar{x} :22.6) en El Gallo y 33 (%: 9.8, \bar{x} :16.5) en Punta Raza.

Fibras de microplásticos tuvieron un porcentaje y media mayor (Σ :326, \bar{x} :17.1, %:96.7) en los cuatro sitios de muestreo en comparación con los fragmentos, los cuales solo estuvieron presentes en La Gallina (Σ :3, \bar{x} :0.25, %:1.5) y La Partida (Σ 8, \bar{x} :2.7, %:11.8) (Tabla I).

Los colores de fibras más frecuentes fueron las azules (Σ :152, \bar{x} :8, %:45) y transparentes (Σ :133, \bar{x} :7, %:39) en los cuatro sitios: El Gallo (Σ :15, \bar{x} :7.5, %:44.12; Σ :17, \bar{x} :8.5, %:50 respectivamente), La Gallina (Σ :87, \bar{x} :7.3, %:43.07; Σ :90, \bar{x} :7.5, %:44.5 respectivamente), La Partida (Σ :29, \bar{x} :9.7, %:42.65; Σ :21, \bar{x} :7, %:30.88 respectivamente) y Punta Raza (Σ :21, \bar{x} :10.5, %:63.64; Σ :5, \bar{x} :2.5, %:15.15 respectivamente).

Finalmente, el fragmento azul fue el tipo de microplástico que tuvo una menor media y porcentaje de todos los microplásticos analizados. Este tipo microplástico sólo se encontró en La Gallina (Σ :2, \bar{x} :0.2, %:0.99) y La Partida (Σ :2, \bar{x} :0.7, %:2.94) (Tabla I).

En cuanto a la frecuencia de ocurrencia (F), la cual determina la posibilidad de aparición de un color de microplástico en una tortuga verde (Tabla I). En El Gallo se encontró que las fibras rojas presentan una F= 50, lo que quiere decir que sólo la mitad de las tortugas verdes de este sitio podrían llegar a presentar fibras rojas. Algo similar sucedió en los otros tres sitios con este color de fibra. Las fibras azules fueron el tipo de microplástico con mayor frecuencia de ocurrencia donde los valores oscilaron entre los 90 y 100. El segundo color con más probabilidad de ocurrencia fue la fibra transparente, los sitios del Gallo y La Partida registraron una frecuencia de ocurrencia igual a 100. Finalmente, las fibras negras, los fragmentos azules y rojos fueron los microplásticos con menos frecuencia en las cuatro localidades de muestreo.

Tabla I. Tabla mostrando el total, la media, porcentaje y la frecuencia de ocurrencia de los colores de fibras y fragmentos de microplásticos encontrados en lavados esofágicos de *C. mydas* en cuatro sitios de muestreo dentro del PNZMAES (Σ : total, \bar{x} :media, %: porcentaje y F: frecuencia de ocurrencia).

Sitios de muestreo	El Gallo				La Gallina				La Partida				Punta Raza				Total			
No. Tortugas	02				12				03				02				19			
	Σ	\bar{x}	%	F	Σ	\bar{x}	%	F	Σ	\bar{x}	%	F	Σ	\bar{x}	%	F	Σ	\bar{x}	%	F
Fibras de MP	34	17	100	100	199	16.6	98.5	100	60	20	88.2	100	33	16.5	100	100	326	17.1	96.7	100
Fragmentos de MP	0	0	0	0	3	0.25	1.5	16.7	8	2.7	11.8	33.3	0	0	0	0	11	0.57	3.2	15.8
Total Microplásticos	34	17	10.1	100	202	16.8	59.9	100	6	22.6	20	100	33	16.5	9.8	100	337	17.7	100	100
COLOR																				
	Σ	\bar{x}	%	F	Σ	\bar{x}	%	F	Σ	\bar{x}	%	F	Σ	\bar{x}	%	F	Σ	\bar{x}	%	F
Fibras rojas	1	0.5	2.94	50	14	1.2	6.93	66.7	7	2.3	10.29	66.7	4	2	12.12	50	26	1.4	8	63.2
Fibras azules	15	7.5	44.12	100	87	7.3	43.07	91.7	29	9.7	42.65	100	21	10.5	63.64	100	152	8	45	94.7
Fibras negras	1	0.5	2.94	50	8	0.7	3.96	33.3	3	1.0	4.41	33.3	3	1.5	9.09	50	15	0.8	4	36.8
Fibras transparentes	17	8.5	50	100	90	7.5	44.5	91.7	21	7.0	30.88	100	5	2.5	15.15	50	133	7.0	39	89.5
Fragmentos azules	0	0	0	0	2	0.2	0.99	16.7	2	0.7	2.94	33.3	0	0	0	0	4	0.2	1	15.8
Fragmentos rojos	0	0	0	0	1	0.1	0.5	8.3	6	2.0	8.82	33.3	0	0	0	0	7	0.4	2	10.5

