

Grasas y aceites en maniobras pesqueras de sardina del sur del Golfo de California y su influencia en aves marinas

Oil and fat in water during sardine fishing maneuver in southern Gulf of California and its possible effect on seabirds

¹Jesús Ramón Rendón-Martínez, ^{2*}Mercedes L. Jacob-Cervantes, ³Emilio Romero-Beltrán, ³Diego Armando Osuna-Bernal, ³Ahtziri Romero-Correa, ³Pedro Miguel Medina-Osuna, ³Juan Antonio Mauricio-Payan

¹Posgrado en Ciencias en Recursos Acuáticos, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa. Paseo Claussen S/N Col. Los Pinos, C. P. 80000, Mazatlán, Sinaloa, México. Correo electrónico: jr.rendon.martinez@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-7954-8716>

²Laboratorio de Pelágicos Menores, Centro Regional de Investigación Acuícola y Pesquera de Mazatlán, Instituto Mexicano de Investigación en Acuicultura y Pesca Sustentables. Calzada Sábalo-Cerritos S/N. Contiguo Estero El Yugo, C.P. 82112, Mazatlán, Sinaloa, México. Correo electrónico: laura.jacob@imipas.gob.mx ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9740-5797>

³Laboratorio de Calidad de Aguas, Centro Regional de Investigación Acuícola y Pesquera de Mazatlán, Instituto Mexicano de Investigación en Acuicultura y Pesca Sustentables. Calzada Sábalo-Cerritos S/N. Contiguo Estero El Yugo, C.P. 82112, Mazatlán, Sinaloa, México. Correos electrónicos: emilio.romero@imipas.gob.mx, diego.osuna@imipas.gob.mx, ahtziri.romero@imipas.gob.mx, pedro.medina@imipas.gob.mx, antonio.mauricio@imipas.gob.mx ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-1300-0371>, <https://orcid.org/0009-0001-0046-2083>, <https://orcid.org/0009-0005-9684-9950>, <https://orcid.org/0009-0002-3679-7165>, <https://orcid.org/0009-0001-7781-1384>

*Autor de correspondencia.

Recibido: 11 de diciembre de 2025

Aceptado: 27 de mayo de 2026

Publicado: 29 de mayo de 2026

<https://doi.org/10.33064/iycuaa2026988634>
e8634

RESUMEN

El objetivo principal del presente estudio fue determinar si la maniobra de pesca de pelágicos menores libera compuestos en forma de grasas y aceites que pudieran afectar a las aves marinas asociadas. La información proviene de los viajes de pesca, donde se tomaron dos muestras de agua, al inicio del lance (sin captura) y durante el lance (con captura). Se determinó la concentración de aceites y grasas por el método Soxhlet. Se llevó a cabo una prueba de Wilcoxon, así como una prueba de correlación de Spearman. Los valores medios de aceites y grasas (0.0 – 47.2 µg/ml) fueron muy bajos y el análisis estadístico demostró que las concentraciones antes y después de la maniobra no son significativamente diferentes. Los resultados indican que es muy poco probable que los compuestos grasos en el agua asociada a la pesquería de sardina de esta región representen un peligro para las aves.

Palabras clave: Pelágicos menores; fauna marina asociada; compuestos lipídicos orgánicos e inorgánicos; efectos adversos; plumaje.

ABSTRACT

The main objective was to determine whether the fishing maneuver to capture small pelagic fishes releases compounds such as oils and fats, in quantities enough to cause damage to the associated seabirds. Two water samples were taken from each trip, one at the beginning of the haul (without catch) and the other during the haul (with catch). The concentration of oils and fats in the water was determined using Soxhlet method. Wilcoxon signed-rank test and Spearman correlation test were conducted. Mean oil and fat values were low (0.0 – 47.2 μ g/ml); the statistical analysis results indicated that there were no significant differences in most before and after maneuver concentrations. The results found suggest that it is highly unlikely that fatty compounds measured during the maneuver could represent a risk to seabirds in this fishery.

Keywords: Small pelagic; associated marine fauna; organic and inorganic lipid compounds; adverse effects; plumage.

INTRODUCCIÓN

La mayor parte de la contaminación de origen marino es debido a las descargas de aceites derivados del petróleo y agua de lastre que realizan los buques ya sea de manera intencional o accidental provocado por colisiones o encallamientos (Kasmin, 2010; Landrigan et al., 2020; Samsuria, Ismail, Nazli, Aziz, & Ghazali, 2025; Wang et al., 2021). Las consecuencias de la contaminación por aceites derivados del petróleo en el mar consisten en la reducción del crecimiento, agrandamiento del hígado, cambios en las tasas de respiración, deterioro del funcionamiento del corazón, erosión de las aletas y deterioro de la reproducción de los peces; además, provocan afectaciones en la supervivencia de huevos y larvas; así como afectan la capacidad impermeable y aislante de las plumas de las aves; y al tratar de limpiarse a sí mismos, dichos organismos, pueden ingerir estos contaminantes y provocarles envenenamiento (Grace, Duran, Ottinger & Maness et al. 2024; King, Elliott, & Williams, 2021; Ma, Choi, Thomas & Gibson, 2022; NOAA, 2014; O'Hara & Morandin, 2010; Samsuria et al. 2025).

