

ODS 14. Vida submarina. Efecto del consumo de microplásticos en la salud de tres especies de peces pelágicos



DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.359.14>

JESÚS GUZMÁN AMBRIZ*

APOLINAR SANTAMARÍA MIRANDA**

JUAN PABLO APÚN MOLINA***

MÁXIMO GARCÍA MARCIANO****

T. LETICIA ESPINOSA CARREÓN*****

DIEGO OLIVER APÚN-SANTAMARÍA*****

MARTÍN ARMANDO ROMÁN VEGA*****

Resumen

Los mares son de gran importancia para el bienestar económico nacional y mundial, donde la pesca marina emplea a más de 200 millones de personas. En el Golfo de California (GC) se captura más de 70% de las especies de pelágicos menores. Uno de los retos actuales es obtener proteína de origen marino saludable para la población. Sin esfuerzos coordinados los problemas de

-
- * Biólogo Marino por la Universidad de Guadalajara, México ; Correo electrónico jesus.gambriz@alumnos.udg.mx
 - ** Doctora en Ciencias Marinas y Costeras. Profesora-investigadora titular C en IPN-CIIDIR, Unidad Sinaloa, México. ORCID: 0000-0001-8335-1460; Scopus: 6507903146
 - *** Doctor en Ciencias en Biotecnología. Profesor-investigador titular "C" en IPN-CIIDIR, Unidad Sinaloa, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9006-8882>; Scopus: 8557066500
 - **** Maestro en Ciencias en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Estudiante de Doctorado en Conservación del Patrimonio Paisajístico del IPN-CIIDIR, Unidad Sinaloa, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6530-5954>; Scopus: 57211584206
 - ***** Doctora y Maestra en Ciencias en Ecología Marina por el CICESE. Profesora-investigadora en IPN-CIIDIR, Unidad Sinaloa, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0003-7757>
 - ***** Estudiante de Biología Acuícola en la Universidad Autónoma de Sinaloa. México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-1592-3444>
 - ***** Doctor en Sustentabilidad por la Universidad Autónoma de Occidente, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0028-3771>

contaminación costera aumentarán 20% para el año 2050, es de gran importancia mantener las poblaciones saludables de peces, buscar el equilibrio en las capturas para preservar nuestro medio de vida. A bordo del BI “Dr. Jorge Carranza Fraser” del Instituto Mexicano de Investigación en Pesca y Acuicultura Sustentables (IMIPAS), en 38 lugares se recolectaron 60 organismos de tres especies de pelágicos menores. En relación con los microplásticos en los estómagos de las especies *Auxis rochei* y *Scomber japonicus*, se presentaron seis fragmentos en promedio, la especie *Trichiurus nitens* presentó tres fragmentos de microplásticos. Se observó que, de las tres especies analizadas, *Trichiurus nitens* presentó el mejor factor de condición y mejores valores en su bioquímica sanguínea en comparación con *Auxis rochei* y *Scomber japonicus*, que presentaron mayor consumo de microplásticos, disminución del factor de condición y valores de bioquímica sanguínea disminuidos como el colesterol, la proteína y los triglicéridos. Con relación en la glucosa fue elevada en la especie *Scomber japonicus*, lo cual se considera como indicador de estrés.

Palabras clave: *peces, salud, contaminantes.*

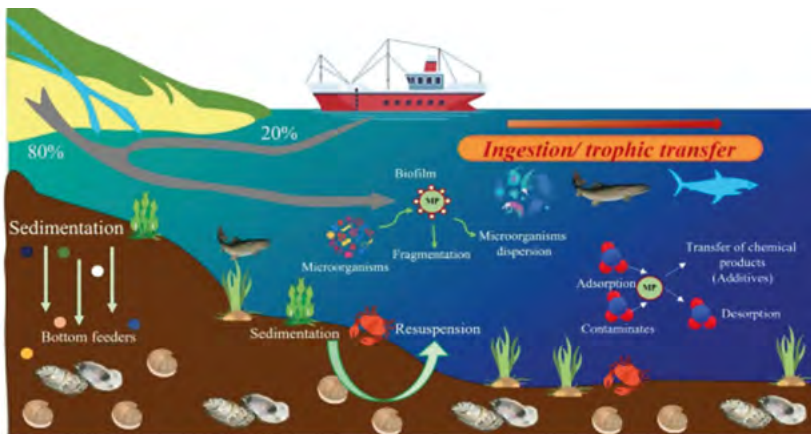
Introducción

La inadecuada gestión de los plásticos es un problema grave que se mantiene en aumento, contaminando los ecosistemas marinos. Dicho problema persistirá durante siglos, así como el número de implicaciones dañinas. Dado que los contaminantes orgánicos persistentes (COP) son un tipo de polímero sintético que se forma por la polimerización de monómeros extraídos del petróleo (Román-Vega, 2024). Se espera que la demanda del mercado de productos plásticos seguirá aumentando y el nivel de producción alcanzará los 600 millones de toneladas en 2025, pudiendo superar los mil millones de toneladas en 2050.

