

Dieta del cormorán guanay *Leucocarbo bougainvilliorum* (Lesson, 1837) en la isla Pescadores tras el derrame de petróleo en Ventanilla en enero de 2022

Diet of the guanay cormorant *Leucocarbo bougainvilliorum* (Lesson, 1837) on Pescadores Island after the Ventanilla oil spill in January 2022

Héctor Estrada-Grossmann^{1*} , Carlos Zavalaga¹ 
e Isabella Díaz-Santibañez^{1,2} 

1 Unidad de Investigación en Ecología y Conservación en Aves Marinas (UIECAM), Universidad Científica del Sur. Lima, Perú.
2 Institute of Marine and Antarctic Studies, University of Tasmania. Tasmania, Australia.



Citar como: Estrada-Grossmann *et al.* (2025). «Dieta del cormorán guanay *Leucocarbo bougainvilliorum* (Lesson, 1837) en la isla Pescadores tras el derrame de petróleo en Ventanilla en enero de 2022». *South Sustainability*, 6(1), e121.
DOI: 10.21142/SS-0601-2025-e121

Artículo recibido: 15/11/2024
Revisado por pares
Artículo aceptado: 28/4/2025



© Los autores, 2025. Publicado por la Universidad Científica del Sur (Lima, Perú)

* E-mail de correspondencia:
estragross01@gmail.com

RESUMEN

Cerca de 11 000 barriles de petróleo se vertieron accidentalmente al mar de Ventanilla, Perú, en enero de 2022. Este derrame afectó una gran extensión marino-costera al norte de Lima, incluyendo a la isla Pescadores, una de las principales colonias de cormorán guanay (*Leucocarbo bougainvilliorum*). Con la finalidad de examinar posibles efectos secundarios del derrame de petróleo en estos cormoranes, se comparó la abundancia de presas y composición de su dieta en periodos de prederrame (2018) y posderrame (7-11 meses después del accidente). Los resultados muestran que durante el periodo de estudio los cormoranes guanay consumieron cinco especies de peces, entre las cuales la principal presa consumida fue la anchoveta (*Engraulis ringens*). El porcentaje de ocurrencia de anchoveta en la dieta fue de 98 % y 99 %, en periodos de prederrame y posderrame, respectivamente. Asimismo, la abundancia relativa de presas (% numérico) fue también similar entre ambos periodos (prederrame = 99,74 %, posderrame = 99,17 %). Por último, se encontraron variaciones en los índices de diversidad en la dieta entre ambos periodos (prederrame = 0,005, posderrame = 0,03). Estos resultados muestran que los cormoranes guanay no cambiaron su dieta meses después de ocurrido el derrame de petróleo, a pesar de que hubo diferencias significativas en los tres factores analizados (% de ocurrencia de anchoveta, % numérico de anchoveta e índice de diversidad de Shannon-Wiener). El patrón de corrientes marinas en la zona afectada y la rápida acumulación de petróleo en las playas, días posteriores al derrame, sugieren que cualquier efecto inmediato del petróleo en la zona pelágica fue efímero y no afectó la disponibilidad de la principal presa de los cormoranes. Sin embargo, se desconoce si las presas consumidas tras el derrame tengan algún efecto contaminante acumulativo no letal.

Palabras clave: derrame de petróleo, dieta, cormorán guanay, Mare Doricum, Repsol 2022, efectos subletales

ABSTRACT

Almost 11,000 barrels of oil were accidentally spilled into the sea off Ventanilla, Peru, in January 2022. This spill affected an extensive marine-coastal area north of Lima, including Pescadores Island, one of the main guanay cormorant (*Leucocarbo bougainvilliorum*) colonies. In order to examine possible secondary effects of the oil spill on these cormorants, the abundance of prey and the composition of their diet were compared across pre- (2018) and post-spill periods (7-11 months after the spill). The results of this study indicate that during the study period guanay cormorants consumed five species of fish, with the main prey consumed being Peruvian anchoveta (*Engraulis ringens*). The percentage occurrence of anchoveta in the diet across pre- and post-spill periods was 98% and 99%, respectively. The relative abundance of prey (numerical %) was also similar across both periods (pre-spill = 99.74%; post-spill = 99.17%). Variations in dietary diversity indices were found between the two periods (pre-spill = 0.005; post-spill = 0.03). These results indicate that guanay cormorants did not modify their diet during the months after the oil spill, despite significant differences across the three factors analyzed (% anchoveta occurrence, numerical % anchoveta, and Shannon-Wiener diversity index). The pattern of ocean currents in the affected area and the rapid accumulation of oil on beaches during the days after the spill suggest that any immediate effect of the oil on the pelagic zone was short-lived and did not affect the availability of the cormorants' main prey. However, it is unknown whether or not the prey consumed after the spill had any non-lethal cumulative contaminant effects.

Keywords: Oil spill, diet, guanay cormorant, Mare Doricum, REPSOL 2022, sublethal effects



1. Introducción

El 15 de enero de 2022, a las 22:26 horas, se produjo un derrame de petróleo en el mar frente a la Refinería La Pampilla (11°55'14"S, 77°08'00"O), Callao (Perú), operada por la empresa Repsol. La ruptura de las amarras del buque tanque de bandera italiana Mare Doricum durante las actividades de carga y descarga de crudo de petróleo en el Terminal Multiboyas 2 de La Pampilla (OEFA, 2022) ocasionó la ruptura del sistema de tubería submarina conocido como PLEM (Pipeline End Manifold, por sus siglas en inglés) (Velásquez et al., 2023). Como producto de la ruptura, se vertieron aproximadamente 10 704 barriles o 1466 toneladas de petróleo al mar (Mogollon et al., 2023), el cual cubrió un área marina total de 11 061 ha (Velásquez et al., 2023), que abarcan dos áreas naturales protegidas (Islotes Grupo de Pescadores de la Reserva Nacional Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras, y la Zona Reservada de Ancón [figura 1]) y otras zonas adyacentes que incluyeron acantilados, playas, puntas, islotes e islas. Esta mancha de crudo se esparció rápidamente y ocasionó efectos ambientales, económicos y sociales entre los distritos de Ventanilla y Chancay, al norte de Lima (Aponte et al., 2022; Velásquez et al., 2023).