En cuanto a las medidas morfométricas (Tabla II), se obtuvo que del total de tortugas analizadas sólo se registraron dos machos, ambos en el sitio de Punta Raza. Mientras que 17 organismos se clasificaron con sexo indefinido debido a la falta de evidencia de dimorfismo sexual. El largo de la cola fue la característica de dimorfismo sexual que se consideró para determinar si una tortuga

verde era hembra o macho, la cual llega extenderse más allá del límite del caparazón (Pérez *et al.* 2010). Uno de los machos se consideró como adulto debido al LCC que presentó, dado que de acuerdo con Márquez (2002), si un organismo presenta un LCC > 77.6 cm se considera un organismo adulto. Por el contrario, las otras 18 tortugas verdes restantes median menos de 77.6 y fueron registradas como organismos juveniles. Se obtuvo una media de LRC: 58.6 cm, un LCC: 62.7 cm y un peso de 26.4 kg tomando en cuenta los cuatro sitios de muestreo. La talla promedio, LRC, de las tortugas capturadas en El gallo fue de 52.6 cm, una media de LCC de 56.2 cm y un peso promedio de 17.3 kg. En La Gallina la media de LRC, LCC y del peso fue de 46.8 cm, 63.2 cm y 26.5 kg, respectivamente. Por otro lado, La Partida presento un promedio de LRC, LCC y peso de 53 cm, 56.8 cm y 17.8 kg, respectivamente. Por último, en Punta Raza el promedio de LRC y LCC fue 71.4 cm y 42.4 cm, respectivamente y un peso promedio de 47.9 kg.

Tabla II. Datos morfométricos de las 19 tortugas verdes analizadas en los cuatro sitios de muestreo dentro del PNZMAES, (Ind.: sexo indeterminado, M: Macho, LRC: Largo Recto Caparazón, ARC: Ancho Recto Caparazón, LCC: Largo Curvo Caparazón, ACC: Ancho Curvo Caparazón).

Medidas morfométricas (cm)														
Sitio	Juvenil		Adulto		LRC		ARC		LCC		ACC		PESO (kg)	
	Ind.	M	Ind.	M	Rango	\bar{x}	Rango	\bar{x}	Rango	\bar{x}	Rango	\bar{x}	Rango	\bar{x}
El Gallo	2	0	0	0	52.2-53	52.6	41.4-43.2	42.3	55.5-56.9	56.2	51.3-54.5	52.9	16.3-18.2	17.3
La Gallina	12	0	0	0	52.2-64.7	46.8	40.5-51.2	45.8	56-68.5	63.2	54.1-66.2	60.2	18.1-33	26.5
La Partida	3	0	0	0	48.5-57.7	53	40.8-43.8	41.8	52.5-61.9	56.8	51.8-58	54.4	15.6-21.5	17.8
Punta Raza	0	1	0	1	67-75.7	71.4	50.8-59.2	55	71.5-80.4	42.2	67.7-72	69.8	33.6-62.2	47.9
Total	17	1	0	1	52.2-75.7	58.6	40.5-59.2	45.7	52.5-80.4	62.7	51.3-67.7	59.5	15.6-62.2	26.4

Las Fig. 3 y 4 son fotografías tomadas en estereoscopio como un ejemplo de fibras microplásticas obtenidas de los lavados esofágicos de *C. mydas* con coloración azul y transparente, respectivamente.

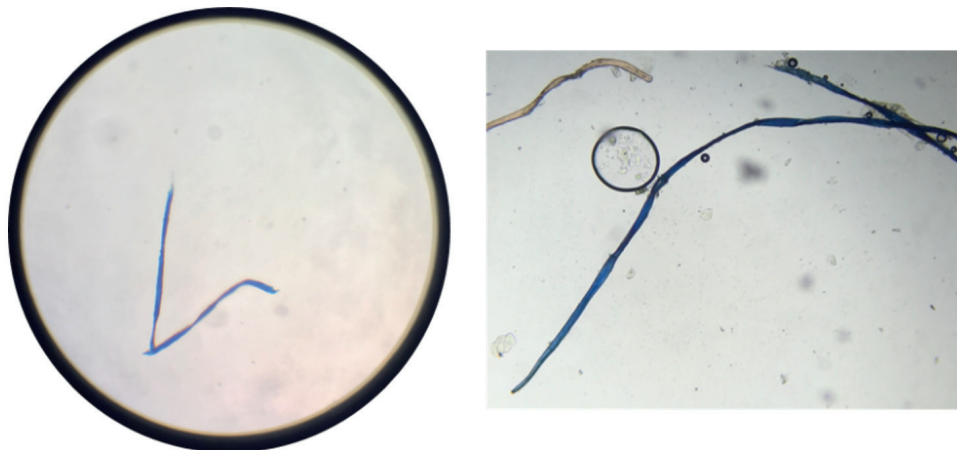


Figura 3. Fibras de microplásticos (<5mm) con coloración azul, obtenido de contenido esofágico de *C. mydas* en el PNZMAES.