Debido al aumento de contaminantes, eventos de eutrofización, acidificación, el calentamiento de los océanos y de la contaminación por plásticos, los océanos se han puesto en un estado de emergencia, afectando la salud de la fauna de peces y con ello la disminución de las pesquerías, que ha provocado la desaparición de más de un tercio de las poblaciones de peces a es-

cala mundial. Diversas investigaciones demuestran que los peces se han visto gravemente afectados y se estima que alrededor de 600 especies ingieren microplásticos que, por sus características aparentes, se confunden con alimento natural. Se ha demostrado que algunos animales se ven afectados al ingerir este tipo de desechos oceánicos, dentro de los daños causados por los microplásticos a los peces son la obstrucción en las branquias, tracto digestivo, saciedad nutricional, laceración de tejidos, limitación de la ingesta de alimentos, disminuyendo su locomoción que los vuelve vulnerables ante sus depredadores, generando impactos económicos en sus poblaciones, la pesca de subsistencia y comercial. Algunas especies marinas lo hacen por medio de ingesta directa, mientras que otros los consumen de manera incidental mediante bioacumulación por las propias presas u eslabones inferiores dentro de la cadena alimenticia. Con relación en la ingesta directa de microplásticos, así como de las presas contaminadas por plásticos y microplásticos, destaca que estos eventos producen una bioacumulación de toxinas químicas en los organismos afectados. La mayoría de los microplásticos contienen PBT (tereftalato de polibutileno) que tiene una baja solubilidad en el agua de mar y, por lo tanto, tiende a concentrarse en la superficie donde puede ser absorbido mediante filtración y bioacumularse en los organismos causando alteración endocrina, mutagenicidad y carcinogénesis.

Figura 1. Mecanismos de transferencia trófica de microplásticos en el medio ambiente marino



Fuente: tomado de Román-Vega, M. A., Apún-Molina, J. P., Escobedo Urias, D. C., Sevilla, N. P. M., Jeyakumar, S. S. L., & Santamaria-Miranda, A. (2025). Effects of plastics and microplastics on marine ecosystems: a global review. *Health and Climate Change*, 151-173.

Aunque hay algunos avances en la ampliación de las áreas marinas protegidas, en la lucha contra la pesca ilegal, no declarada y no reglamentada, las poblaciones no se producen a la velocidad o escala necesarias para cumplir el Objetivo de Desarrollo Sustentable (ODS) 14: Vida submarina. Para contrarrestar estas tendencias, es urgente una acción rápida y coordinada a escala mundial. Esto implica aumentar la financiación de proyectos dirigidos al estudio del mar, intensificar los esfuerzos de conservación, promover soluciones basadas en la naturaleza y en los ecosistemas, abordar las interconexiones y los impactos de las presiones inducidas por el ser humano y cambiar con urgencia el rumbo del cambio climático para salvaguardar el mayor ecosistema del planeta.

En México, la pesca es una actividad de la que dependen alrededor de 300,000 familias de manera directa, y más de 2,000, indirectamente. La limitada planeación en políticas públicas vinculadas a temas de contaminación marina y la sobreexplotación de los recursos pesqueros, incrementan el riesgo de extinción de algunas especies marinas. Con el fin de reducir este problema y convertir al país en un líder global de pesca sostenible, es necesario iniciar cambios simples, pero significativos, como pescar en zonas permitidas, no capturar peces que estén en riesgo, cuidar las zonas de resguardo, así como respetar el tiempo de veda para cada especie de interés. Las interacciones tróficas afectadas por la invasión de peces conllevan impactos directos en los *stocks* reproductivos, así como cambios en la distribución, productividad y composición comunitaria de los recursos marinos, afectando directamente a las poblaciones costeras que dependen de la pesca. La disminución en la disponibilidad de suministros alimentarios de origen acuático afecta la seguridad alimentaria de la población mundial.

El objetivo del presente trabajo fue buscar la relación entre la presencia de microplásticos de tres especies de peces pelágicos del golfo de California, con respecto a su condición morfofisiológica y parámetros bioquímico-sanguíneos.

Materiales y métodos

A bordo del BI “Dr. Jorge Carranza Fraser” del Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (hoy Instituto Mexicano de Investigación en Pesca y Acuicultura

Sustentables – IMIPAS), se llevó a cabo el crucero JCFINP/2304-06. “Prospección y evaluación de recursos pesqueros en el noroeste mexicano durante 2023. Fase II”, durante el periodo del 15 de mayo al 3 de junio de 2023. Se capturaron peces a lo largo de 18 distintas estaciones oceanográficas. El Departamento de Acústica indicaba las condiciones adecuadas para realizar el lance, se bajaban las redes y se hacía el arrastre. Los especímenes colectados se registraron según especie, nombre común, nombre científico, longitud estándar, peso, sexo, grado de madurez sexual, características externas peculiares, aspecto sanitario, estado nutricional, sitio de muestreo, periodo climático, etc. Posteriormente fueron almacenados en refrigeración para su procesamiento en el laboratorio de peces y salud reproductiva del IPN-CIIDIR, Unidad Sinaloa.

Los ejemplares recolectados fueron organismos de las siguientes especies. A continuación, se presentan los nombres y características de cada uno de ellos.

Trichiurus nitens

Miembro de la familia de los peces espada, los nombres comunes con que se les conocen son: pez sable del Pacífico, pez cinta Pacífico; esta especie se encuentra en océanos tropicales y templados de todo el mundo. Es un pez depredador, con importancia pesquera, los ejemplares grandes pueden alcanzar un peso de hasta seis kg y una longitud de 2.34 m, aunque la mayoría tiene sólo entre 0.5 y 1 m de longitud, con un peso promedio de 2.8 kg. Presentan cuerpo muy alargado, fuertemente comprimido, en forma de cinta, ahusándose a la cola que es un hilo delgado y puntiagudo; presenta un hocico largo; ojo grande, boca grande con mandíbula inferior fuertemente proyectante, con colmillos grandes; margen inferior de la cubierta branquial es cóncavo; las aletas dorsal y anal bajas y con la base extremadamente larga; las aletas pectorales son puntiagudas, sin aletas pélvicas; sin aleta caudal; línea lateral completa; sin escamas, coloración plateada, azulado en la parte superior; aletas pectorales negruzcas cenizas, los juveniles frecuentemente entran a aguas costeras someras y esteros; los adultos son bentopelágicos que habitan a una profundidad entre 2-500 m. En el Pacífico oriental de California a Perú y las islas Galápagos (Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, 2024).