Durante los procesos de verificación de los daños entre marzo y septiembre de 2022, se inspeccionaron 97 sitios del litoral (zona submareal, islotes, islas, y áreas naturales protegidas) entre la playa La Pampilla, Ventanilla y Punta Salinas, de los cuales 71 fueron afectados por el derrame, incluyendo 48 playas (Velásquez et al., 2023). La aparición de animales muertos en las playas, islotes e islas fue inmediata, ya que aves marinas como el cormorán chuita (*Poikilocarbo gaimardi*), pingüino de Humboldt (*Spheniscus humboldti*), gaviotín zarcillo (*Larosterna inca*), piquero peruano (*Sula variegata*), cormorán guanay (*Leucocarbo bougainvilliorum*), y mamíferos como nutrias marinas (*Lontra felina*) fueron afectados (Pulido-Capurro et al., 2022). El Servicio Nacional Forestal de Flora y Fauna (Serfor) y el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (Sernanp) reportaron un número mínimo de 813 aves muertas entre el 26 de enero y 1 de abril de 2022 (Defensoría del Pueblo, 2022). Por otro lado, los efectos subletales del derrame en las aves marinas residentes en la zona del derrame han sido poco evaluados.

Cuando el petróleo ingresa en la columna de agua, su comportamiento está influenciado por diversos factores, como la temperatura, las corrientes y la densidad. Inicialmente, el petróleo se esparce sobre la superficie formando una mancha que se dispersa con el viento y las corrientes. Sin embargo, en el caso estudiado, el derrame se originó por debajo de la superficie, lo que obligó al petróleo a ascender a través de la columna de agua. Durante este proceso, se forman gotas de petróleo que se dispersan, mientras que los componentes de menor peso molecular se disuelven en el agua (Boehm y Feist, 1982; Geraci y Aubin, 2012). Posteriormente,

tiene lugar la evaporación de los compuestos volátiles, lo que incrementa la densidad y viscosidad del petróleo, al tiempo que reduce su presión de vapor y toxicidad (Bobra y Fingas, 1986; Geraci y Aubin, 2012). Este proceso favorece la formación de emulsiones de agua en aceite y bolas de alquitrán, lo que genera una costra compuesta por componentes no volátiles y una alta concentración de hidrocarburos ligeros (Boehm y Feist, 1982; Payne y Phillips, 1985). A continuación, ocurren procesos como la disolución, dispersión, formación de emulsiones, reacción fotoquímica, biodegradación y, finalmente, la deposición en los sedimentos marinos (Geraci y Aubin, 2012). Este último proceso es clave, ya que las fracciones más pesadas del petróleo terminan depositándose en el fondo marino debido a la adsorción de gotas en materia suspendida y su posterior transporte al lecho oceánico, o al hundimiento directo de aceites pesados (Anderson et al., 1986; Boehm, 1987).

Días posteriores al derrame, el petróleo o sus derivados suelen afectar en mayor medida a las especies bentónicas debido a que el compuesto atraviesa un proceso de deposición en los sedimentos (Geraci y Aubin, 2012), por lo que las aves marinas relacionadas con el ecosistema bentónico podrían ser las más afectadas. Por ejemplo, el cormorán moñudo (*Phalacrocorax aristotelis*) consume principalmente *Ammodytes tobianus*, un pez asociado al bentos, pero como consecuencia del derrame de petróleo del Prestige en 2002, el ave cambió la composición de su dieta (Velandó et al., 2005a). De igual manera, Golet et al. (2002) sugieren que el derrame del Exxon Valdez en 1989 afectó de manera negativa las poblaciones de *Ammodytes tobianus*, especie presa del alca o arao columba *Cephus columba* en Alaska, lo que afectó la recuperación poblacional de esta especie de ave marina.

El petróleo tiene efectos directos sobre las aves marinas como el daño a las plumas, el cual reduce la impermeabilidad y aislamiento térmico, y, en consecuencia, ocasiona hipotermia y elimina la propiedad de flotabilidad, lo que motiva el ahogamiento en las aves (Holmes y Cronshaw, 1977; Clark, 1984). En el estudio realizado del estado de salud de guanayes (*L. bougainvilliorum*) y ostreros americanos (*Haematopus palliatus*) posterior al derrame de petróleo en Ventanilla de enero de 2022, se encontró que estas especies presentaron concentraciones de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) mayores con respecto a las zonas de control (OEFA, 2022). Sin embargo, los resultados no son concluyentes debido a la presencia de diversas zonas de contaminación por hidrocarburos en los alrededores previa a la ocurrencia del derrame (OEFA, 2022). La presencia de HAP producto de derrames de petróleo ocasiona efectos adversos directos en aves marinas como anemia hemolítica (Fallon et al., 2018) o daño en órganos vitales como el hígado y el riñón (Alonso-Ávarez et al., 2007). El derrame de petróleo pudo también generar efectos subletales, como alterar el comportamiento de alimentación y los hábitos

alimenticios de algunas especies de aves marinas de las islas Pescadores, como se ha reportado en el cormorán moñudo (*Phalacrocorax aristotelis*) y el vuelvepiedras común (*Arenaria Interpres*), afectadas por derrames de petróleo (Velando *et al.*, 2005a; Henkel *et al.*, 2012). El cormorán guanay estuvo en plena condición reproductiva en la isla Pescadores durante el derrame de petróleo, lo cual hace que sea un candidato adecuado para evaluar posibles cambios en la composición de su dieta como efecto subletal a largo plazo, a consecuencia del derrame del petróleo.

El cormorán guanay es una especie endémica que habita la corriente fría de Humboldt desde el norte del Perú hasta el norte de Chile (Harrison *et al.*, 2021). Su alimentación se basa principalmente de peces pelágicos, entre los que resalta la anchoveta (*Engraulis ringens*), el camotillo (*Normanichthys crockeri*) y el pejerrey (*Odontesthes regia*) (Jordán, 1959; Jahncke *et al.*, 1997; Zavalaga y Paredes, 1999). No obstante, puede haber cambios en la abundancia relativa de cada especie presa por consecuencia de componentes oceanográficos, por lo que se presentan variaciones en la disponibilidad de alimento para las aves según el área evaluada (Jahncke *et al.*, 1997). Desde hace décadas, la dieta del cormorán guanay ha sido estudiada en el Perú por medio de la identificación de partes sólidas no digeridas de sus presas contenidas en pellets o bolos residuales (Jordán, 1959). Estos bolos son expulsados todos los días, y por medio del conteo, la identificación y el reconocimiento de otolitos se ha podido establecer la constitución de la dieta para investigaciones estacionales e interanuales relacionadas con la disponibilidad de las presas y eventos El Niño (Jahncke y Goya, 1998).

En cuanto a estudios que monitorean la dieta de cormoranes en relación con derrames de petróleo, la bibliografía disponible es limitada. Los estudios existentes han documentado variaciones en la dieta de cormoranes que se alimentan de presas bentónicas tras un derrame, pero no se han realizado investigaciones sobre cormoranes con una dieta pelágica, como es el caso del cormorán guanay. La dinámica del movimiento y la dispersión del petróleo en la columna de agua impone condiciones únicas para especies de depredadores que se alimentan de presas pelágicas. En este contexto, nuestra investigación busca explorar si los cormoranes guanayes, especie pelágica por excelencia (Weimerskirch *et al.*, 2012) también pueden experimentar cambios en la composición de su dieta como consecuencia de un derrame de petróleo.