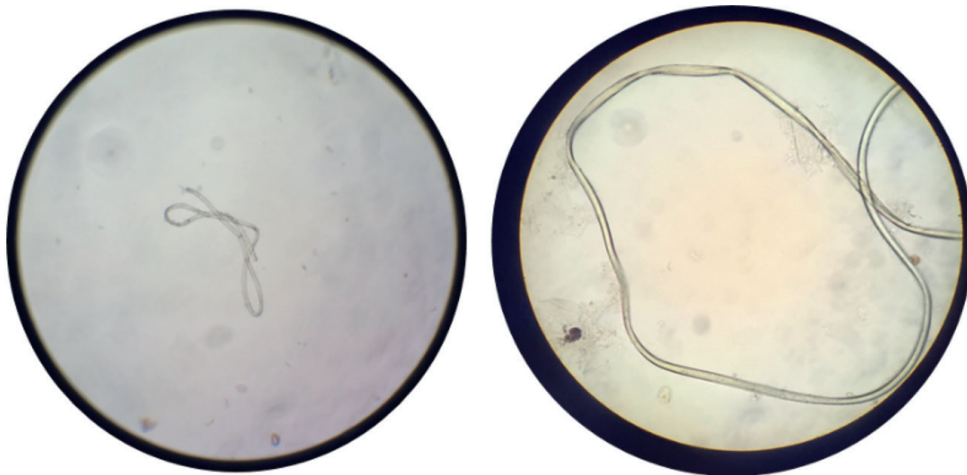


Figura 4. Fibras de microplásticos transparentes (<5 mm), obtenido de contenido esofágico de *C. mydas* en el PNZMAES.

Discusión

Datos morfométricos de C. mydas

Labrada (2011) analizó 118 tortugas verdes en tres sitios de muestreo (Punta Abreojos, Laguna San Ignacio y Bahía Magdalena). En Punta Abreojos se registró una talla promedio de LRC de 62.8 cm y el peso promedio de 38.2 kg. Las tortugas de Laguna San Ignacio obtuvieron un LRC promedio de 49.3 y una media del peso de 18.2 kg. En Bahía Magdalena la talla LRC y el peso promedio fue de 56.2 cm y 28.2 kg, respectivamente. Comparando estos resultados (Tabla II) podemos observar que las tortugas verdes analizadas en Bahía Magdalena obtuvieron datos similares a los nuestros, mientras que las medidas morfométricas registradas en Laguna San Ignacio fueron menores y Punta Abreojos registró valores mayores de LRC.

Otro estudio realizado en Laguna Ojo de Liebre y en los mismos sitios de muestreo realizados por Labrada (2011) analizó 67 tortugas verdes y encontró un rango de LCC entre los 40-80 cm; sin embargo, la mayoría de los organismos presentaron un LCC de 50-59.9 cm (Rodríguez, 2010). Por otro lado, Hernández (2013) encontró que la distribución de tallas de *C. mydas* en Laguna Ojo de Liebre, en el periodo 2009-2012, se encuentra fuertemente sesgada hacia individuos pequeños, con largo recto de caparazón menor a 77.3 cm; también, registró un promedio de LRC de 64.91 cm. En nuestro estudio el valor menor de LCC se registró en La Partida y fue de 52.5 cm (Tabla II), mientras que el valor máximo fue de 80.4cm obtenido en Punta Raza; por lo que, podemos concluir que el

estudio de Labrada presentó organismos más pequeños, pero se obtuvieron individuos con tallas máximas de LCC de 80 cm en ambos estudios. Además, a pesar de que Hernández (2013) tuvo organismos menores a 77.3 cm y nosotros menores a 80.4 cm, el promedio de LRC de Hernández fue mayor por 6.31 cm.

Finalmente, Avilés (2018) encontró en Bahía de Los Ángeles que las tortugas verdes (n=620) mostraban en promedio tallas de LRC igual al 73.54 cm y una media del peso de 58.31 kg; además, analizó las tortugas verdes de Laguna Ojo de Liebre (n=1555) encontrando una media de LRC de 65.6 cm y un peso promedio de 42.13 kg. Comparando este estudio con lo obtenido en nuestros resultados, Avilés encontró organismos de mayor tamaño de acuerdo con el LRC; en cuanto al peso, la media en este estudio fue de sólo 26.4 kg, aunque Punta Raza registró una media de 47.9 kg, pero podemos concluir que el peso registrado en las tortugas verdes del PNZMAES fue menos de la mitad (Tabla II) de lo obtenido por Avilés (2018).

Microplásticos en tortugas marinas

Las tortugas marinas son altamente vulnerables a la perturbación ambiental y contaminación química de su entorno debido a su ciclo de vida. Una de estas perturbaciones son los microplásticos, los cuales se llegan a incorporar mediante la ingesta directa o por sus presas, causando daños (Herrera *et al.* 2017; Vázquez y Labrada, 2021).

Actualmente, el número de estudios e investigación enfocados en microplásticos y sus afectaciones en tortugas marinas ha ido en aumento. En este estudio se analizó la cantidad y color de microplásticos encontrados en contenidos esofágicos de tortugas verdes (*C. mydas*) en cuatro sitios de muestreo (El Gallo, La Gallina, La Partida y Punta Raza) dentro del PNZMAES. Schuyler *et al.* (2013) encontraron que la tortuga verde (*C. mydas*) y Laúd (*D. coriacea*) fueron las especies que consumieron más desechos plásticos en comparación con la tortuga caguama (*Caretta caretta*) y Lora (*Lepidochelys kempii*). Sin embargo, otro estudio Balazs (1985) no menciona a la tortuga laúd como una de las especies más afectadas; sin embargo, señala que la tortuga verde es la más impactada seguida de tortuga caguama. Ambos estudios coinciden en que la especie más afectada es la tortuga verde, la especie objetivo de este estudio.