Figura 2. *Trichiurus nitens*

Fuente: <https://mexican-fish.com/pacific-cutlassfish/>

Auxis rochei

Miembro de la familia Scombridae, presenta un cuerpo alargado, redondeado; sin párpado gordo; dientes de las mandíbulas delgados, cónicos; 2 aletas dorsales ampliamente separadas; sin escamas del dorso; 1 quilla grande + 2 quillas pequeñas en la base de la cola; aleta caudal profundamente ahorquillada; 1 línea lateral; la extensión posterior del corselete es ancha. Dorso azulado oscuro; vientre blanco. Tamaño máximo, 55 cm, 1.84 kg. Habita en aguas costeras y oceánicas, formando grandes cardúmenes a una profundidad de 0-200 m. Distribución mundial en mares tropicales y subtropicales (excepto en el Pacífico oriental). Los adultos se capturan principalmente en aguas costeras y alrededor de islas. Forman cardúmenes. Se alimentan de peces pequeños, particularmente anchoas, crustáceos (especialmente larvas de cangrejos y estomatópodos) y calamares. Los huevos y las larvas son pelágicos, debido a su abundancia, se consideran un elemento importante de la red alimentaria, particularmente como forraje para otras especies de interés comercial.

Figura 3. *Auxis rochei*

Fuente: <https://fishesofaustralia.net.au/home/species/717>

Scomber japonicus

Especie pelágica costera, en menor medida epipelágica a mesopelágica sobre el talud continental. La formación de cardúmenes por tamaño está bien desarrollada y se inicia aproximadamente a los 3 cm; también puede formar cardúmenes con *Sarda chiliensis*, *Trachurus synchronus* y *Sardinops sagax*. Los adultos permanecen cerca del fondo durante el día; suben a aguas abiertas por la noche, donde se alimentan de copépodos y otros crustáceos, peces y calamares, el desove lo realizan en grupos, los huevos y las larvas son pelágicos. En aguas asiáticas, se desplazan a aguas más profundas y permanecen inactivos durante la temporada de invierno. Cultivados comercialmente en Japón. Se comercializa fresco, congelado, ahumado, salado y, ocasionalmente, enlatado. Se consume frito, asado y horneado. Se utiliza en la medicina china. Habita a profundidades de 0-300 m, usualmente 50-200 m. Subtropical; longitud máxima: 64.0 cm LT; longitud común: 30.0 cm L macho; peso máximo publicado: 2.9 kg; edad máxima reportada: 18 años; espinas dorsales 9-11; radios blandos dorsales 11-12; espinas anales: 1; radios blandos anales 12-14; vértebras 31. Dorso con franjas estrechas que zigzaguean y ondulan. Vientre sin marcas. Pedúnculo caudal con 5 aletillas en el borde superior e inferior. Distancia entre aletas dorsales menor o igual que la base de la primera aleta dorsal.

Figura 4. *Scomber japonicus*



Fuente: <https://wildlife.org.ly/en/fish-card/scomber-japonicus-2/>

Análisis de parámetros bioquímicos

En la determinación de proteínas totales se utilizó el método de Bradford (1976). El análisis para determinar los triglicéridos se realizó utilizando el

kit comercial GPO-PAP (Randox, Crumlin, Reino Unido) siguiendo la metodología de Hurtado-Oliva (2004). La determinación del colesterol se llevó a cabo usando el kit comercial CHOD-PAP (Boehringer Mannheim GMBH, Biberach, Alemania), se utilizó la metodología de Hurtado-Oliva (2004). Para la determinación de glucosa se utilizó el método GOD-PAP (Kit comercial Randox, Crumlin, Reino Unido), se utilizó la metodología descrita en Hurtado Oliva (2004).

Identificación y cuantificación de microplásticos

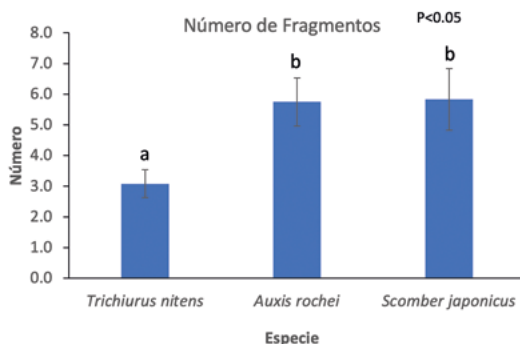
Para la determinación y cuantificación de *microplásticos* (MP) en el contenido estomacal de los organismos se siguió la metodología de Román et al. (2004). Una vez que se extrajeron los estómagos, toda la composición orgánica fue digerida con peróxido de hidrógeno a 30% en una caja Petri. Posteriormente, las cajas Petri fueron introducidas al horno (Yamato MOD. DKN-602C) para eliminar por completo los residuos de H₂O₂, 24 o 48 horas después los MP fueron cuantificados y clasificados de acuerdo con el tamaño de los fragmentos con la ayuda del microscopio Leica (DM4000).

Resultados

El análisis del número de contenido de fragmentos microplásticos en estómagos de *T. nitens*, *A. rochei* y *S. japonicus* mostró diferencia significativa ($p < 0.05$) entre las tres especies; sobresaliendo las especies *A. rochei* y *S. japonicus*, que presentaron una media de seis fragmentos en sus estómagos en comparación de la especie *T. nitens*, la cual tuvo tres fragmentos en promedio (figura 5).