El objetivo de este estudio es analizar los cambios en la composición de la dieta del cormorán guanay en la isla Pescadores, como un posible efecto indirecto a mediano plazo del derrame de petróleo ocurrido en Ventanilla en enero de 2022. Para ello, se recolectaron bolos alimenticios en condiciones previas (2018) y posteriores al derrame (2022) para el análisis de dieta. Si el derrame afectó la disponibilidad de anchoveta, principal presa de los

cormoranes guanayes, se espera que las aves presenten un menor consumo de esta especie y una mayor diversidad de presas en el periodo posterior al evento.

2. Metodología

2.1. Zona de estudio

El estudio se realizó en la isla Grande de Pescadores (-11.775277oS, -77.264166oO, figura 1), parte del archipiélago Islas Grupo de Pescadores, situado frente a la bahía de Ancón, en Lima (Perú). Con una longitud de 945 m y un ancho de 426 m, es la isla más extensa del archipiélago y se localiza a 7 km del punto más cercano del litoral. Este grupo de islas está incluido dentro de la Reserva Nacional Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras (RNSIIPG).

2.2. Bolos alimenticios

Los bolos de guanay son pequeñas bolsas mucosas que las aves regurgitan diariamente por la mañana antes de su primer viaje de alimentación del día (Jordán, 1959). Los bolos contienen material no digerible como otolitos, huesos y cristalinos de peces, conchas de moluscos, exoesqueletos de crustáceos, picos de calamar, entre otros (Jordán, 1959; Jahncke y Rivas, 1998). Muchos de estos restos son identificables y, por lo tanto, sirven para la estimación de la composición de la dieta de las aves. Los otolitos en particular son cuerpos calcáreos presentes en las cabezas de los peces dentro de su oído interno, con forma y tamaño característico para cada especie (García-Godos, 2001; Oré-Villaba, 2017). Así, mediante la identificación y conteo de otolitos, es posible calcular la abundancia relativa de las presas que consumen los cormoranes.

2.3. Periodo de estudio y colectas de bolos

Un total de 109 bolos se obtuvieron en una colecta mensual prederrame de petróleo en noviembre de 2018. Para el periodo de posderrame, los bolos se recolectaron mensualmente entre agosto y noviembre de 2022 en tres colectas mensuales, para un total de 998 bolos.

2.4. Recolección y almacenamiento de bolos

Para minimizar el disturbio en la colonia de guanayes, las colectas se realizaron después de que las aves salieran de la isla para su primer viaje de alimentación (8:00 a. m. -11:00 a. m.). Todos los bolos colectados estuvieron frescos y enteros, y la colecta no requirió más de una hora. Cada bolo fue guardado individualmente en pequeñas bolsas, rotulados con la fecha de colecta, y almacenados a temperatura ambiente hasta su traslado a la Unidad de Investigación en Ecología y Conservación (UIECAM) de la Universidad Científica del Sur. En esta Unidad, los bolos fueron guardados en un congelador a -25°C hasta su posterior análisis.



2.5. Análisis de los bolos

Los bolos fueron descongelados un día previo al análisis. Cada bolo fue colocado en una placa Petri de color negro, para facilitar el contraste y la identificación de los otolitos, que son blancos. Se humedeció cada bolo con aproximadamente 10 ml de agua por algunos minutos. Con el uso de pinzas se abrió cada bolo para exponer su contenido. Los otolitos fueron separados y agrupados según su forma (especie). Una vez que todos los otolitos fueron separados del bolo, se secaron en una estufa a 60 °C por 2-3 horas, hasta que estuvieran completamente secos. Los otolitos de cada especie fueron contados separadamente e identificados a nivel de especie con una colección privada de otolitos de la UIEM-GAM y con una guía de identificación de otolitos (García-Godos, 2001).

2.6. Determinación de la composición de la dieta e índice de diversidad

Para calcular la composición de la dieta, se estimaron dos índices de abundancia relativa de presas: (1) el porcentaje de ocurrencia de la presa *i*, definido como el número de bolos que contenían al menos un otolito de la especie *i* dividido por el número total de bolos, multiplicado por 100; y (2) el porcentaje numérico de la especie *i*, calculado como el número total de otolitos de la especie *i* dividido por el número total de otolitos, multiplicado por 100. Ambos índices fueron calculados agrupando los bolos correspondientes a cada periodo de estudio.

Asimismo, se calculó el índice de diversidad de Shannon-Wiener para ambos periodos como:

$$H = - \sum_{i=1}^q P_i * \ln P_i$$

Donde:

P_i = proporción de otolitos que pertenecen a la especie *i*

q = número total de especies

2.7. Análisis estadísticos

Se realizaron las pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk y homogeneidad de varianzas de Levene para cada uno de los sets de datos, en relación con el porcentaje numérico de las presas y el índice de biodiversidad de presas en la dieta, previos a la decisión de los análisis estadísticos para la comparación de las condiciones prederrame y posderrame. En ninguno de los casos, los datos no pasaron la prueba de normalidad (Shapiro-Wilks, p -valor < 0,05 para todas las pruebas). Asimismo, únicamente el set de datos de % numérico cumplió con la homogeneidad de varianzas (Levene, $F = 3,2057$, p -valor = 0,0737). Los otros sets de datos correspondientes a los índices de diversidad de Shannon-Wiener fueron estadísticamente no significativos (Levene, $F = 7,9747$,

p -valor = 0,004843). Debido a estas condiciones y a la amplia diferencia entre el número de bolos recolectados en los periodos de prederrame y posderrame, se realizó un remuestreo Bootstrap (Gotelli y Ellison, 2004) en los valores de índice de diversidad de Shannon-Wiener, porcentaje de ocurrencia y porcentaje numérico de cada bolo en los periodos de prederrame y posderrame, para finalmente comparar las medias de ambos periodos con el fin de determinar si existen o no diferencias entre estos. Todas las pruebas se realizaron en R Studio (versión 4.2.2) con el paquete Vegan V. 2.6.4 (Oksanen *et al.*, 2025), Boot V. 1.3.31 (Canty y Rimpley, 2024) y Car V. 3.1.1 (Weisberg, 2019).