Además de los aceites derivados del petróleo, también existen los aceites considerados como comestibles que incluyen los extractos vegetales y las grasas animales. Este tipo de compuestos se habían considerados como inofensivos debido a que se conocía muy poco sobre los efectos que provocan en el ambiente; sin embargo, a través del tiempo se ha podido comprobar que los aceites de este tipo podrían ser más dañinos para las aves que

los derivados del petróleo (Bucas & Saliot, 2002; Jha & Dahiya, 2022; Rigger, 1997; Morandín & O'Hara, 2014).

Tanto con los aceites derivados del petróleo como con los aceites comestibles, las aves parecen ser los organismos más vulnerables debido a su biología y comportamiento de forrajeo al alimentarse (O'Hara & Morandín, 2010). Además, se ha documentado que las tasas de ingestión de petróleo en aves expuestas en condiciones naturales pueden exceder las dosis comúnmente utilizadas en experimentos de exposición oral, incrementando así el riesgo de efectos tóxicos severos (King et al., 2021). Estos organismos cuentan con un plumaje que les provee protección térmica y flotabilidad; la estructura de las plumas forma un entretejido de barbas y barbuls que resulta en una capa impermeable (King et al., 2021; Morandín & O'Hara, 2014; Stephenson, 1997); sin embargo, diversos estudios han demostrado que tanto los aceites derivados del petróleo como los aceites comestibles (aceites vegetales y grasas animales) pueden alterar dicha estructura, provocando pérdida de impermeabilidad, disminución de la flotabilidad, reducción del aislamiento térmico y dificultades de vuelo, lo que incrementa el estrés fisiológico y el riesgo de mortalidad en los organismos afectados (King et al., 2021; Matcott, Baylis & Clarke, 2019; Ma et al., 2022; Morandín & O'Hara, 2014).

En el sur del Golfo de California se desarrolla la pesquería de pelágicos menores cuya flota pesquera desembarca en el puerto de Mazatlán, se utilizan 7 barcos cerqueros o sardineros tipo peruanos y camaroneros adaptados para la pesca de cerco con jareta y realizan actividades durante 11 meses (noviembre-septiembre) y la captura se compone principalmente en el complejo de las tres especies de sardina crinuda (*Opisthonema libertate*, *O. medirastre* y *O. bulleri*) y un engráulido conocido como sardina bocona (*Cetengraulis mysticetus*) (M. Jacob-Cervantes, Becerra Arroyo, Vallarta-Zárata, Rendón Martínez, & Payán-Alejo, 2015; Mercedes L. Jacob-Cervantes, 2010).

En esta pesquería, los lances pueden capturar grandes volúmenes de organismos, favoreciendo la liberación de compuestos orgánicos y residuos biológicos al medio marino debido al roce y manipulación de las capturas. Estas condiciones atraen diversos organismos oportunistas, incluyendo peces, elasmobranquios, mamíferos marinos y aves marinas que se alimentan durante las maniobras de pesca. Entre estos grupos, las aves marinas reciben especial atención debido a su alta vulnerabilidad a contaminantes oleosos y otros compuestos asociados a las actividades pesqueras (Dias et al., 2019; Žydelis, Small, & French, 2013).

Durante la temporada 2015–2016, en esta pesquería se registró interacción con ocho especies de aves marinas: tijereta (*Fregata magnificens*), gaviota plomiza (*Larus heermanni*), gaviota reidora (*Leucophaeus atricilla*), pelícano pardo (*Pelecanus occidentalis*), cormorán neotropical (*Phalacrocorax brasilianus*), gaviota real (*Thalasseus maximus*), bobo café (*Sula leucogaster*) y bobo de patas azules (*Sula nebouxii*). La gaviota reidora y el pelícano pardo representaron aproximadamente el 80% de los registros de observación durante las maniobras de pesca (M. L. Jacob-Cervantes et al., 2016). Debido a la frecuente asociación de aves marinas con las maniobras de pesca de pelágicos menores y a la posible liberación de compuestos orgánicos durante el proceso de captura, se planteó la hipótesis de que las operaciones pesqueras no incrementan las concentraciones de grasas y aceites en el agua a niveles suficientes para ocasionar afectaciones potenciales al plumaje de las aves marinas asociadas a esta actividad. En este contexto, el objetivo del presente estudio fue determinar si las maniobras de pesca de sardina liberan compuestos orgánicos en forma de grasas y aceites en concentraciones capaces de representar un riesgo para las aves marinas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. El área de la pesquería de pelágicos menores que desembarca en el puerto de Mazatlán abarca los estados de Sinaloa, Nayarit y Jalisco, México, desde Punta Ahome, Sinaloa, hasta Bahía de Banderas, Jalisco (20–27°N, 105–110°O) (figura 1), y se extiende hasta un máximo de 20 millas náuticas mar adentro. Además, esta área se subdivide en cinco zonas administrativas de pesca creadas por el Instituto Mexicano de Investigación en Pesca y Acuicultura Sustentables (IMIPAS, anteriormente INAPESCA); sin embargo, la mayoría de los viajes de pesca se realizan en la zona costera de Sinaloa por razones de eficiencia en tiempo y costos económicos (Mercedes L. Jacob-Cervantes, 2010; Jacob Cervantes, Rendón-Martínez, Vallarta Zárate, & Becerra Arroyo, 2016).