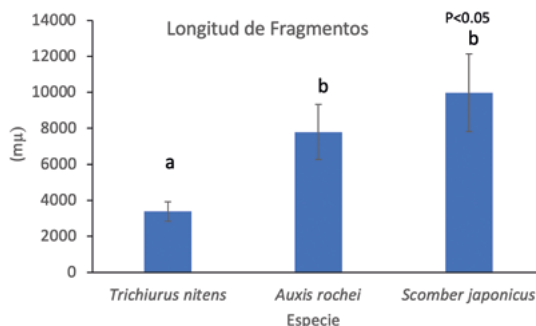
Con relación a la longitud de los fragmentos encontrados se detectaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las tres especies, *A. rochei* y *S. japonicus* presentaron fragmentos cuya longitud fue de 8000 y 10000 micrómetros, respectivamente, caso contrario con la especie *T. nitens* cuya longitud de los fragmentos fue de 2800 micrómetros en promedio (figura 6).

Figura 5. Número de microplásticos consumidos por *T. nitens*, *A. rochei* y *S. japonicus* en el Golfo de California



Fuente: elaboración propia.

Figura 6. Longitud de microplásticos consumidos por *T. nitens*, *A. rochei* y *S. japonicus* en el Golfo de California



Fuente: elaboración propia.

En el análisis de la bioquímica sanguínea se consideró un total de 47 organismos de entre las tres especies, se presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$). En el caso del colesterol (mg/dL), éste fue mayor en *T. nitens* (144.9 ± 80.1) en comparación con *A. rochei* (101.3 ± 18.5) y *S. japonicus* (98.2 ± 20.1). Las proteínas totales (g/dL) fueron mayores en *T. nitens* (3.1 ± 0.4) en comparación con *A. rochei* (2.5 ± 0.50) y *S. japonicus* (2.4 ± 0.22). Con relación a los resultados obtenidos en el análisis de los triglicéridos (mg/dL), los valores más altos fueron para la especie *T. nitens* (215.5 ± 131.7) en

comparación con *A. rochei* (175.3 ± 115.1) y *S. japonicus* (165.2 ± 80.3), en el análisis de la glucosa (mg/dL) ésta fue menor en las especies *T. nitens* (101.1 ± 14) y *A. rochei* (101.6 ± 19.5) en comparación con *S. japonicus* (117.4 ± 21.8) donde fue mayor (tabla 1).

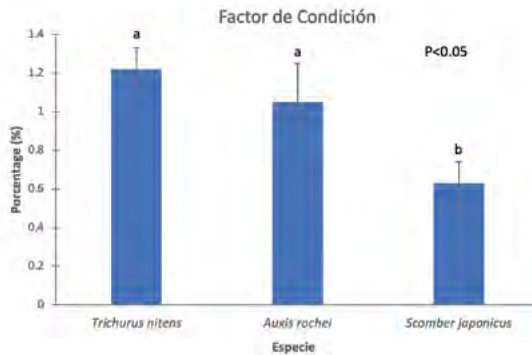
Tabla 1. Análisis bioquímicos en *T. nitens*, *A. rochei* y *S. japonicus* en el Golfo de California, México

Especie	<i>Trichiurus nitens</i>	<i>Auxis rochei</i>	<i>Scomber japonicus</i>	P
N	15	15	17	
Colesterol (mg/dL)	144.9 ± 80.1^a	101.3 ± 18.5^b	98.2 ± 20.1^b	$p < 0.05$
Proteínas totales (g/dL)	3.1 ± 0.4^a	2.5 ± 0.50^b	2.4 ± 0.22^b	$p < 0.05$
Triglicéridos (mg/dL)	215.5 ± 131.7^a	175.3 ± 115.1^b	165.2 ± 80.3^b	$p < 0.05$
Glucosa (mg/dL)	101.1 ± 14^a	101.6 ± 19.5^a	117.4 ± 21.8^b	$p < 0.05$

Letras diferentes, representan diferencias significativas $p < 0.05$.

Fuente: elaboración propia.

Figura 7. Factor de condición de *Trichiurus nitens*, *Auxis rochei*, *Scomber japonicus* capturadas en el Golfo de California



Fuente: elaboración propia.

Factor de condición (K)

Se presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre las tres especies analizadas, que obtuvo la mayor factor de condición fue *T. nitens* (1.2 ± 0.11), seguida de *A. rochei* (1.05 ± 0.2) y *S. japonicus* (0.63 ± 0.11) (figura 7).

Discusión

Estudios realizados por McGoran et al. (2017) mencionan que la cantidad de microplásticos encontrados en el tracto digestivo de peces de ambientes acuáticos es cada vez más elevada dado el aumento de depositación a la vida marina. Sin embargo, Davison y Asch (2011) encontraron una incidencia de 9.2% de microplásticos en el tracto digestivo de 114 peces mesopelágicos; por lo que se deduce que la ingestión de microplásticos por peces se encuentra influenciada por diversos factores, incluido el nivel de contaminación de microplásticos local, la estrategia de alimentación de cada especie de pez y otros factores ambientales (Romeo et al., 2015; Battaglia et al., 2016; Bucol et al., 2020; Wang et al., 2020). Donde las especies *A. rochei* y *S. japonicus* fueron las que presentaron seis fragmentos en promedio en sus estómagos, disminuyendo la cantidad de alimento saludable que apoyará el aumento de su condición fisiológica y la calidad reproductiva.