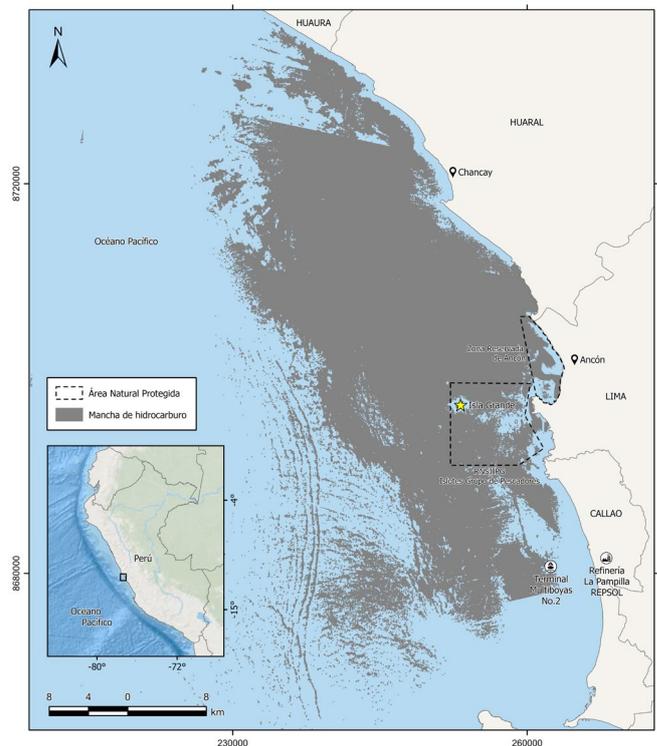


Figura 1. Mapa de la zona de estudio (modificado del Reporte N.° 00024-2022-OEFA/DEAM-STEAC de la OEFA). El símbolo con estrella amarilla indica la ubicación de la isla Pescadores dentro del área natural protegida de la Reserva Nacional Sistemas de Islas, Islotes y Puntas Guaneras (área delimitada por la línea punteada inferior). Asimismo, se muestra el área natural protegida de la Zona Reservada de Ancón (área punteada superior). La ubicación del terminal multiboya N.° 2, en donde se inició el derrame, se muestra en un círculo blanco y negro frente a la refinería La Pampilla Repsol. El área cubierta por la mancha de petróleo al cuarto día del derrame está sombreada de color gris.

3. Resultados

Durante el periodo de estudio, la dieta de los cormoranes guanayes se limitó a cinco especies de peces pelágicos. Sin embargo, en términos de abundancia relativa, la anchoveta fue la presa predominante tanto por ocurrencia (98,1 %) como por número (99,7 %, tabla 1). Antes del derrame, solo 2 de los 109 bolos recolectados estaban vacíos, mientras que, después del derrame, 164 de los 998 bolos analizados no contenían restos. Por esta

razón, las pruebas estadísticas se centran en la proporción y ocurrencia de anchoveta en la dieta.

La proporción de anchoveta en la dieta expresada por el porcentaje de ocurrencia de anchoveta (prederrame = 98,16 %, posderrame = 99,88 %) fue significativamente diferente entre ambos periodos (Bootstrap, diferencia entre medias = -0,0169; intervalo de confianza al 95 % = -0,0176 - -0,0160). Asimismo, hubo diferencias significativas entre el porcentaje numérico de anchoveta prederrame (99,73 %) y posderrame (99,17 %) (Bootstrap, diferencia entre medias = 0,0082; intervalo de confianza al 95 % = 0,0081 - 0,0083). Es importante resaltar que, a pesar de las diferencias estadísticas, los porcentajes de ocurrencia y número de anchoveta consumida por los guanayes prederrame y posderrame son extremadamente parecidas, por lo que no se consideraría como un cambio en el consumo de anchoveta en la dieta del cormorán.

Tabla 1. Composición de la dieta del cormorán guanay (*Leucocarbo bougainvilliorum*) en la isla Grande de Pescadores en periodos de prederrame (2018, N = 109 bolos) y posderrame de petróleo (2022, N = 837 bolos). El % ocurrencia se define como la proporción entre el número de bolos con presencia de una determinada especie y el número total de bolos analizados. El % numérico se expresa como la proporción del total de otolitos de una determinada especie, dividida por el número total de otolitos encontrados en todos los bolos analizados.

Nombre científico	Nombre común	N.º de otolitos	% numérico	% ocurrencia
Periodo prederrame				
<i>Engraulis ringens</i>	Anchoveta	2267	99,736 %	98,165 %
<i>Odontesthes regia</i>	Pejerrey	6	0,264 %	1,835 %
Periodo posderrame				
<i>Engraulis ringens</i>	Anchoveta	59849	99,168 %	99,881 %
<i>Sciaena deliciosa</i>	Lorna	281	0,466 %	6,802 %
<i>Odontesthes regia</i>	Pejerrey	217	0,360 %	10,143 %
<i>Menticirrus ophicephalus</i>	Mismis	2	0,003 %	0,119 %
<i>Trachinotus paitensis</i>	Pampanito	2	0,003 %	0,119 %

Las medias de los índices de diversidad de Shannon-Winer fueron de 0,005 para el periodo de prederrame y de 0,03 para el periodo de posderrame. La diferencia de las medias de los índices de diversidad fue significativa entre ambos periodos (Bootstrap, diferencia de media = -0,024;

intervalo de confianza al 95 % = -0,0243 - -0,0238). En el periodo de prederrame, los guanayes consumieron dos especies de peces (la anchoveta fue la más abundante), mientras que en el periodo de posderrame se alimentaron de cinco especies de peces (la anchoveta, de igual manera, fue la más abundante) (tabla 1).

4. Discusión

Los resultados de este estudio indican que la dieta del cormorán guanay estuvo dominada por la anchoveta, con una ocurrencia superior al 98 % en los bolos y más del 99 % en proporción relativa a otras presas. Aunque las pruebas estadísticas mostraron diferencias significativas en ambos índices entre los periodos de prederrame y posderrame, estas deben interpretarse con cautela. En particular, la diferencia en el porcentaje numérico de anchoveta en los bolos entre el periodo de prederrame (99,74 %) y posderrame (99,17 %) no sugiere cambios sustanciales en el consumo de esta presa. Para mitigar el impacto del reducido número de muestreos en ambos periodos, se aplicó un remuestreo Bootstrap. Sin embargo, el número limitado de meses de muestreo impidió la aplicación de análisis estadísticos más robustos, los cuales podrían haber confirmado la ausencia de diferencias significativas. Varios factores limitaron la recolección de bolos en el periodo de posderrame. En primer lugar, no fue posible obtener muestras inmediatamente después del derrame debido al tiempo requerido para gestionar los procesos administrativos, como la consecución de fondos de investigación y la obtención de permisos para el ingreso a las islas. En segundo lugar, el impacto de la gripe aviar H5N1 en diciembre de 2022 provocó un éxodo masivo y una alta mortalidad de diversas especies de aves marinas a lo largo de la costa peruana (Toledo-Gamarra *et al.*, 2023). Como medida de bioseguridad, el Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú (Senasa) declaró la emergencia sanitaria el 29 de noviembre de 2022 (Resolución Jefatural 0180-2022-MIDAGRI-SENASA), lo que llevó al Sernanp-RNSIIPG a prohibir el ingreso de investigadores a las islas y puntas guaneras a partir de diciembre de 2022. En consecuencia, no fue posible continuar con la recolección de bolos, lo que limitó la disponibilidad de datos para el periodo de posderrame. Por otro lado, la ausencia de un plan de recolección sistemática y anticipada de bolos en el periodo de prederrame también representó una limitación. Las pocas muestras analizadas para la isla