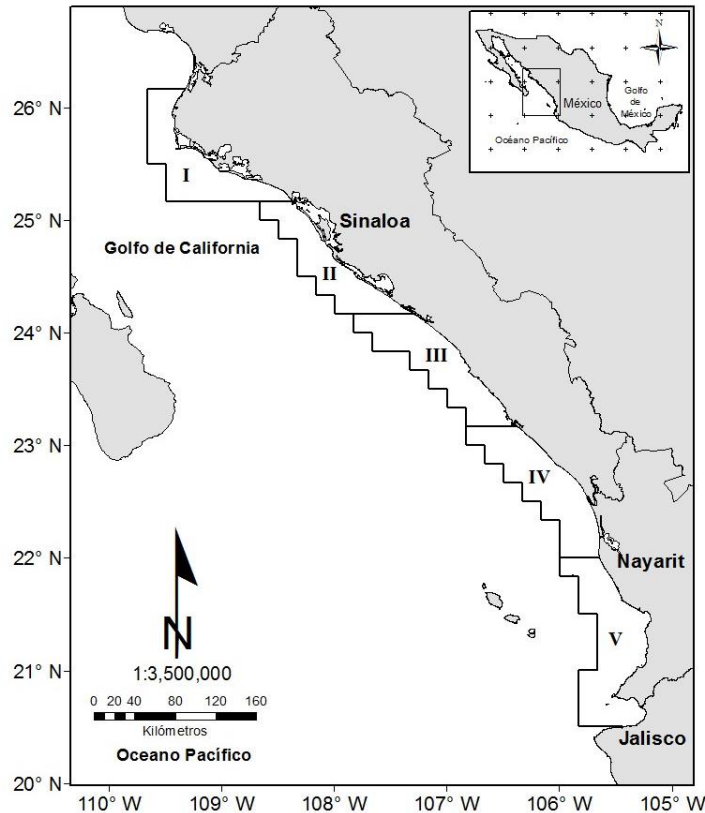


Figura 1. Área de pesca de la flota de pelágicos menores que opera en Mazatlán, Sinaloa, México. Subdivisión de las zonas de pesca (números romanos).
Elaboración propia.

Muestreo y análisis de laboratorio. El trabajo se realizó durante 9 meses del año 2016. Se tomaron dos muestras de agua en una de las maniobras realizadas en cada viaje de pesca, a bordo de embarcaciones de la flota sardinera mexicana de la región que contaba con observadores a bordo. Una de las muestras se recolectó al inicio de la maniobra, cuando la red de cerco estaba en proceso de formación, y la otra al final, cuando la red estaba casi completamente recogida con la captura conglomerada. Tras la obtención de las muestras, estas fueron colocadas en frascos previamente etiquetados y fijadas con H_2SO_4 concentrado para su transporte; una vez en el laboratorio, se llevó a cabo el método de extracción Soxhlet para aceites y grasas (APHA-AWWA-WPCF, 1992). Se utilizó aceite de pescado para validar el método en términos de precisión y exactitud. La validación consistió en agregar una gota de aceite de pescado (23.47 ± 0.84 mg; $n = 15$) en 1 litro de agua de mar sintética (996.66 ± 12.90 ml; $n = 15$) y posteriormente efectuar la extracción Soxhlet. La exactitud, porcentaje de recuperación, varió entre 95 y 100 % (99.70 ± 1.29 %), y la precisión, estimada como coeficiente de variación, fue de 1.30 %.

Análisis de datos. Los datos obtenidos se sometieron a la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov y a la prueba de homocedasticidad de Bartlett para identificar si eran paramétricos o no. Una vez confirmado que los datos no eran paramétricos, se aplicó la prueba de Wilcoxon para muestras pareadas con el fin de determinar diferencias significativas entre las muestras tomadas antes y después de las maniobras de pesca, por meses y por zonas. Por otro lado, se realizó la prueba de correlación de Spearman para comparar las concentraciones de grasas y aceites con respecto a la captura total y la profundidad de las maniobras de pesca, con la información obtenida de la bitácora del Programa de Observadores. Todos los análisis estadísticos se efectuaron con un nivel de confianza del 95 % (Zar, 1995).

RESULTADOS

Se analizaron un total de 88 muestras pareadas obtenidas antes y después de la maniobra de pesca. Las concentraciones promedio oscilaron entre 0.0 y 47.2 $\mu\text{g/ml}$, registrándose los valores más altos en mayo y los más bajos en junio y julio. En la mayoría de los meses analizados se observó una tendencia a mayores concentraciones en las muestras recolectadas después de la maniobra, cuando el arte de pesca contenía captura; sin embargo, en abril y noviembre las concentraciones promedio más altas se registraron al inicio de las maniobras de pesca. Aunque en la mayoría de los casos los valores más altos se asociaron con las muestras tomadas después de la maniobra, cuando la captura estaba conglomerada, el análisis estadístico solo mostró diferencias significativas ($W = 55$; $Z = 2.803$; $p = 0.002$) entre las concentraciones de ambas muestras en mayo (figura 2).