Con relación a la condición nutricional, la bioquímica sanguínea proporciona información detallada sobre el estado nutricional de los peces. Se analizan las concentraciones de proteínas, lípidos, vitaminas y minerales en la sangre, se puede evaluar si los peces están capturando o recibiendo una dieta equilibrada y adecuada para sus necesidades nutricionales (García-Hurtado, 2018). En relación con el colesterol, es un lípido, componente esencial en todas las células de los animales, sirve de precursor a las hormonas corticosteroides y a los ácidos biliares (Nelson y Cocx, 2009). Los ácidos grasos liberados, producto del colesterol en particular, son fuente de energía metabólica favorecida en los peces marinos; por lo que se encuentran en la membrana plasmática eucariota, en los tejidos corporales de todos los animales y en el plasma sanguíneo de los vertebrados. Diversos trabajos exponen que uno de los grupos que han resultado gravemente afectados es el de los peces, ya que se calcula que más de 600 especies ingieren por error fragmentos de plástico que confunden con alimento (Cole et al., 2011).

Una vez que los microplásticos son ingeridos, las sustancias químicas aditivas que penetran en la estructura del plástico son translocadas al siste-

ma circulatorio y otros órganos, por lo que son persistentes y capaces de llegar al humano consumidor de especies de importancia comercial como bivalvos, crustáceos y peces (Wright et al. 2013).

De acuerdo con Cheung et al. (2018), la lisa (*Mugil cephalus*) es una especie que presenta un alto riesgo de ingestión de microplásticos, la cual es de gran relevancia económica para muchos países, incluido México, representando 2.6% de la producción total de peces marinos. Debido a sus hábitos alimenticios bentónicos, presenta una alta ingestión de microplásticos; además, se considera de gran importancia para el monitoreo de la salud de los ecosistemas costeros. También, al ser consumida por aves y peces carnívoros, está relacionada con la transferencia de microplásticos de niveles tróficos inferiores a superiores.

Se ha reportado que un gran número de factores intrínsecos y extrínsecos pueden ocasionar variaciones en la data hematológica, que pueden servir para monitorear cambios fisiológicos y patológicos en peces (Alaye-Rahy y Morales-Palacios, 2013). Estas diferencias de triglicéridos por estación pueden deberse a la alimentación. Para el caso de proteínas totales, estas diferencias podrían atribuirse a los cambios en la temperatura del agua que alteran el requerimiento de proteína en algunos peces (Guijarro et al., 2003; Bezerra et al., 2014). En los peces analizados se observaron diferencias significativas ($P > 0.05$), en el análisis de colesterol (mg/dL), fue mayor en *T. nitens* (144.9 ± 80.1) en comparación con *A. rochei* (101.3 ± 18.5) y *S. japonicus* (98.2 ± 20.1), valores similares a especies pelágicas como *F. corneta* (111.7 mg/dL), la especie que presentó los valores más bajos de colesterol fue *S. japonicus*, con una media de 90.5 mg/dL, mientras que la especie que presentó niveles más altos de este nutriente fue *C. caballus*, con una media de 155.9 mg/dL). La importancia de la determinación de las proteínas radica en que son esenciales para el mantenimiento, crecimiento, renovación y reemplazo de los tejidos, además de servir como fuente de energía en el metabolismo (Ellis, 1981), en *T. nitens* (3.1 ± 0.4) en comparación con *A. rochei* (2.5 ± 0.50) y *S. japonicus* (2.4 ± 0.22), en especies como *C. caballus* y *D. macrosoma* se observó una media de 2.8 g/dL, y 2.6 g/dL. respectivamente (Santamaría et al., 2005). Con relación a los triglicéridos cumplen diversas funciones en los animales, son la principal forma de almacenamiento de

energía y transporte de los ácidos grasos (Nelson y Cox, 2017). Los valores más altos se presentaron en la especie *T. nitens* (215.5 ± 131.7) en comparación con *Auxis rochei* (175.3 ± 115.1) y *S. japonicus* (165.2 ± 80.3), en otros estudios *F. corneta* 175.687 mg/dL presentó valores de 239.208 mg/dL, valores más altos que *T. nitens* (177.463 mg/dL).

La glucosa es un monosacárido simple de seis carbonos que circula en la sangre y es la primera fuente de energía celular más importante y rápida en todos los organismos (Randall et al., 2002; Pérez Ponce, 2010); en el caso de los peces se ha descrito como un indicador de estrés (Martínez-Porchas et al., 2009). En los animales se almacena en el cuerpo en forma de glucógeno.

Los organismos analizados presentaron diferencias significativas entre especies ($P < 0.05$), fue menor en *T. nitens* (120.859 mg/dL) y *A. rochei* (101.1 ± 14) en comparación con *S. japonicus* (117.4 ± 21.8), mientras que la especie con los menores niveles de glucosa fue *F. corneta*, con una media de 87.925 mg/dL. Con relación al factor de condición, se presentaron diferencias significativas entre tallas para tres especies: *D. macrosoma*, *O. refulgens* y *T. nitens*, lo cual algunos autores lo relacionan con el crecimiento somático, o que la especie se encuentra en etapa reproductiva, lo que es un poco menor a lo encontrado en otras especies de pelágicos, como los Lutjánidos (Román, 2017). Las condiciones ambientales cambian a lo largo del año, lo cual impacta significativamente en la condición de los peces, afecta directamente el estado de salud de éstos y provoca cambios en los valores hematológicos (Pradhan et al., 2012; Sharma et al., 2016). Las condiciones ambientales también influyen en la disponibilidad de alimento en los océanos, lo cual afecta el desarrollo y la supervivencia de los organismos (Thomse et al., 2013; García et al., 2001; Jeanne et al., 2023). Los organismos presentan diversas respuestas ante los cambios ambientales y la alimentación; por ejemplo, para satisfacer la demanda de oxígeno en los tejidos, el factor estimulante de la eritropoyesis o eritropoyetina se produce en grandes cantidades en el plasma de animales sujetos a bajas concentraciones de oxígeno.