Tabla 2. Valores de diversidad y proporción de anchoveta en la dieta del cormorán por año

Año	Mes	N.º bolos	Factor	Shannon-Wiener	N.º otolitos	% numérico anchoveta	% ocurrencia anchoveta
2018	Noviembre	109	Pre	0,0183	2267	99,74 %	98,17 %
2022	Agosto	73	Pos	0,0036	4945	99,96 %	100,00 %
2022	Octubre	447	Pos	0,0381	31588	99,44 %	99,78 %
2022	Noviembre	319	Pos	0,0807	23316	98,64 %	100,00 %



Pescadores provinieron de otro estudio (Díaz-Santibañez et al., 2024), lo que restringió la comparación entre ambos periodos. Sin embargo, a pesar de estas limitaciones, consideramos que los resultados de la composición de la dieta de este estudio reflejan los hábitos alimenticios habituales del cormorán guanay y que las comparaciones aún son importantes y válidas. Así, un estudio sobre la composición de la dieta del cormorán guanay de la isla Grande de Pescadores, realizado por el Instituto del Mar del Perú entre junio de 2019 y marzo de 2020, revelan que la ocurrencia de anchoveta en los bolos recolectados fue superior al 97 % y que el porcentaje numérico de esta presa estuvo entre el 75 % y 97 % (Milly Valle, comunicación personal).

Diversos estudios han demostrado que el cormorán guanay en el Perú es un depredador oportunista que consume una variedad de peces pelágicos, mesopelágicos y demersales (Jordán, 1959; Jahncke et al., 1997; Jahncke y Goya, 1997; Zavalaga y Paredes, 1999). Sin embargo, a pesar de su capacidad para explotar diferentes tipos de presa, la anchoveta ha sido consistentemente la presa dominante en su dieta (Jordán, 1959; Jahncke y Goya, 1997, 1998; Goya, 2000). Los resultados de este estudio no respaldan la hipótesis de que el derrame de petróleo provocó cambios en la composición de la dieta del cormorán guanay, ya que la anchoveta siguió siendo la principal presa consumida tanto antes como después del evento. En otros ecosistemas marinos, se ha documentado que los derrames de petróleo reducen la abundancia de presas en la zona intermareal, lo que afecta la tasa de éxito de forrajeo en aves costeras (Andres et al., 1997; NRC, 2003). Por ejemplo, Velando et al. (2005a) reportaron que el rendimiento reproductivo del cormorán moñudo (*Phalacrocorax aristotelis*) disminuyó tras el derrame del buque tanque Prestige en Galicia (España) en 2003, debido a una reducción del 25 % en la abundancia de *Ammodytes tobianus*. Sin embargo, la comparación de estos resultados con los obtenidos para el cormorán guanay en la isla Grande de Pescadores debe hacerse con cautela. *Ammodytes tobianus* es una especie asociada a fondos marinos, mientras que *Engraulis ringens* es una especie pelágica. Dado que los derrames de petróleo afectan en mayor medida los hábitats bentónicos, los impactos sobre las poblaciones de *E. ringens* podrían haber sido menos pronunciados. Durante la época de crianza de pichones, los cormoranes guanayes en la isla Grande de Pescadores suelen forrajear en un radio no mayor a 20 km (Weimerskirch et al., 2012), y durante este estudio, se registró que las aves con pichones en sus nidos buscaron alimento dentro de un radio de 18,5 km (OEFA, 2022). Esto indica que las anchovetas consumidas por los cormoranes se encontraban dentro del área afectada por el derrame (figura 1). Si la presencia de petróleo en la superficie y la columna de agua puede alterar el ecosistema marino a corto y largo plazo, al provocar perturbaciones en la flora y fauna (Dauvin, 1998; Milinkovitch et al., 2011; Ramprasad et al., 2024) y reducir la disponibilidad de presas (Andres

et al., 1997; Langangen et al., 2017), surge la pregunta: ¿por qué los cormoranes guanayes no modificaron su dieta?

El derrame de crudo en Ventanilla se caracterizó por una presencia relativamente breve en la superficie del mar. Según Mogollón et al. (2023), en los cuatro días posteriores al evento, aproximadamente el 70 % del petróleo se desplazó hacia la franja costera, mientras que el 28 % se evaporó. Como resultado, solo alrededor del 2 % del total del crudo derramado permaneció en la columna de agua, lo que redujo la probabilidad de un efecto crónico en las comunidades pelágicas de peces. En este contexto, cualquier impacto inmediato en los hábitos alimenticios de las aves pudo haberse disipado para el momento en que se recolectaron los bolos, siete meses después del derrame.

Es importante considerar también las condiciones del mar alrededor de la isla Grande de Pescadores, según datos de temperatura superficial del mar (TSM) recolectados tres veces al día (06:00 h, 12:00 h y 18:00 h) por personal de AgroRural en la isla Pescadores (AgroRural, datos no publicados). No hubo variaciones temporales en la TSM durante el periodo de estudio, con valores de 16 °C en noviembre de 2018 y 14 °C entre septiembre y noviembre de 2022. Según el Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN) de 2024, se registró un evento El Niño débil a finales de 2018 e inicios de 2019, y un evento La Niña débil entre septiembre y noviembre de 2022; sin embargo, las temperaturas medidas a nivel local del área de estudio muestran que no hubo variaciones térmicas que sobrepasen de la desviación estándar de los promedios mensuales de TSM, por lo que, tanto durante el periodo de prederrame como en el periodo de posderrame, se observaron condiciones neutras de la anomalía de TSM, es decir, los cormoranes no estuvieron expuestos a condiciones adversas que pudieron influenciar la composición de la dieta.