C. mydas es una especie herbívora y esto podría influir en su alto consumo de microplásticos, ya que en este estudio todas las tortugas analizadas presentaron fibras de microplásticos de diferentes colores (Fig. 2, Tabla I). Schuyler *et al.* (2013) menciona que las especies carnívoras (*C. caretta* y *L. kempii*) aparentemente son menos susceptibles a consumir desechos plásticos que los herbívoros

(*C. mydas*), y los que se alimentan de medusas (*D. coriacea*). Esta relación se puede deber a que las medusas y el alimento para herbívoros tiene cierto parecido al plástico; además de que son organismos menos selectivos que otras especies dado que se alimentan de una gran variedad de organismos, por lo que presentan una mayor probabilidad de alimentarse de desechos (Schuyler *et al.* 2013).

Clukey *et al.* (2017) realizaron una investigación sobre la ingesta de plásticos en 55 organismos de cuatro especies de tortugas marinas, *L. olivacea* (n=37), *C. mydas* (n=10), *C. caretta* (n=5) y *D. coriacea* (n=3), las cuales fueron recolectadas incidentalmente por las pesquerías en el Océano Pacífico. Se encontró que el 100% de tortugas golfinas, el 90% de tortugas verdes y el 80% de tortuga caguama consumieron plástico, mientras que la tortuga laúd no presentó plásticos. Sin embargo, la especie que ingirió una mayor cantidad de plásticos fue *C. mydas*, la cual registro una media de 93.8 de microplásticos por cada tortuga verde. Los colores de plásticos más abundantes en estos organismos fueron: blanco, transparente y azul. En la Fig. 2 podemos observar los diferentes colores de fibras y fragmentos que se obtuvieron de nuestro análisis, donde los microplásticos más abundantes de los cuatro sitios de interés también fueron el azul y el transparente (Fig. 3 y 4); además, en nuestro estudio (Tabla I) se registró una media de 17.7 de ingesta de microplásticos por tortuga verde tomando en cuenta los cuatro sitios, siendo La Partida la localidad con una mayor media de 22.3 microplásticos por cada *C. mydas*. Podemos concluir que nuestra media de ingesta de microplásticos por tortuga es menor debido a que el sitio de muestreo de Clukey y colaboradores está influenciado directamente por las pesquerías.

Cerdán y Quiroz (2020) realizaron una revisión literaria exhaustiva de artículos científicos cuyos objetivos fueran los plásticos en la vida marina. Encontraron que en su mayoría son microplásticos de color rojo y azul, que generalmente se encontraron tanto el tracto gastrointestinal como el digestivo. Por otro lado, Cerpa *et al.* (2020) realizaron un estudio en la Laguna Ojo de Liebre y Guerrero Negro donde analizaron lavados esofágicos de 94 tortugas verdes. Encontrando que en ambos sitios los tres colores más predominantes son azul, transparente y negro; sin embargo, también se observaron fibras de color verde y rojo, aunque en menor cantidad. Los colores de microplásticos encontrados en sus lavados esofágicos fueron similares a los encontrados en este estudio (Fig. 2, Tabla I), pero las frecuencias de ocurrencias presentaron algunas diferencias. Por ejemplo, en este trabajo se obtuvo una frecuencia de ocurrencia del 94.7 para fibras azules y 89.5 de fibras transparentes (Tabla I), y para el caso del estudio de Cerpa y colaboradores (2020) su frecuencia de ocurrencia para estos colores en Laguna Ojo de Libre 2018 fue 64.86 y 51.35 de fibras

azules y transparentes, respectivamente; aunque en el mismo sitio, pero el año 2019 cambiaron las frecuencias a 81.25 de fibras azules y 37.5 transparentes. Las frecuencias son más altas en nuestro estudio, esto se podría deber a que nuestro número de muestra es más pequeño; sin embargo, se necesitaría capturar al menos la misma cantidad o similar de organismos para tener una comparación más certera, además de analizar otros factores que podrían contribuir a la ingesta de microplásticos dentro de la Reserva de la Biosfera del Vizcaíno y compararlo con los factores de nuestros sitios de muestreo dentro del PNZMAES (Cerpa *et al.* 2020).

Por último, comparando este trabajo con uno realizado en Florida por Eastman *et al.* (2020) donde se analizaron 42 contenidos de todo el aparato digestivo de crías de *C. caretta*, se encontró que los colores más abundantes fueron el blanco con casi 1200 microplásticos, seguida del color transparente y azul con aproximadamente 100 piezas de microplásticos. En nuestro estudio, el número máximo de fibras de microplásticos fue de 152 fibras azules (\bar{x} :8.0, %:45) tomando en cuenta los cuatro sitios analizados y un total de 133 transparentes (\bar{x} :7.0, %:39). Esta comparación nos hace concluir que sin importar el estadio de las tortugas (cría, juvenil o adulto) pueden llegar a consumir una gran cantidad de microplástico, es decir, que no existe una relación directa entre el tamaño de las tortugas marinas y el número de microplásticos ingeridos. Además, se cuantificaron los microplásticos presentes en todo el aparato digestivo de las crías *C. caretta*, mientras que en nuestro trabajo solo se realizaron lavados esofágicos de *C. mydas* juveniles y adultas (Eastman *et al.* 2020).