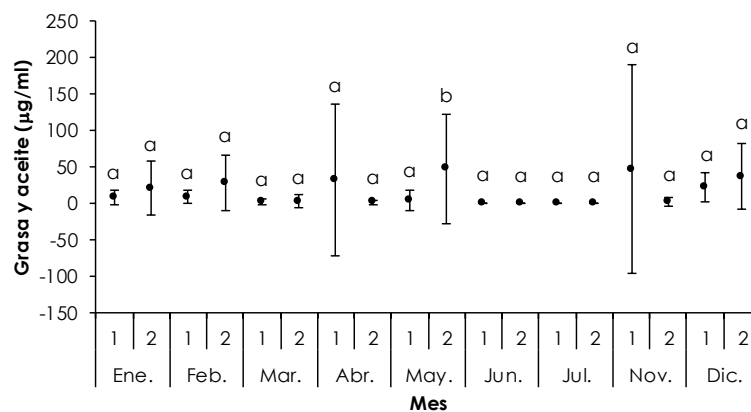


Figura 2. Media \pm desviación estándar de las concentraciones de aceites y grasas ($\mu\text{g/ml}$) por mes. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las muestras tomadas antes (1) y después (2) de la maniobra de pesca (Prueba de Wilcoxon).

Los resultados por zonas administrativas no mostraron una tendencia clara. Los valores promedio por zona oscilaron entre 0 y 42.5 $\mu\text{g/ml}$, registrándose las concentraciones mínima y máxima en las zonas V y I, respectivamente. Al igual que en el caso de los valores promedio obtenidos por mes, en la mayoría de las concentraciones analizadas por zona, las muestras tomadas al inicio de las operaciones de pesca fueron menores que aquellas tomadas después de la maniobra con la captura conglomerada; sin embargo, el análisis estadístico solo encontró una diferencia significativa en las muestras de la zona III ($W = 224$; $Z = 2.691$; $p = 0.007$) (figura 3).

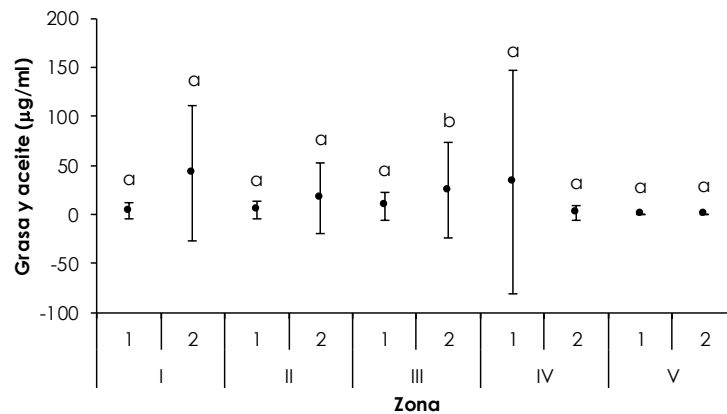


Figura 3. Media \pm desviación estándar de las concentraciones de aceites y grasas ($\mu\text{g/ml}$) por zona de pesca. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las muestras tomadas antes (1) y después (2) de la maniobra de pesca (Prueba de Wilcoxon).

Los valores mensuales de captura (t) y profundidad (m) oscilaron entre 12.2 – 53.3 toneladas y 5.9 – 20 metros, respectivamente. Las capturas tienden a ser mayores en los meses cálidos en comparación con los fríos. Por otro lado, las profundidades también son mayores en los meses cálidos (tabla 1).

Tabla 1.
Media temporal de grasas y aceites (GA) ($\mu\text{g/ml}$), captura (toneladas) y profundidad (metros) registradas en la pesquería de pelágicos menores del sur del Golfo de California

| Mes | GA ($\mu\text{g/ml}$) | Captura (t) | Profundidad (m) |
|-----------|-------------------------|-------------|-----------------|
| Enero | 13.7 | 36.5 | 10.9 |
| Febrero | 17.9 | 31.5 | 8.9 |
| Marzo | 2.2 | 41.9 | 7.9 |
| Abril | 15.7 | 19.2 | 8.8 |
| Mayo | 25.5 | 38.3 | 5.9 |
| Junio | 0.0 | 53.3 | 15.5 |
| Julio | 0.0 | 40.0 | 20.0 |
| Noviembre | 24.2 | 12.2 | 8.7 |
| Diciembre | 29.3 | 26.7 | 11.7 |

Tanto las capturas como las profundidades por áreas de pesca mostraron los valores más altos en las zonas II, III y IV, mientras que los valores más bajos se registraron en las zonas I y V (tabla 2).

Tabla 2.
Media espacial de grasas y aceites (GA) ($\mu\text{g/ml}$), captura (toneladas) y profundidad (metros) en la pesquería de pelágicos menores del sur del Golfo de California

| Zonas de pesca | GA ($\mu\text{g/ml}$) | Captura (t) | Profundidad (m) |
|----------------|-------------------------|-------------|-----------------|
| I | 23.0 | 21.7 | 7.2 |
| II | 10.8 | 29.2 | 8.1 |
| III | 16.6 | 39.2 | 10.1 |
| IV | 63.5 | 30.6 | 9.8 |
| V | 0.0 | 25.0 | 5.2 |

La prueba de correlación de Spearman, realizada para detectar relaciones entre la concentración de aceites y grasas con respecto a la captura y la profundidad de cada maniobra de pesca, solo encontró una relación significativa (Coeficiente de correlación = 0.431; $p = 0.0001$) entre los valores de aceites y grasas antes y después de la actividad

pesquera, y ninguna correlación significativa ($p > 0.05$) entre AG y las demás variables (tabla 3).