En temporadas frías, se observa una mayor producción primaria, lo cual incrementa la abundancia de zooplancton y conlleva a un mayor reclutamiento de alevines de peces (Frederiksen et al., 2006). Este factor es importante debido a que, al momento del derrame de petróleo, la costa peruana estaba pasando por un evento frío La Niña de intensidad débil (ENFEN, 2024), por lo que la presencia de este evento pudo amortiguar en cierta medida el impacto ecológico que tuvo este derrame, ya que las condiciones de TSM frías o neutras favorecen la presencia de anchovetas (Gutiérrez et al., 2007; Bouchon et al., 2010; Castillo et al., 2021). Esto es evidenciado por la abundante presencia de esta especie en la dieta del guanay en el periodo de estudio.

Los resultados de este estudio sugieren que el derrame de petróleo en Ventanilla tuvo un impacto significativo mas no visible en la composición porcentual y numérica de la dieta del cormorán guanay. Esta conclusión se ve respaldada por la presencia de eventos reproductivos

de esta especie en la isla Grande de Pescadores durante el periodo de estudio (AgroRural, 2023). Sin embargo, se desconoce el éxito reproductivo de la colonia en los meses posteriores al derrame, aspecto que ha sido documentado en el cormorán moñudo (*Phalacrocorax aristotelis*), donde se han reportado efectos adversos tras eventos de contaminación por hidrocarburos (Velandó *et al.*, 2005b). A diferencia de derrames localizados, fenómenos ambientales de mayor escala, como El Niño, generan cambios más pronunciados en la composición de la dieta del cormorán guanay, como lo han demostrado estudios previos (Weimerskirch *et al.*, 2012; Jahncke *et al.*, 2004). No obstante, aún se desconocen los efectos letales y subletales del petróleo en la anchoveta, principal presa del cormorán guanay, y en otros depredadores dentro del ecosistema marino afectado por el derrame en Ventanilla.

El derrame, de aproximadamente 11 000 barriles de petróleo en el mar de Ventanilla, tuvo un impacto inmediato sobre diversas especies de fauna marina y causó la muerte de cientos de aves marinas, incluidos cormoranes guanayes (*Leucocarbo bougainvilliorum*) (Defensoría del Pueblo, 2022). Además, generó graves afectaciones socioeconómicas en las comunidades locales que dependen del mar para su sustento y actividades económicas (Velásquez *et al.*, 2023). La responsabilidad de la empresa Repsol por los daños ambientales, sociales y económicos es incuestionable y continúa siendo objeto de seguimiento por parte del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), que ha impuesto sanciones administrativas y otras obligaciones para mitigar los efectos del desastre. Por otro lado, este derrame presenta también características únicas que imponen retos para la interpretación de sus efectos subletales a largo plazo en la biota marina y la recuperación del ecosistema. Un claro ejemplo es el estudio que mostró que la concentración de HAP en la sangre del cormorán guanay de la isla Grande Pescadores en los meses posderrame de petróleo de Ventanilla, el cual mostró resultados de HAP en sangre similares a la de cormoranes guanayes en una zona control, 170 km al sur de Lima (OEFA, 2022). Lima es una ciudad altamente contaminada con residuos derivados de hidrocarburos, como los plásticos, lo cual dificulta la interpretación de los niveles de contaminación y bioacumulación en la zona afectada. Por ejemplo, las playas de Lima están altamente contaminadas con microplásticos (Purca y Hinojosa, 2017; Iannacone *et al.*, 2020) y macroplásticos (Blondet *et al.*, 2023), los cuales han ingresado a la cadena trófica de las aves, particularmente cormoranes guanayes (Díaz-Santibañez *et al.*, 2023, o Meza-Chuquizuta *et al.*, 2023). Los efluentes en las desembocaduras de los ríos Rímac y Chillón en Lima traen diversos contaminantes orgánicos hacia la zona en donde ocurrió el derrame de petróleo y su zona de dispersión. Asimismo, las actividades pesqueras, portuarias y aerocomerciales de la zona marítima y costera del Callao no excluyen la posibilidad de altos

niveles de contaminación por compuestos derivados de hidrocarburos. Del mismo modo, autores como Wiens *et al.* (1996) mencionan también que los efectos de perturbaciones localizadas, como es el caso del derrame del Mare Doricum en el Perú, pueden verse amortiguadas o difusadas en regiones mucho más extensas que el área del derrame inmediata, debido a dinámicas espaciales de las aves marinas. En ese sentido, es necesario la continuación de estudios sobre bioacumulación y biomagnificación de hidrocarburos a lo largo de la red trófica, así como investigaciones poblacionales sobre la anchoveta y sus depredadores en el ecosistema marino peruano. Esto permitiría evaluar si esta especie puede bioacumular residuos del derrame y determinar el impacto a largo plazo en la dinámica del ecosistema.

Contribución de autoría

Héctor Estrada-Grossmann: diseño de investigación, colecta de datos, análisis de muestras, análisis de datos y redacción del artículo.

Carlos Zavalaga: diseño de investigación, revisión del artículo.

Isabella Díaz-Santibañez: colecta y análisis de bolos prederrame.

Fuente de financiamiento

El proyecto fue financiado por el Programa Nacional de Innovación en Pesca y Acuicultura (PNIPA), con código de proyecto PNIPA-SIADESP-2022-00698, y la Universidad Científica del Sur, con número de proyecto 050-2022-PRO99, titulado «Estado de salud de las aves marinas en la isla Pescadores como indicador de la contaminación del derrame de petróleo Repsol 2022 en Ventanilla».

Potenciales conflictos de interés

Los autores no presentan ningún conflicto de interés.

Agradecimientos

Agradecemos a los guardaíslas de AgroRural Alejandro Meres y Rómulo Ibarra, por su apoyo en la colecta de muestras. AgroRural emitió los permisos de pernocte en la isla y Sernanp otorgó el permiso Resolución Jefatural 018-2022-SERNANP-RNSIIPG para la investigación. Agradecemos también al equipo de la Unidad de Investigación en Ecología y Conservación en Aves Marinas por el apoyo en la colecta de bolos e identificación de otolitos.