Importancia de la coloración en microplásticos

La importancia de clasificar los microplásticos de acuerdo a su coloración, se debe a la similitud que existe entre las fibras microplásticas y el alimento de la tortuga verde. Bartol y Musick (2003) mencionan que las tortugas marinas poseen la característica de detectar colores ayudándolas a encontrar comida. Sin embargo, Hoarau *et al.* (2014) encontró que la capacidad de detectar colores y formas que poseen las tortugas marinas, también ha llegado a afectarlas debido a la similitud que existe entre los plásticos y su alimento. Un ejemplo que menciona dicho autor son las tapas de botellas de plásticos, de las cuales *C. caretta* se alimenta en un gran número y concluyó que la forma redonda y color de las tapas flotando en la superficie del mar tienen un parecido visualmente a los organismos de los que normalmente se alimenta (Hoarau *et al.* 2014).

Las tortugas verdes son organismos herbívoros, su preferencia por alimentarse de pastos marinos o algas pueden generar un aumento en la probabilidad de ingerir plásticos blandos

transparentes. Esto se debe a que se asemejan a su alimento natural tanto en estructura como en comportamiento (Nelms *et al.* 2016). Por otro lado, Yaghmour *et al.* (2021) encontraron que el 97.18% (n=1101) de los microplásticos encontrados en tortugas verdes pertenecientes al Golfo de Omán (Arabia Saudita) eran microplásticos no rígidos (fibras). Los colores de microplásticos que se observaron en ese estudio fueron transparente ($\Sigma:95$, $\bar{x}:3.52$, $\%:8.63$, F:40.7), azul ($\Sigma:82$, $\bar{x}:3.04$, $\%:7.45$, F:48.1), entre otros. En nuestro estudio (Tabla I) se observó que hubo un mayor número de fibras de microplásticos 96.7% y solo el 3.2% de fragmentos plásticos, predominó en los cuatro sitios el color azul ($\Sigma:152$, $\bar{x}:8$, $\%:45$, F:94.7) y transparente ($\Sigma:133$, $\bar{x}:7.0$, $\%:39$, F:89.5).

Se pueden observar varias diferencias en los valores obtenidos en nuestro estudio con respecto al de Yaghmour y colaboradores, esto se debe a que el tamaño de muestra de su estudio es mayor y los sitios de muestreo son muy distintos, lo que podría estar generando ciertas discrepancias. Sin embargo, se puede concluir que de acuerdo con la información de Nelms *et al.* (2016) y Yaghmour *et al.* (2021) *C. mydas* opta por ingerir una mayor proporción de microplásticos no rígidos como las fibras de colores transparentes y azules, debido al color, forma y comportamiento que tienen los microplásticos semejante a su alimento natural.

Otra razón de la importancia de clasificar microplásticos por color, radica en conocer su posible procedencia. Marti *et al.* (2020) realizaron un estudio sobre espectros de color en plásticos y encontró que en mar abierto la mayoría de los colores predominantes de plásticos son blanco, azul y transparente; mientras que los colores de plásticos presentes en golfos y bahías (como es el caso de nuestros sitios de estudio en el PNZMAES) que predominan son rojo, verde, azul y transparente, aunque estos dos últimos se distribuyen en menores cantidades en comparación con el mar abierto. Schuyler *et al.* (2013) mencionan que las tortugas pequeñas en etapa oceánica tienen más probabilidades de ingerir plásticos que las costeras, mientras que las especies carnívoras son menos susceptibles a ingerir desechos que los herbívoros; comparando lo obtenido en nuestros resultados (Tabla I, Tabla II) se podría concluir que probablemente un porcentaje de los plásticos encontrados en los lavados esofágicos de *C. mydas* podría no provenir del PNZMAES debido a que 18 de los 19 organismos analizados eran juveniles; sin embargo, se necesitarían más datos sobre organismos adultos para realmente conocer si los organismos juveniles se alimentan con más frecuencia de microplásticos que los adultos. La tortuga verde es una especie migratoria y podría estar alimentándose de microplásticos en mar abierto, pero hacen falta realizar más estudios donde se consideren muestras de agua, sedimento y otros factores dentro de los sitios de muestreo, para conocer la cantidad de microplásticos que están presentes en estos sitios y

compararlo con los microplásticos ingeridos por las tortugas verdes (Lara y Mota, 2015; Marti *et al.* 2020).

Relación del PNZMAES y la ingesta de microplásticos

Como se menciona anteriormente, pueden existir otros factores dentro del Parque Nacional que podrían estar generando la ingesta de microplásticos en *C. mydas* dentro de los sitios de muestro. Los cuatro sitios de muestro dentro del PNZMAES se encuentran dentro de la zona de amortiguamiento Espíritu Santo, donde se realiza un aprovechamiento de los recursos naturales bajo esquemas de regulación permitiendo navegación, turismo de bajo impacto ambiental, monitoreos, colecta científica y pesca comercial (CONANP, 2015). Además, La Gallina y La Partida son sitios para instalación de campamentos pesqueros (CONANP, 2017). Moon *et al.* (2022) realizó un estudio de contenido estomacal de tortugas verdes en Corea, encontró que las fibras de microplásticos de las que se alimentó *C. mydas* provenían de fibras de cuerdas y redes de pesca. En nuestro estudio (Tabla I) se obtuvo que los sitios con mayor número de microplásticos fueron La Gallina y La Partida, lo que podría estar relacionado directamente con la instalación de campamentos pesqueros en esas playas; además, de acuerdo con lo mencionado anteriormente por Moon *et al.* (2022) y que en el PNZMAES se permite la pesca e instalación de campamentos pesqueros (Fig. 1), se podría considerar que las tortugas verdes podrían seguir alimentándose de microplásticos dentro del PNZMAES (CONANP, 2017).