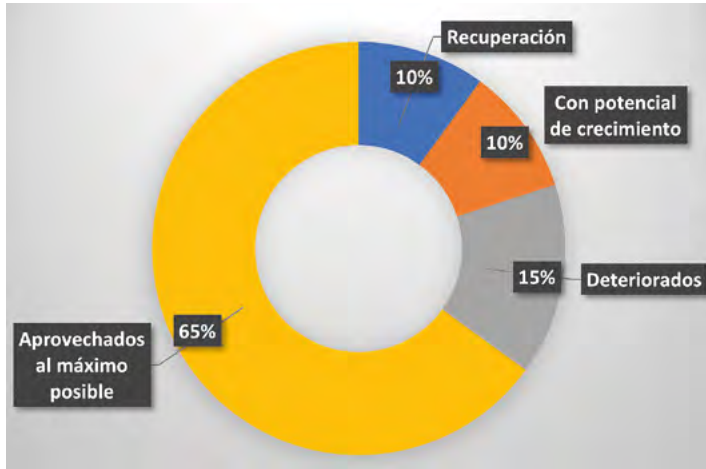
El ODS 14 busca conservar y utilizar los océanos, los mares y los recursos marinos de manera sostenible. Para ello, se persigue prevenir y reducir

la contaminación marina de todo tipo, minimizar y abordar los efectos de la acidificación de los océanos y reglamentar la explotación pesquera. Todo producto que proviene de pesquerías o acuicultura debe ser legal, procurar su uso racional, para su conservación y rendimiento sostenido, lograr un triple impacto: ambiental, social y económico.

Los sistemas alimentarios acuáticos respaldan millones de vidas y medios de subsistencia. Los pequeños productores, en especial las mujeres, son vulnerables y cuentan con condiciones de trabajo precarias; el fomento de su resiliencia resultará esencial para la sostenibilidad y el desarrollo equitativo, donde la transformación azul requiere compromisos del sector público y privado. El consumo mundial de alimentos acuáticos se ha incrementado y seguirá aumentando. Los recursos pesqueros siguen descendiendo debido a la pesca excesiva, la contaminación, la ordenación; no obstante, se prevé que la producción de alimentos acuáticos seguirá aumentando 13% para 2030. Resulta esencial que este crecimiento vaya acompañado de la salvaguardia de los ecosistemas, reducción de la contaminación, protección de la biodiversidad y la igualdad social.

Transformación azul para lograr la Agenda 2030 y el desarrollo sostenible. Quedan cinco años para llegar a 2030, el mundo no está en vías de lograr los ODS. La pandemia de covid-19 revirtió las tendencias anteriormente favorables, por lo que se deben fortalecer las estrategias de los países, las organizaciones de la sociedad civil para promover un mundo justo, próspero y sostenible. Algunos de los retos que enfrenta México son el consumo de proteína marina *per cápita* anual que para el 2023 fue de 13 kg. Asimismo 32% de los municipios costeros presenta niveles de marginación “altos” y “muy altos”, dado los niveles de sobreexplotación, aprovechados al máximo posible (figura 8) y escasez de los recursos de mayor consumo.

Figura 8. Porcentaje de cifras aproximadas de aprovechamiento de recurso pesquero en México



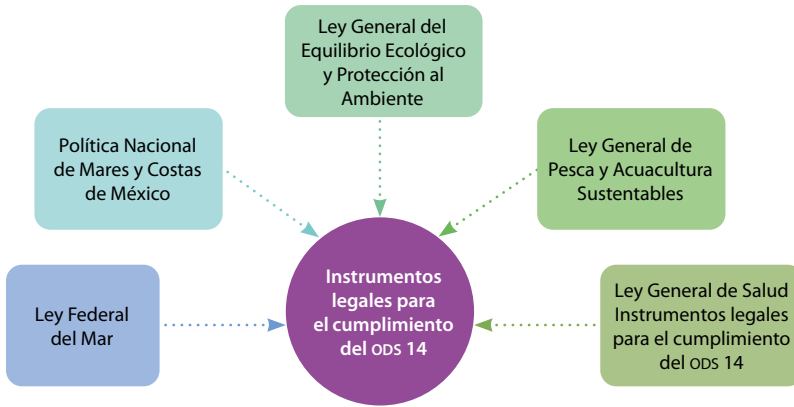
Fuente: elaboración propia datos tomados de anuario Estadístico Pesquero México, 2023.

¿Qué puedo hacer para apoyar este ODS 14?

Promover el uso del código de conducta para la pesca responsable, aprovechamiento sostenible del consumo responsable de productos pesqueros: no consumas productos en veda o prohibidos, y capturados con métodos insostenibles. Debemos apoyar proyectos turísticos sostenibles y de bajo impacto, prefiriendo los que apoyan a las comunidades locales, campos pesqueros y poblaciones originarias.

Asegúrate de no tirar basura y contaminantes al océano, ríos, lagos y playas, devuelve los desechos sólidos que encuentres y llévalas a un reciclado. Tomar en cuenta los compromisos nacionales en los instrumentos legales para el cumplimiento de los ODS, específicamente el ODS 14.