Tabla 3.
 Prueba de correlación por rangos de Spearman realizada para grasas y aceites (GA) ($\mu\text{g/ml}$), captura total (toneladas) y profundidad (metros)

| | | GA (Después) | Captura (t) | Profundidad (m) |
|-----------------|----------|-----------------|-------------|--------------------|
| GA (Antes) | CC | 0.431 | -0.0335 | 0.0645 |
| | <i>p</i> | 0.0001 | 0.756 | 0.55 |
| | <i>n</i> | 88 | 88 | 88 |
| GA (Después) | CC | | -0.0129 | 0.00156 |
| | <i>p</i> | | 0.905 | 0.988 |
| | <i>n</i> | | 88 | 88 |
| Captura (t) | CC | | | -0.00416 |
| | <i>p</i> | | | 0.969 |
| | <i>n</i> | | | 88 |

DISCUSIÓN

De acuerdo con el análisis estadístico realizado sobre las concentraciones de GA al inicio y al final de las maniobras de pesca a través del espacio y el tiempo, únicamente se detectaron diferencias significativas ($p < 0.05$) durante mayo ($p = 0.002$) y en la Zona III ($p = 0.007$). En el resto de los meses y zonas analizadas no se observaron diferencias estadísticas significativas.

La diferencia significativa observada en la zona III, podría estar relacionada con un mayor grado de alteración antrópica que caracteriza a esta región. Esta zona incluye áreas altamente urbanizadas e industrializadas, como el puerto de Mazatlán, el cual es considerado de altura, con una intensa actividad marítima y una amplia área metropolitana, así como zonas agrícolas y ganaderas relevantes como La Cruz de Elota. Además, el sistema hidrológico del río San Lorenzo transporta descargas provenientes de asentamientos humanos como Ceuta, El Dorado y Costa Rica, además de efluentes industriales, incluyendo los del ingenio azucarero de El Dorado (INEGI, 2020; CONAGUA, 2018). Por otra parte, La diferencia significativa registrada en mayo podría explicarse por el hecho de que la mayoría de los datos de ese mes provienen de la zona III, que se encuentra bajo una mayor presión por actividades humanas, lo cual pudo haber influido en la

obtención de valores más altos para dicho mes (Martínez-Cordero et al., 2012; Arreguín-Sánchez et al., 2017).

Tomando en cuenta lo anterior, es posible afirmar que la captura conglomerada no altera la concentración de aceites y grasas en el agua asociada a la pesquería de pelágicos menores. Además, la prueba de correlación no reveló relaciones significativas entre los contenidos de aceites y grasas y la captura o la profundidad de las maniobras de pesca, lo que refuerza la idea de que la cantidad de peces y la profundidad de cada maniobra no influyen en el incremento de las concentraciones de aceites y grasas en el agua.

En las investigaciones realizadas por O'Hara and Morandin (2010) Morandin and O'Hara (2014), analizaron el efecto de distintas concentraciones de aceite derivado del petróleo y de pescado sobre el plumaje de las aves; estos estudios consistieron en someter una cantidad significativa de plumas a tratamientos consistentes en capas de aceites con grosores de 0.04, 0.1 y 3.0 μm y encontraron que en todos los tratamientos había efectos negativos sobre la microestructura de las plumas. Cabe señalar que las capas de aceite utilizadas por dichos autores corresponden a las claves de coloración descritas por la NOAA (2012), en la que indican que los grosores de capa de aceite de 0.04 y 0.1 μm presentan una coloración plata/gris brillante, mientras la capa de aceite con un grosor de 3.0 μm tiene una coloración tipo "arcoíris" (figura 4).

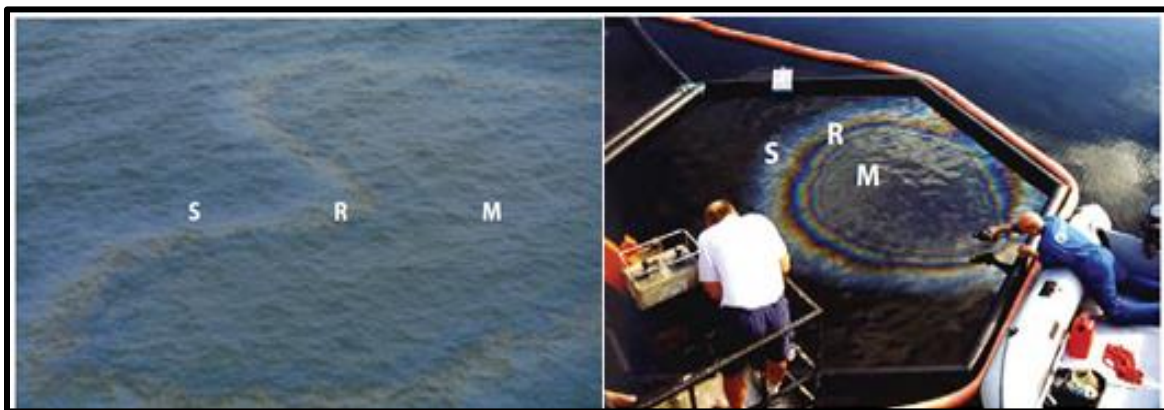


Figura 4. Manchas de aceite en el medio natural y en condiciones controladas. S (Silvey/grey sheen: plata/gris brillante); R (Rainbow color: color arcoíris); M (Metallic: metálico) (Tomado de NOAA, 2012).