Conclusiones

Las *C. mydas* juveniles (LCC) analizadas en las cuatro localidades de muestro (El Gallo, La Gallina, La Partida y Punta Raza) dentro del PNZMAES presentaron ingesta de microplásticos. Al igual que individuos de las demás especies de tortugas marinas en otras regiones del mundo, *C. mydas* se está alimentando en gran mayoría de fibras azules y transparentes, aunque, también se encontraron fibras rojas, negras, fragmentos rojos y azules. Este estudio se enfocó en la clasificación de colores de las fibras y fragmentos, la relevancia que tiene clasificar los microplásticos por color y conocer los posibles factores dentro del PNZMAES que podrían estar generando la ingesta de microplásticos. Sin embargo, reiteramos que es necesario realizar más investigaciones acerca de los sitios de muestro para conocer si la mayoría de los microplásticos ingeridos por las tortugas verde provienen de mar abierto o de la actividad pesquera dentro del PNZMAES; además, generar datos

de organismos adultos y comparar si las cantidades de microplásticos en juveniles son mayores; por último, conocer si las cantidades ingeridas por las tortugas generan afectaciones a largo plazo y con ello, obtener información más certera acerca de las afectaciones que el microplástico provoca en esta especie.

Agradecimientos

A la Universidad Autónoma de Baja California Sur, el Proyecto Salud Tortugas Marinas, Al personal del Parque Nacional Zona Marina Espíritu Santo, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y Programa de Conservación para el Desarrollo Sostenible por el apoyo y financiamiento para realizar este proyecto de investigación.

Literatura citada

- Amorocho, D. y R. Reina. 2007. *Feeding ecology of the East Pacific green sea turtle Chelonia mydas agassizii at Gorgona National Park, Colombia*. Endangered Species Research 3: 43-51.
- Avilés, J.A. 2018. *Ecología poblacional de la tortuga verde (Chelonia mydas) en dos zonas de alimentación de la península de Baja California, México*. Tesis de Maestro en Ciencias. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California. México. 61 pp.
- Awabdi, D.R., S. Siciliano y A.P.M. Di Benedetto. 2013. *First information about the stomach contents of juvenile green turtles, Chelonia mydas, in Rio de Janeiro, southeastern Brazil*. Marine Biodiversity Records 6: 1-6.
- Balazs, G. 1985. *Impact of ocean debris on marine turtles: entanglement and ingestion*. pp. 387-429. En: R. S. Shomura y H. O. Yoshido (Eds.). Proceedings of the workshop on the fate and impact of marine debris. U.S. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) Technical memorandum 54. National Marine Fisheries Service. Honolulu, Hawái. 574 pp.
- Bartol, S. y J. Musick. 2003. *Sensory biology of sea turtles*. pp. 79-102. En: J. Lutz, P. L. Musick, y J. A. Wyneken (Eds.). The Biology of Sea Turtles, II. CRC Press. Boca Raton, Florida. 474 pp.
- Besseling, E., A. Wegner, E.M. Foekema, M.H. den Heuvel-Greve y A.A. Koelmans. 2013. *Effects of Microplastic on Fitness and PCB Bioaccumulation by the Lugworm Arenicola marina (L.)*. Environmental Science & Technology 47(1), 593-600.