Figura 9. *Compromisos nacionales para el cumplimiento del ODS14*



Fuente: elaboración propia.

En la décima reunión sobre Diversidad Biológica se adoptó el Plan Estratégico 2011-2020, que incluyó 20 objetivos de las Metas de Aichi. Asegurar que la actividad pesquera no tendrá impactos perjudiciales en especies amenazadas y ecosistemas vulnerables (Meta 6). Proteger al menos 10% de la superficie marina y costera del país para el año 2020 (Meta 11). Evitar para 2020, la extinción de especies amenazadas y mejorar su estado de conservación (Meta 12).

Compromisos internacionales para el cumplimiento del ODS 14

México forma parte de la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar, la cual menciona la responsabilidad de todos los países para administrar y conservar los recursos marinos. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) México adoptó en 1995 el Código de Conducta para la Pesca Responsable.

Figura 10. Metas para apoyar en el desarrollo del ods 14



Fuente: elaboración propia.

- i) Facilitar la colaboración entre los gobiernos, las industrias que dependen de los recursos acuáticos, la sociedad civil y la investigación científica, mecanismos para coordinar esfuerzos más allá de las fronteras.
- ii) Fomentar un esfuerzo coordinado de investigación y monitoreo.
- iii) Alentar a los gobiernos a examinar y modificar la legislación correspondiente, elaborar nuevos reglamentos y normas para el control de especies invasoras.
- iv) Proveer mecanismos de educación, información y divulgación para fomentar el apoyo público y fomentar la corresponsabilidad en la sustentabilidad de la pesca.
- v) Lograr la igualdad de derechos acceder a los recursos, los servicios y la infraestructura, el trabajo decente y el crecimiento económico (ODS 1, 8, 12 y 14).
- vi) Asegurar alimentos nutritivos, acceso equitativo de las mujeres y los hombres a la pesca y reducción de las desigualdades (ODS 2, 5, 10 y 14).
- vii) Lograr el uso sostenible y eficiente de los recursos acuáticos para el consumo y producción responsable (ODS 12) (figura 10).

Para alcanzar estos objetivos, la ordenación pesquera debe tener una base científica, generar políticas inclusivas, transparentes y multidisciplinarias, así como planes de desarrollo sostenibles y supervisar la eficacia de su ordenación.

Conclusiones

En el análisis de la bioquímica sanguínea los datos proporcionados muestran por primera vez valores de referencia que se deben tomar en cuenta como indicadores de bienestar en peces teleósteos y de condición de salud en cada etapa de desarrollo, época reproductiva, lugar y estacionalidad. El Golfo de California, con su diversidad biológica única, se presenta como un escenario relevante para este estudio comparativo, en el que se describe la importante necesidad de monitoreos de los indicadores de salud, la identificación de mecanismos de adaptación y la implementación de estrategias de conservación. Estos aspectos son de gran importancia para la conservación y manejo sostenible de las pesquerías. Debido a la falta de eficiencia en el manejo y disposición de los residuos plásticos, éstas se han convertido en una amenaza potencial para los ecosistemas y la fauna nativa del ecosistema marino, uno de los más susceptibles a sufrir daños por efecto toxicológico de los microplásticos. Estos contaminantes y sus componentes no pueden ser degradados mediante procesos metabólicos, por lo que tienen la capacidad de bioacumularse en los cuerpos de los seres vivos por medio de las cadenas tróficas, logrando transferirse de un vínculo entre sí, siendo los organismos de mayor jerarquía trófica los propensos a lograr más concentración de partículas con el tiempo. Considerando que la mayoría de las especies de peces comercialmente importantes tienen propiedades depredadoras, además de que gran parte de ellos son cerrados o semicerrados cuerpos de agua, es de vital relevancia realizar un monitoreo que permita conocer el estado que presentan por contaminación con microplásticos. Esto proporcionará información básica que nos alerta sobre su consumo y permite una gestión sostenible.

Agradecimientos

Agradecemos al Instituto Mexicano de Investigación en Pesca y Acuicultura Sustentables, por la invitación al crucero oceanográfico para la obtención del material biológico. Al Instituto Politécnico Nacional por el apoyo al proyecto SIP20242898. Los autores agradecen al revisor anónimo que contribuyó a mejorar el trabajo.

Referencias

- Atencio-García, Genes, V. L., Madariaga, M. & Pardo, C. (2007). Hematología y química sanguínea de juveniles de rubio (*Salminus affinis* Pisces: Characidae) del río Sinú. *Acta Biológica Colombiana*, 12: 27-40.
- Autor no especificado. (s. f.). Principios de bioquímica. Barcelona. 1120 p.
- Beier, E. (1997). A numerical investigation of the annual variability in the Gulf of California. *Journal of Physical Oceanography*, 27(5), 615-632. [https://doi.org/10.1175/1520-0485\(1997\)0272.0.co;2](https://doi.org/10.1175/1520-0485(1997)0272.0.co;2)
- Bradford M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72(1-2): 248- 254.
- Congleton, J. L. & Wagner, T. (2006). Blood-chemistry indicators of nutritional status in juvenile salmonids. *Journal of Fish Biology*, 69(2), 473-490.
- Coz-Rakovac, R., Strunjak-Perovic¹, I. Hacmanjek, M., Popovic, N. T., Lipej, Z. & Sostaric, B. (2005). Blood chemistry and histological properties of wild and culture sea bass (*Dicentrarchus labrax*) in the North Adriatic Sea. *Veterinary Research Communications*, 29(8), 677-987. doi:10.1007/ s11259-005-3684-z
- Cummins, G. H., Navarro, M. L., Griffin, K., Partridge J. & Langlois, T. J. (2023). A global review of ocean ecosystem accounts and their data: Lessons learned and implications for marine policy. *Marine Policy*, 153, 105636. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2023.105636>
- De Pedro, N., Guijarro, A. I., López-Patiño, M. A., Martínez, R., Álvarez & Delgado, J. M. (2005). Daily and seasonal variations in hematological and blood biochemical parameters in the tench, *Tinca tinca* Linnaeus, 1758. *Aquaculture Research*, 36(12): 1185-1196.
- Ellis, A. (1981). Inmunológica de teleósteos. Patología de los peces (pp. 103-118). Mundial-Prensa.
- García-Hurtado, P. (2018). Determinación bioquímica en plasma de la condición nutricional en reproductores de *Lutjanus peru* bajo condiciones de cautiverio. Tesis de