Lo anterior es importante porque, haciendo un pequeño análisis de las fotografías tomadas como evidencia del momento en que se tomaron las muestras de agua para esta

investigación (figura 5), no es posible identificar manchas similares a las descritas por los distintos autores como las causantes de efectos negativos sobre las aves.



Figura 5. Coloración de la superficie del agua al momento de tomar las muestras de agua para el contenido de grasas y aceites.
Imagen propiedad de los autores.

Con la finalidad de hacer comparables los datos de aceite de pescado utilizados por Morandin & O'Hara (2014) y los determinados en las muestras de agua del presente estudio, se realizó una búsqueda bibliográfica para obtener la gravedad específica promedio del aceite de pescado crudo. Se calculó un valor promedio de $920 \mu\text{g}/\mu\text{l}$ con la información analizada (Martín-López, Varela-Barrenechea, & Lores-Hermida, 2004; Noriega-Rodríguez et al., 2009; Young, 1986), el cual fue útil para obtener datos equivalentes (tabla 4). Aunque los valores de O'Hara & Morandin (2010) y Morandin & O'Hara (2014) corresponden a masa de aceite aplicada directamente sobre plumas (μg), mientras que el presente estudio reporta concentración en agua ($\mu\text{g}/\text{ml}$), la comparación se presenta únicamente como referencia para contextualizar la magnitud de los niveles detectados.

Los datos de Morandin & O'Hara (2014) variaron entre 552 y 16,008 μg , mientras que el valor promedio de concentración más alto obtenido en esta investigación ($\approx 50 \mu\text{g}/\text{ml}$) fue mucho menor, representando únicamente entre el 0.3 y 9.0 % de dichos valores. Dado que los valores promedio son inferiores a aquellos que ocasionan efectos significativos en el plumaje de las aves marinas, es probable que las aves marinas asociadas a esta pesquería no se vean afectadas por las concentraciones de aceites y grasas en el agua.

Tabla 4.
 Comparación de GA del presente estudio otras investigaciones

| Autor | No. de tratamiento | Grosor (µm) | Vol. de aceite (ml) | Masa aplicada sobre plumas (µg) / Concentración en agua (µg/ml) | % que representa |
|--|--------------------|-------------|---------------------|---|------------------|
| O'Hara & Morandin (2010); Morandin & O'Hara (2014) | 1 | 0.04 | 0.60 | 552* | 9.06 |
| | 2 | 0.10 | 1.50 | 1,380* | 3.62 |
| | 3 | 3.00 | 17.40 | 1,6008* | 0.31 |
| Presente estudio | - | - | - | 47.20 µg/ml | - |

*Valores calculados con la gravedad específica promedio (920 mg/ml) obtenida de la literatura.

Nota: Elaboración propia.

Por otro lado, se ha observado que las aves marinas tienden a acercarse a las maniobras de pesca cuando la captura se encuentra concentrada en el bolso cerca de la embarcación, probablemente atraídas por la disponibilidad de alimento, organismos lesionados y fluidos orgánicos liberados durante el proceso de captura y manipulación (Dias et al., 2019; Žydelis et al., 2013). Tomando en cuenta lo anterior y analizando las bitácoras de observador a bordo, se pudo estimar el tamaño promedio del diámetro del bolso en ese momento de la pesca y el tiempo promedio que tarda dicha maniobra, obteniendo valores de 6 m y 15 min, respectivamente.

Según Jenssen & Ekker (1991), se requiere un volumen de 70 ml de aceite para afectar la termorregulación y la flotabilidad de las aves, lo que podría causar su muerte. Además, estos autores mencionaron que un ave necesitaría nadar aproximadamente 670 m sobre una capa de aceite de 1 µm de espesor para absorber 70 ml de petróleo crudo en el plumaje; tomando en cuenta esta información, un ave de esta zona tendría que nadar 111 veces el diámetro de la red de cerco en 15 minutos para alcanzar la distancia mencionada, y si lo lograra, solo absorbería alrededor de 2.8 ml, ya que el espesor de la capa de aceite que se forma con el valor máximo medio de aceite y grasa (50 µg) encontrado en esta investigación es de 0.04 µm (tabla 5). Por esta razón, es muy poco probable que las aves puedan absorber un volumen significativo de aceite necesario para causar daño a su plumaje.