Referencias bibliográficas

- Alonso-Alvarez, C., Munilla, I., López-Alonso, M. y Velando, A. (2007). «Sublethal toxicity of the Prestige oil spill on yellow-legged gulls». *Environment International*, 33, pp. 773-781.
- Anderson, J., Neff, J. y Bohem, P. (1986). «Sources, fates and effects of aromatic hydrocarbons in the Alaskan marine environment with recommendations for monitoring strategies». United States Environmental Protection Agency, 600/3-86 018.
- Andres, B. A. (1997). «The Exxon Valdez oil spill disrupted the breeding of black oystercatchers». *Journal of Wildlife Management*, 61, pp. 1322-1328.
- Aponte, H., Torrejón-Magallanes, J. y Pérez, A. (2022). «Marea negra en el Perú: reflexiones sobre un derrame de petróleo en el Pacífico sudamericano». *South Sustainability*, 3(1), e44. Disponible en: <https://revistas.cientifica.edu.pe/index.php/southsustainability/article/view/1110>
- Blondet, D., Plaza-Salazar, A. y Barona, D. (2023). «Evaluación de los residuos sólidos encontrados en playas de la Costa Verde, Lima, Perú, durante el invierno de 2021». *South Sustainability*, 4(1), e070. Disponible en: <https://revistas.cientifica.edu.pe/index.php/southsustainability/article/view/1382/1097>
- Bobra, A. y Fingas, M. (1986). The behavior and fate of Arctic spills. *Water Science & Technology*, 18, pp. 13-23.
- Bouchon, M., Ayón, P., Mori, J., Peña, C., Espinoza, P., Hutchings, L., Buitron, B., Perea, Á., Goicochea, C. y Messié, M. (2010). «Biología de la anchoveta peruana, *Engraulis ringens* Jenyns». *Boletín del Instituto del Mar del Perú*, 25(1-2), pp. 23-30.
- Castillo, P., Ñiquen, M., La Cruz, L., Guevara-Carrasco, R. y Cuadros, G. (2021). «Migration behavior of anchoveta (*Engraulis ringens*) in the Northern Humboldt Current System between September 2019 and September 2020». *Latin American Journal of Aquatic Research*, 49(5), pp. 702-716. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-560X2021000500702
- Clark, R. (1984). «Impact of oil pollution on seabirds». *Environmental Pollution*, 33(1), pp. 1-22. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/0143-1471\(84\)90159-4](https://doi.org/10.1016/0143-1471(84)90159-4)
- Dauvin, J.-C. (1998). «The fine sand *Abra alba* community of the bay of Morlaix twenty years after the Amoco Cadiz oil spill». *Marine Pollution Bulletin*, 36(9), pp. 669-676.
- Defensoría del Pueblo. (2022). Informe de adjuntía N.º 10-2022-DP/AMASPP, Derrame de Petróleo en la Refinería La Pampilla. Recomendaciones frente a un desastre ambiental que pudo evitarse. Disponible en: <https://www.defensoria.gob.pe/wp-content/uploads/2022/04/Informe-Derrame-Ventanilla.pdf>
- Díaz-Santibañez, I., Clark, B. L. y Zavalaga, C. B. (2023). «Guanay cormorant (*Leucocarbo bougainvilliorum*) pellets as an indicator of marine plastic pollution along the Peruvian coast». *Marine Pollution Bulletin*, 192, 115104.
- Estudio Nacional del Fenómeno del Niño. (2024). «Eventos El Niño y La Niña Costeros». Disponible en: http://met.igp.gob.pe/elnino/lista_eventos.html
- Fallon, J. A., Smith, E. P., Schoch, N., Paruk, J. D., Adams, E. A., Evers, D. C., Hopkins, W. A. (2018). «Hematological indices of injury to lightly oiled birds from the Deepwater Horizon oil spill». *Environmental Toxicology and Chemistry*, 37(2), pp. 451-461. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/etc.3983>
- Frederiksen, M., Edwards, M., Richardson, A. J., Halliday, N. C. y Wanless, S. (2006). «From plankton to top predators: bottom-up control of a marine food web across four trophic levels». *Journal of Animal Ecology*, 75(6), pp. 1259-1268. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2006.01148.x>
- Gamarra-Toledo, V., Plaza, P., Angulo, F., Gutiérrez, R., García-Tello, O., Saravia-Guevara, P., Mejía-Vargas, F., Epiqueñ-Rivera, M., Quiroz-Jiménez, G., Martínez, P., Huamán-Mendoza, D., Inga-Díaz, G., La Madrid, L., Luyo, P., Ventura, S. y Lambertucci, S. (2023). «Highly pathogenic Avian influenza (HPAI) strongly impacts wild birds in Peru». *Biological Conservation*, 286, 110272. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2023.110272>
- García-Godos, I. (2001). «Patrones morfológicos del otolito sagitta de algunos peces óseos del mar peruano». *Boletín del Instituto del Mar del Perú*, 20 (1-2).
- Geraci, J. y Aubin, D. (2012). *Sea mammals an oil confronting the risk*. San Diego: Academic Press.
- Golet, G., Seiser, P., McGuire, D., Roby, D., Fischer, J., Kuletz, K., Irons, D., Dean, T., Jewett, S. y Newman, S. (2002). «Long-tern direct and indirect effects of the "Exxon Valdez" oils spill on pigeon guillemots in Prince William Sound, Alaska». *Marine Ecology Progress Series*, 241, pp. 287-304. Disponible en: <https://www.int-res.com/articles/meps2002/241/m241p287.pdf>
- Goya, E. (2000). «Abundancia de aves guaneras y su relación con la pesquería de anchoveta peruana de 1953 a 1999». *Boletín del Instituto del Mar del Perú*, 19(1-2), pp. 125-131.
- Gutiérrez, M., Schwartzman, G., Bertrand, A. y Bertrand, S. (2007). «Anchovy (*Engraulis ringens*) and sardine (*Sardinops sagax*) spatial dynamics and aggregation patterns in the Humboldt Current ecosystem, Peru, from 1983-2003». *Fisheries Oceanography*, 16(2), pp. 155-168. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2419.2006.00422.x>
- Harrison, P., Perrow, M. R. y Larsson, H. (2021). *Seabirds. The New Identification Guide*. Barcelona: Lynx.
- Henkel, J., Sigel, B. y Taylor, C. (2012). «Large-scale impacts of the Deepwater Horizon oil spill: Can local disturbance affect distant ecosystems through migratory shorebirds». *BioScience*, 62(7), pp. 676-683. Disponible en: <https://academic.oup.com/bioscience/article-abstract/62/7/676/243466?redirectedFrom=fulltext&login=false>
- Holmes, W. N. y Cronshaw, J. (1977). «Biological effects of petroleum on marine birds». En D. C. Malins (ed.), *Effects of petroleum on Arctic and Subarctic marine environments and organisms*, vol. 2 (pp. 359-398). Nueva York: Academic Press.
- Iannacone, J., Huyhua, A., Alvariano, L., Valencia, F., Principe, F., Minaya, D., Ortega, J., Argota, G. y Castañeda, L. (2020). «Microplásticos en la zona de marea alta y supralitoral de una playa arenosa del litoral costero del Perú». *The Biologist (Lima)*, 17(2), pp. 335-346.
- Jahncke, J. y Goya, E. (1997). «Variación latitudinal y estacional en la dieta del guanay (*Leucocarbo bougainvillii*) y el piquero peruano (*Sula variegata*) en la costa peruana». *Boletín del Instituto del Mar del Perú*, 16(1), pp. 23-41.
- Jahncke, J. y Goya, E. (1998). «Las dietas del guanay y del piquero peruano como indicadores de la abundancia y distribución de anchoveta». *Boletín del Instituto del Mar del Perú*, 17(1-2), pp. 15-33.
- Jahncke, J., Checkley, D. M. y Hunt, G. L. (2004). «Trends in carbon flux to seabirds in the Peruvian upwelling system: effects of wind and fisheries on population regulation». *Fisheries Oceanography*, 13(3), pp. 208-223. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2419.2004.00283.x>
- Jahncke, J., García-Godos, A. y Goya, E. (1997). «Dieta del guanay *L. bougainvillii*, del piquero peruano *S. variegata* y otras aves de la costa peruana». *Informe. Instituto del Mar del Perú*, 126, pp. 75-86. Disponible en: <https://repositorio.imarpe.gob.pe/bitstream/20.500.12958/739/1/INF%20126-6.pdf>