- maestría. La Paz, Baja California: CIBNOR. 85 p. <http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/202>
- González-Monares, J. (1984). Lista comentada de los peces colectados en las bahías de Topolobampo, Sinaloa. [Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México] <http://132.248.9.195/pmig2018/0003328/Index.html>
- Hurtado-Oliva, M. A. (2004). Efecto de los ácidos grasos poliinsaturados (pufa) en los mecanismos de osmorregulación del camarón blanco *Litopenaeus vannamei* (Boone) expuestos a estrés hipo e hipersalino a corto y largo plazo. [Tesis de maestría. La Paz, BCS, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste].
- Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales. (s. f.). Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales. <https://biogeodb.stri.si.edu/sfstep/es/thefishes/species/1257>
- Jeanne, B. W., Margulies, D., Scholey, V., Lennert-Cody, C. E. (2023). The effect of ocean acidification on otolith morphology in larvae of a tropical, epipelagic fish species, yellowfin tuna (*Thunnus albacares*). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 569. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2023.151949>
- Korcock, D. E., Houston, A. H., & Gray, J. D. (1988). Effects of sampling conditions on selected blood variables of rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. *Journal Fisheries Biology*, 33(2): 319-330. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1988.tb05474.x>
- Lavín, M. F. & Marinone, S.G. 2003. Sea surface temperature variability in the Northern Gulf of California from 1981 to 2000. *Geofísica Internacional*, 42(4): 637-646.
- Martin, M. & Gutierrez-Galindo, E. (1989). Pesticides and PCBs in oysters from Mazatlán, Sinaloa, Mexico. *Marine Pollution Bulletin*, 20(9), 469- 472.
- Martínez-Porchas, M., Martínez-Córdova, L. R. & Ramos-Enríquez, R. (2009). Cortisol y glucosa: Fiables indicadores de estrés de los peces? *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 4(2), 158-178.
- Pérez Ponce, H. E. (2010). Cambios fisiológicos ocasionados por el manejo en reproductores silvestres del huachinango del Pacífico *Lutjanus peru* durante la inducción al desove y cautiverio. [Tesis doctoral. Instituto Politécnico Nacional-Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas].
- Pradhan, S. C., Patra, A. K., Sarkar, B. & Pal. A. (2012). Seasonal changes in hematological parameters of Catla catla (Hamilton, 1822). *Comparative Clinical Pathology*, 21(6), 1473-1481.
- Randall, D., Burggren, W. & French, K. (2002). *Fisiología animal: Mecanismos y adaptaciones*. McGraw-Hill Interamericana.
- Román J. F. (2017). Análisis del desarrollo gonadal, mediante pruebas sanguíneas e histológicas en organismos silvestres del pargo *Lutjanus colorado*, en la costa norte de Sinaloa, Guasave, Sinaloa. [Tesis de maestría. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional].
- Román-Vega, M. A., Apún-Molina, J. P., Escobedo Urias, D. C., Muñoz Sevilla, N. P., Jeyakumar, S. S. L., Santamaria-Miranda, A. (2025). Effects of Plastics and Microplastics on Marine Ecosystems: A Global Review. In *Health and Climate Change*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-29240-8.00004-3>
- Satheeshkumar, P., Ananthan, G., Senthilkumar, D. & Anisa, K. (2012). Comparative in-

- vestigation on hematological and biochemical studies on wild marine teleost fishes from Vellar estuary, southeast coast of India. *Comparative Clinical Pathology*, 3(21). Doi: 10.1007/s00580-010-1091-5
- Sharma, N., Akhtar, M. S., Pandey, N. N., Singh, R. & Singh, A. K. (2016). Sex Specific Seasonal Variation in Hematological and Serum Biochemical Indices of *Barilius bendelisis* from Central Himalaya, India (pp. 1-13). Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences. Smith
- Smith, A. D. M., Brown, C. J., Bulman, C. M. & Fulton, E. A. (2011). Impacts of fishing low-trophic level species on marine ecosystems. *Science*, 333(6046): 1147-1150.
- Svoboda, M., Kouril, J., Hamackova, J., Kalab, P., Savina, L., Svobodova, Z., & Vykusova, B. (2001). Biochemical profile of blood plasma of tench (*Tinca tinca* L.) during pre- and postspawning period. *Acta Vet Brno*, 70: 259-268.
- Tavares-Dias, M. & Moraes, F. R. (2007). Hematological and biochemical reference intervals for farmed channel catfish. *Journal of Fish Biology*, 71, 383-388. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1095-8649.2007.01494.x>
- The Fish Base (s. f.) 2023. The Fish Base. [https:// fishbase.se/summary/Oligoplites-refulgens.html](https://fishbase.se/summary/Oligoplites-refulgens.html) (Último acceso: 15 de noviembre 2023).