Tabla 5.
Comparación del aceite absorbido por las aves durante la maniobra de pesca de pelágicos menores

| Autor | Distancia de nado (m) | Grosor de la mancha (mm) | GA absorbido (ml) |
|-----------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------|
| Jensen & Ekker (1991) | 670.00 | 1.00 | 70.00 |
| Presente estudio | 6.00 | < 0.04 | ≈ 2.80 ml |

CONCLUSIONES

En conclusión, los resultados obtenidos sugieren que las operaciones pesqueras de pelágicos menores en el sur del Golfo de California no generan incrementos importantes en las concentraciones de grasas y aceites (GA) en el agua asociada a las maniobras de pesca, ya que únicamente se detectaron diferencias significativas en mayo ($p = 0.002$) y en la Zona III ($p = 0.007$), mientras que el resto de los meses y zonas no mostraron cambios estadísticamente significativos. Asimismo, ni la profundidad ni la magnitud de la captura presentaron correlaciones significativas con las concentraciones de GA ($p > 0.05$).

La concentración promedio máxima registrada en este estudio fue de 47.20 $\mu\text{g/ml}$, valor considerablemente menor a los niveles experimentales reportados por Morandin y O'Hara (2014), asociados con alteraciones en la microestructura e impermeabilidad del plumaje de aves marinas. Lo anterior sugiere que, bajo las condiciones evaluadas, es poco probable que las aves asociadas a esta pesquería estén expuestas a cantidades de aceite suficientes para comprometer su estado fisiológico.

No obstante, es importante considerar que las concentraciones de GA en el ambiente marino también pueden verse influenciadas por otras fuentes antropogénicas, como descargas industriales, actividad portuaria y escorrentía costera. Además, cambios en las condiciones oceanográficas y climáticas, incluyendo eventos asociados a El Niño y variaciones en los patrones de circulación, podrían modificar la distribución y persistencia de estos compuestos, así como la interacción de aves residentes, migratorias y de buceo con las actividades pesqueras. Por ello, se recomienda continuar con el monitoreo ambiental para evaluar posibles cambios futuros en escenarios de variabilidad climática.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la empresa Maz Sardina S.A. de C.V. por su apoyo para la realización de este estudio y al Programa de Observadores a Bordo de la flota sardinera del sur del golfo de California para la toma de muestras. A los revisores anónimos por sus valiosas sugerencias.

REFERENCIAS

- Arreguín-Sánchez, F., Arcos-Huitrón, E., & Beléndez-Moreno, L. (2017). Evaluación de impactos ambientales en ecosistemas marino-costeros del noroeste de México. *Hidrobiológica*, 27(3), 529–540.
- APHA-AWWA-WPCF. (1992). *Métodos normalizados para el análisis de las aguas potables y residuales*. Madrid, España: Ediciones Diaz de Santos S.A.
- Bucas, G., & Saliot, A. (2002). Sea transport of animal and vegetable oils and its environmental consequences. *Marine Pollution Bulletin*, 44, 1388-1396.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2018). *Estadísticas del agua en México*. Recuperado de: <https://files.conagua.gob.mx/conagua/publicaciones/publicaciones/eam2018.pdf>
- Dias, M. P., Martin, R., Pearmain, E. J., Burfield, I. J., Small, C., Phillips, R. A., ... Croxall, J. P. (2019). Threats to seabirds: A global assessment. *Biological Conservation*, 237, 525-537. doi: 10.1016/j.biocon.2019.06.033
- Fabricius, E. (1956). What makes plumage waterproof? *Zoologisk Revy*, 18, 71-83.
- Grace, J., Duran, E., Ottinger, M. A., & Maness, T. (2024). Sublethal effects of early-life exposure to common and emerging contaminants in birds. *Current Research in Toxicology*, 7, 100190. doi:10.1016/j.crttox.2024.100190
- INEGI (2020). Censo de Población y Vivienda 2020. Resultados definitivos. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Jacob-Cervantes, M., Becerra Arroyo, D., Vallarta-Zárata, J. R., Rendón Martínez, J. R., & Payán-Alejo, J. (2015). *Resultados del programa de observadores a bordo de la flota sardinera del sur del golfo de California 2013-14*. Paper presented at the XXIII Taller de Pelágicos Menores La Paz, Baja California Sur. 40 p.
- Jacob-Cervantes, M. L. (2010). La pesquería de peces pelágicos menores en el sur del golfo de California. Análisis de la temporada de pesca 2008. *Ciencia Pesquera*, 18(2), 47-58.