- Jahncke, J. y Rivas, C. (1998). «Recuperación, erosión y retención de otolitos en bolos de guanay: ¿Son los bolos realmente buenos indicadores de la dieta?». *Boletín del Instituto del Mar del Perú*, 17(1-2), pp. 35-45.
- Jordán, R. (1959). «El fenómeno de las regurgitaciones en el guanay *P. bougainvillii* y un método para estimar la ingestión diaria». *Boletín de la Compañía del Guano*, 24(4), pp. 24-40.
- Langangen, Ø., Olsen, E., Stige, L., Ohlberger, J., Yaragina, N., Vikebø, F., Bogstad, B., Stenseth, N. y Hjermann, D. (2017). «The effects of oil spills on marine fish: Implications of spatial variation in natural mortality». *Marine Pollution Bulletin*, 119, pp. 102-109. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.03.037>
- Meza-Chuquizuta, C., Zavalaga, C., Lozano-Sanllehi, S. y Gonzales-DelCarpio, D. (2023). «Prevalence of plastic debris on nests of two cormorant species in Peru». SSRN. Disponible en: <https://ssrn.com/abstract=4672081>
- Milinkovitch, T., Kanan, R., Thomas-Guyon, H. y Le Floch, S. (2011). «Effects of dispersed oil exposure on the bioaccumulation of polycyclic aromatic hydrocarbons and the mortality of juvenile *Liza ramada*». *Science of The Total Environment*, 409(9), pp. 1643-1650. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969711000465>
- Mogollon, R., Arellano, C., Villegas, P., Espinoza-Morriberón, D. y Tam, J. (2023). «REPSOL oil spill off central Perú in January 2022: A modeling case study». *Marine Pollution Bulletin*, 194(Part A), 115282. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115282>
- Natural Research Council (NRC). (2003). *Oil in the Sea III: Inputs, fates, and effects*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Oré-Villaba, D. (2017). «Catálogo fotográfico de otolitos de peces marinos y dulceacuícolas del Perú». *Boletín del Instituto del Mar del Perú*, 32(2), pp. 136-213.
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA). (2022). *Detalle de la evaluación ambiental para determinar hidrocarburos aromáticos policíclicos, bioquímica sanguínea y perfil hematológico de cormorán guanay (Phalacrocorax bougainvillii) y ostrero americano (Haematopus palliatus) de zonas afectadas por los derrames de petróleo en el mar ocurridos en enero 2022*. REPORTE N.º 00024-2022-OEFA/DEAM-STE. Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4078427/Anexo%201.%20Detalle%20de%20la%20EAS.pdf.pdf?v=1675113298>
- Programa de Desarrollo Productivo Agrario Rural (AgroRural). (2023). «Reporte mensual de conservación en islas y puntas guaneras». Disponible en: <https://www.agrorural.gob.pe/wp-content/uploads/2023/02/REPORTE-MENSUAL-CONSERVACION-WEB-1.pdf>
- Pulido-Capurro, V., Cruz Martínez, J., Arana Bustamante, C. y Olivera Carhuaz, E. (2022). «Environmental damage to the Peruvian marine littoral caused by the oil spill (January 2022) at the La Pampilla refinery». *Manglar*, 19(1), pp. 67-75. Disponible en: <https://doi.org/10.17268/manglar.2022.009>
- Purca, S. y Henostroza, A. (2017). «Presencia de microplásticos en cuatro playas arenosas de Perú». *Revista Peruana de Biología*, 24(1), pp. 101-106. Disponible en: <https://doi.org/10.15381/rpb.v24i1.12724>
- Ramprasad, C., Deekshitha, M. y Gayathri, R. (2024). «Satellite monitoring of ecological response of phytoplankton to the Mumbai oil spills in the Arabian sea». SSRN. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4696453>
- Velando, A., Munilla, I. y Leyenda, P. M. (2005a). «Short-term indirect effects of the 'Prestige' oil spill on European shags: Changes in availability of prey». *Marine Ecology Progress Series*, 302, pp. 263-274.
- Velando, A., Álvarez, D., Mouriño, J., Arcos, F. y Barros, Á. (2005b). «Population trends and reproductive success of the European shag *Phalacrocorax aristotelis* on the Iberian Peninsula following the Prestige oil spill». *Journal of Ornithology*, 146, pp. 116-120.
- Velásquez, A., Villalobos, E., Wasiw, J. (2023). «El derrame de petróleo en la refinería La Pampilla y sus efectos en el ecosistema marino costero y la economía local del distrito de Ancón (Lima, Perú)». *Revista Kawsaypacha. Sociedad y Medio Ambiente*, 11, A-003. Disponible en: <https://doi.org/10.18800/kawsaypacha.202301.A003>
- Weimerskirch, H., Bertrand, S., Silva, J., Bost, C. y Peraltilla, S. (2012). «Foraging in Guanay cormorant and Peruvian booby, the major guano-producing seabirds in the Humboldt Current System». *Marine Ecology Progress Series*, 458, pp. 231-245. Disponible en: <https://hal.science/hal-00707651>
- Wiens, J., Crist, T., Day, R., Murphy, S. y Hayward, G. (1996). «Effects of the Exxon Valdez Oil Spill on marine communities in Prince William Sound, Alaska». *Ecological Applications*, 6(3), pp. 828-841.
- Zavalaga, C. B. y Paredes, R. (1999). «Foraging behaviour and diet of the guanay cormorant». *South African Journal of Marine Science*, 21(1), pp. 251-258. Disponible en: <https://doi.org/10.2989/025776199784125980>