- Bjorndal, K. A., A.B. Bolten y C.J. Lagueux. 1994. *Ingestion of marine debris by juvenile sea turtles in coastal Florida habitats*. Marine Pollution Bulletin 28(3): 154–158.
- Böll-Stiftung, H. 2019. *Atlas de Plástico 2019: Datos y cifras sobre el mundo de los polímeros sintéticos*. Fundación Heinrich Böll. San Salvador, El Salvador. 50 pp.
- Bugoni, L., L. Krause y M. Virginia Petry. 2001 *Marine Debris and Human Impacts on Sea Turtles in Southern Brazil*. Marine Pollution Bulletin 42(12): 1330–1334.
- Caron, A.G., C.R. Thomas, K.L. Berry, C.A. Motti, E. Ariel y J.E. Brodie. 2018. *Ingestion of microplastic debris by green sea turtles (Chelonia mydas) in the Great Barrier Reef: Validation of a sequential extraction protocol*. Marine Pollution Bulletin 127: 743-751.
- Cerdán, J.C. y J.A. Quiroz. 2020. *Evaluación de la incidencia de microplásticos y su afectación en especies marinas*. Tesis de Licenciatura. Universidad César Vallejo. Trujillo, Perú. 47 pp.
- Cerpa, G., R.A. Galindo, M.M. Lara y J.M. López. 2020. *Presencia de fibras de microplásticos en la Tortuga Prieta, Chelonia mydas, en laguna Ojo de Liebre y Guerrero Negro*. Revista Bioma 56 (5): 35-45.
- Clukey, K.E., C.A. Lepczyk, G.H. Balazs, T. M. Work y J.M. Lynch. 2017. *Investigation of plastic debris ingestion by four species of sea turtles collected as bycatch in pelagic Pacific longline fisheries*. Marine Pollution Bulletin 1-2 (120): 117-125.
- Cole, M., P. Lindeque, C. Halsband y T.S. Galloway. 2011. *Microplastics as contaminants in the marine environment: a review*. Marine Pollution Bulletin 62: 2588–2597.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2015. *Compendio del programa de manejo del Parque Nacional Zona Marina del Archipiélago de espíritu santo: Zonificación y reglas*. CONANP. Baja California Sur. 32 pp.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2017. *Programa de Manejo del Complejo Insular del Espíritu Santo*. CONANP. Baja California Sur, México. 164 pp.
- Derraik, J.G. 2002. *The pollution of the marine environment by plastic debris: a review*. Marine Pollution Bulletin 44: 842-852.
- Eastman, C.B., J. Farrell, L. Whitmore, D. Rollinson, R.S. Thomas, J. Prine, S.F. Eastman, T.Z. Osborne, M.Q. Martindale y D.J. Duffy. 2020. *Plastic Ingestion in Post-hatchling Sea Turtles: Assessing a Major Threat in Florida Near Shore Waters*. Frontiers in Marine Science 693 (7): 1-11.
- Eckert, K., K. Bjorndal, F. Abreu y M. Donnelly (Eds.). 1999. *Research and Management Techniques for the Conservation of Sea Turtles*. IUCN/SSC Marine Turtle Specialist Group Publication. Pennsylvania, Estados Unidos. 248 pp.

- Elías, R. 2015. Mar de Plásticos: *Una revisión del plástico en el mar*. Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero 27: 83-105.
- Fendall, L.S. y M.A. Sewell. 2009. *Contributing to marine pollution by washing your face: microplastics in facial cleansers*. Marine Pollution Bulletin 58: 1225–1228.
- Forbes, G. y C. Limpus. 1993. *A Non-lethal Method for Retrieving Stomach Contents from Sea Turtles*. Wildlife Research 20: 339-343.
- Gall, S. C., y R.C. Thompson. 2015. *The impact of debris on marine life*. Marine Pollution Bulletin 92(1-2): 170–179.
- González, F. 2004. *Variación espacio temporal de algunos macroinvertebrados bentónicos del Archipiélago Espíritu Santo, B. C. S., México*. Tesis de Maestría en Ciencias. Instituto Politécnico Nacional. 82 pp.
- González, F., O. Holguín y G. De la Cruz. 2006. *Variación espaciotemporal de algunos macroinvertebrados (Gastropoda, Bivalvia y Echinodermata) de fondos someros del Archipiélago Espíritu Santo, Baja California Sur, México*. Ciencias Marinas 32(1A): 33-44.
- Hernández, G. 2013. *Análisis de la captura diurna y nocturna y estado de la población de tortuga prieta (Chelonia mydas) en Laguna Ojo de Liebre, Baja California Sur: 2009-2012*. Tesis de Maestro en Ciencias. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California. México. 84 pp.
- Herrera, A., A. Liria, P. Ostiategui y M. Gómez. 2017. *Microplásticos: Amenaza de los ecosistemas marinos*. Revista de la Sociedad Atlántica de Oceanógrafos 5: 10-17.
- Hoarau, L., L. Ainley, C. Jean y S. Ciccione. 2014. *Ingestion and defecation of marine debris by loggerhead sea turtles, Caretta caretta, from by-catches in the South-West Indian Ocean*. Marine Pollution Bulletin 84 (1-2): 90-96.
- Labrada, V. 2011. *Evaluación del estado de salud de la tortuga verde del Pacífico Oriental (Chelonia mydas) que habita en la costa de Baja California Sur, a través de biomarcadores fisiológicos*. Tesis de Doctorado en Ciencias. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. México. 207 pp.
- Lara, M. M. y C. Mota. 2015. *Tortuga Verde, Chelonia mydas (Linnaeus 1778)*. Revista Bioma 27 (3): 43-50.
- Lutz, P. 1990. *Studies on the ingestion of plastic and latex by sea turtles*. pp. 2–7. En: R. S. Shomura y M. L. Godfrey (Eds.). Proceedings of the Second International Conference on Marine Debris. US Department of Commerce NOM Tech Memo, NMFS. NOMTM-NMFS-SUFSC-15. Honolulu, Hawaii.