- Jacob-Cervantes, M. L., Becerra-Arroyo, D., Rendón-Martínez, J. R., Jiménez-Díaz, O., Gallegos-Aguilar, R., & Vallarta-Zarate, J. R. (2016). *Programa de Observación a Bordo de la flota sardinera en el sur del Golfo de California, 2015-2016*. Paper presented at the XXIV Taller del Comité Técnico de Pelágicos Menores Mazatlán, Sinaloa.
- Jacob Cervantes, M., Rendón-Martínez, J. R., Vallarta Zárate, J. R. F., & Becerra Arroyo, D. (2016). *La pesquería de pelágicos menores en el sur del Golfo de California, durante el 2015*. Paper presented at the XXIV Taller de Pelágicos Menores, Mazatlán, Sinaloa: SAGARPA-INAPESCA-CRIP-Mazatlán.
- Jha, S., & Dahiya, P. (2022). Impact analysis of oil pollution on environment, marine, and soil communities. En P. Das, S. Manna, & J. K. Pandey (Eds.), *Advances in oil-water separation: A practical guide for petroleum and environmental engineers* (pp. 99-110). Elsevier. doi:10.1016/B978-0-323-89978-9.00017-3
- Jenssen, B. M., & Ekker, M. (1988). A method for evaluating the cleaning of oiled seabirds. *Wildlife Society Bulletin*, 16, 213-215.
- Jenssen, B. M., & Ekker, M. (1991). Dose dependent effects of plumage-oiling on thermoregulation of common eiders *Somateria mollissima* residing in water. *Polar Research*, 10, 579-584.
- Kasmin, S. (2010). Enforcing ship-based marine pollution for cleaner sea in the strait of Malacca. *EnvironmentAsia*, 3, 61-65.
- King, M. D., Elliott, J. E., & Williams, T. D. (2021). Effects of petroleum exposure on birds: A review. *Science of the Total Environment*, 755(Part 1), 142834. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.142834
- Landrigan, P. J., Stegeman, J. J., Fleming, L. E., Allemand, D., Anderson, D. M., Backer, L. C., ... Rampal, P. (2020). Human Health and Ocean Pollution. *Annals of Global Health*, 86(1), 151, 1-64. doi:10.5334/aogh.2831
- Levy, E. M. (1980). Oil pollution and seabirds: Atlantic Canada 1976-77 and some implications for northern environment. *Marine Pollution Bulletin*, 11, 51-56.
- Martín-López, B., Varela-Barrenechea, I., & Lores-Hermida, M. (2004). Eficacia de aceites vegetales, minerales y de pescado frente a *Frankliniella occidentalis* (Pergande). *Boletín de Sanidad Vegetal: Plagas*, 30, 177-183.
- Martínez-Cordero, F. J., Ramírez-Aguirre, H., & Ponce-Díaz, G. (2012). Análisis de la presión antropogénica en ecosistemas costeros del Pacífico mexicano. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(4), 739-754.

- Matcott, J., Baylis, S., & Clarke, R. H. (2019). The influence of petroleum oil films on the feather structure of tropical and temperate seabird species. *Marine Pollution Bulletin*, 138, 135-144. doi: 10.1016/j.marpolbul.2018.11.010
- Morandin, L. A., & O'Hara, P. D. (2014). Fish oil disrupts seabird feather microstructure and waterproofing. *Science of the Total Environment*, 496, 257-263.
- NOAA. (2012). *Open Water Oil Identification Job Aid (OWJA) for aerial observation. With standardized oil slick appearance and structure nomenclature and codes*. Seattle, Washington: NOAA, U.S. Department of Commerce y NOAA's National Ocean Service
- NOAA. (2014). How does oil impact marine life?. Consultado el 6 de Junio del 2016. Recuperado de: <http://oceanservice.noaa.gov/facts/oilimpacts.html>
- Noriega-Rodríguez, J. A., Ortega-García, J., Angulo-Guerrero, O., García, H. S., Medina-Juárez, L. A., & Gámez-Meza, N. (2009). Oil production from sardine (*Sardinops sagax caerulea*). Producción de aceite a partir de sardina (*Sardinops sagax caerulea*). *CyTA-Journal of Food*, 7(3), 173-179.
- O'Hara, P. D., & Morandin, L. A. (2010). Effects of sheens associated with offshore oil and gas development on the feather microstructure of pelagic seabirds. *Marine Pollution Bulletin*, 60, 672-678.
- Rigger, D. (1997). *Edible oils: Are they really that different?* Paper presented at the Proceedings of the 1997 International Oil Spill Conference, Washington, DC: American Petroleum Institute.
- Samsuria, N. N. C., Ismail, W. Z. W., Nazli, M. N. W. M., Aziz, N. A. A., & Ghazali, A. K. (2025). Problems, Effects, and Methods of Monitoring and Sensing Oil Pollution in Water: A Review. *Water*, 17(9), 1252. doi: 10.3390/w17091252
- Stephenson, R. (1997). Effects of oil and other surface-active organic pollutants on aquatic birds. *Environmental Conservation*, 24, 121-129.
- Wang, Z., Saebi, M., Grey, E.K., Corbett, J.J., Chen, D., & Yang, D. (2022). Ballast water-mediated species spread risk dynamics and policy implications to reduce the invasion risk to the Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 174, 113285. doi: 10.1016/j.marpolbul.2021.113285
- Ma, Y., Choi, C.-Y., Thomas, A., & Gibson, L. (2022). Review of contaminant levels and effects in shorebirds: Knowledge gaps and conservation priorities. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, Volume 242, 2022, 113868, doi: 10.1016/j.ecoenv.2022.113868.
- Young, F. V. K. (1986). The chemical and physical properties of crude fish oils for refiners and hydrogenators. *Fish Oil Bulletin*, 18, 1-19.

- Zar, J. H. (1995). *Biostatistical Analysis*. New Jersey, EUA: Prentice Hall.
- Žydėlis, R., Small, C., & French, G. (2013). The incidental catch of seabirds in gillnet fisheries: A global review. *Biological Conservation*, 162, 76-88. doi:10.1016/j.biocon.2013.04.002