- Nelms, S.E., E.M. Duncan, A.C. Broderick, T.S. Galloway, M.H. Godfrey, M. Hamann, P.K. Lindeque y B.J. Godley. 2016. *Plastic and marine turtles: a review and call for research*. Journal of Marine Science 73(2): 165–181.
- Márquez, R. 2002. *Las tortugas marinas y nuestro tiempo*. Fondo de Cultura Económica. Ciudad de México, México. 103 pp.
- Marti, E., C. Martin, M. Galli, F. Echevarría, C. M. Duarte y A. Cozar. 2020. *The colours of the ocean plastics*. Environmental Science and Technology 54: 6594–6601.
- Moon, Y., W. Joon, G. Myung, J. Jeong, Y. Cho, I. Hun, M. Seop, H. Rim y S. Hee. 2022. *What type of plastic do sea turtles in Korean waters mainly ingest? Quantity, shape, color, size, polymer composition, and original usage*. Environmental Pollution 298.
- Ory, N.C., P. Sobral, J.L. Ferreira y M. Thiel. 2017. *Amberstripe scad Decapterus muroadsi (Carangidae) fish ingest blue microplastics resembling their copepod prey along the coast of Rapa Nui (Easter Island) in the South Pacific subtropical gyre*. Science of the Total Environment 586: 430–437.
- Pérez, E., A. Ruiz, G. Espinosa y I. Lee. 2010. *Histología gonadal y criterios fenotípicos de maduración en las tortugas marinas Chelonia mydas y Eretmochelys imbricata (Testudines: Chelonidae) de Cuba*. Revista de biología tropical 58 (1): 287-298.
- Pham, C. K., Y. Rodríguez, A. Dauphin, R. Carriço, J.P. Frias, F. Vandeperre, V. Otero, M. Santos, H.R. Martins, A.B. Bolten y K.A. Bjorndal. 2017. *Plastic ingestion in oceanic-stage loggerhead sea turtles (Caretta caretta) off the North Atlantic subtropical gyre*. Marine Pollution Bulletin 121(1-2): 222–229.
- Procter, J., F. E. Hopkins, E.S. Fileman y P. K. Lindeque. 2019. *Smells good enough to eat: dimethyl sulfide (DMS) enhances copepod ingestion of microplastics*. Marine Pollution Bulletin 138: 1–6.
- Ramos, D. 2019. *Ecología alimenticia de la tortuga carey (Eretmochelys imbricata) en la región suroccidental del Golfo de California*. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, Baja California Sur. 76 pp.
- Reséndiz, E., H. Fernández, D. Ramos, V. Silva, D. Barrientos y M. Lara. 2019a. *Determinación de nuevos ingredientes en la dieta de tortugas*. pp. 287-294. En: Cuevas, E., J. Guerra, G. Hernández y G. Rivas (Eds.). El Uso del Conocimiento de las Tortugas Marinas como herramienta para la restauración de sus poblaciones y hábitats asociados México. Universidad Autónoma del Carmen. Campeche, México. 298 pp.
- Reséndiz, E., H. Fernández, I. García y M. Lara. 2019b. *Modificación y adaptación de la técnica no letal para recuperar contenido esofágico y estomacal de tortugas marinas en vida libre*. Revista Bioma 5 (49): 62-67.

- Rodríguez, J.M. 2010. *Afinidad trófica a zonas de alimentación de la tortuga verde (Chelonia mydas) en la costa occidental de Baja California Sur, México*. Tesis de Maestro en Ciencias. Instituto Politécnico Nacional. México. 92 pp.
- Santos, R., R. Andrades, M. Boldrini y A. Silva. 2015. *Debris ingestion by juvenile marine turtles: an underestimated problem*. Marine Pollution Bulletin, 93: 37–43.
- Schuyler, Q., B.D. Hardesty, C. Wilcox y K. Townsend. 2013. *Global analysis of anthropogenic debris ingestion by sea turtles*. Conservation Biology 28: 129–139.
- SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2020. *Panorama General de las Tecnologías de Reciclaje de Plásticos en México y en el Mundo*. En: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/608513/89_2020_Documento_Plastico.pdf (Consultado el 29/11/2021).
- Tomás, J., R. Guitart, R. Mateo y J. Raga. 2002. *Marine debris ingestion in loggerhead sea turtles, Caretta caretta, from the Western Mediterranean*. Marine Pollution Bulletin 44(3): 211–216.
- Ugwu, K., A. Herrera y M. Gómez. 2021. *Microplastics in marine biota: A review*. Marine Pollution Bulletin 169: 1-11.
- Vázquez, A.G. y V. Labrada. 2021. *Más allá de los popotes: efectos de la contaminación plástica en las tortugas marinas*. Recursos Naturales y Sociedad 7 (1): 17-40.
- Wright, S.L., R.C. Thompson y T.S. Galloway. 2013. *The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review*. Environmental Pollution 178: 483-492.
- Yaghmour, F., M. Al Bousi, H. Al Naqbi, B. Whittington-Jones y C.J. Rodríguez-Zarate. 2021. *Junk food: Interspecific and intraspecific distinctions in marine debris ingestion by marine turtles*. Marine Pollution Bulletin 173: 1-12.

CITA:

Ricardes Merino F.V., M. M. Lara Uc, D. R. Ramos Ávila y J. M. López Vivas. 2022. Microplásticos presentes en lavados esofágicos de la tortuga verde (*Chelonia mydas* Linnaeus, 1758) en el Parque Nacional Zona Marina Archipiélago Espíritu Santo, Baja California Sur. Áreas Naturales Protegidas Scripta, 2022. Vol. 8 (1): 67-89. <https://doi.org/10.18242/anpscripta.2022.08.08.01.0005>

Sometido: 22 de octubre de 2021

Revisado: 17 de noviembre de 2021

Aceptado: 05 de enero de 2022

Editora asociada: Dra. Lía C. Méndez Rodríguez

Diseño gráfico editorial: Lic. Gerardo Hernández