



Organismo  
de Evaluación  
y Fiscalización  
Ambiental

**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**

**SUBDIRECCIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA  
DIRECCIÓN DE EVALUACIÓN AMBIENTAL**

**2022**



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Organismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica  
Científica

«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»

«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

Firmas de los profesionales que aportaron a este documento:



## ÍNDICE DEL CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	1
a. Instrumentos de gestión ambiental	3
b. Acciones realizadas por el OEFA	4
c. Denuncias ambientales	6
3. OBJETIVOS	7
3.1. Objetivo general	7
3.2. Objetivos específicos	7
4. ÁREA DE ESTUDIO	8
a. Áreas afectadas por los derrames de petróleo crudo de la refinería La Pampilla	8
b. Áreas no afectadas por el derrame de petróleo crudo de la refinería La Pampilla	10
5. METODOLOGÍA	11
5.1. Determinar las concentraciones de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs), perfil hematológico y bioquímica sanguínea en sangre de adultos de cormorán guanay « <i>Phalacrocorax bougainvillii</i> », en mayo y julio-agosto 2022 en la Isla Grande del Islote Grupo de Pescadores (zona afectada por los derrames de petróleo crudo de la refinería La Pampilla) y una zona control (Isla Chincha Norte)	15
5.1.1. Guías utilizadas para la evaluación	15
5.1.1.1. Captura de cormoranes guanay	16
5.1.1.2. Manipulación de las aves	16
5.1.1.3. Toma de muestras de sangre	17
5.1.1.4. Marcaje y liberación de las aves	17
5.1.1.5. Tratamiento de las muestras de sangre en campo	17
5.1.2. Ubicación de puntos de muestreo	20
5.1.3. Parámetros y métodos de análisis	20
5.1.4. Equipamiento utilizado	22
5.1.5. Procesamiento de datos	22
5.1.5.1. Condición corporal de las aves	22
5.1.5.2. Parámetros sanguíneos	22
5.1.5.3. Hidrocarburos aromáticos policíclicos	23



5.1.5.4. Tiempo de captura, toma de muestra, liberación y tiempo hasta la próxima captura	23
5.1.6. Criterios de evaluación	23
5.2. Determinar las concentraciones de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs), perfil hematológico y bioquímica sanguínea en sangre de adultos de ostrero americano « <i>Haematopus palliatus</i> » entre julio y octubre 2022 en las playas El Solitario, Santa Rosa Grande y Carros Grandes (zona afectada por los derrames de petróleo crudo de la refinería La Pampilla) y playa Wakama (zona control)	23
5.2.1. Guías utilizadas para la evaluación	23
5.2.1.1. Captura de ostreros americanos	24
5.2.1.2. Manipulación de las aves	25
5.2.1.3. Toma de muestras de sangre	25
5.2.1.4. Marcaje y liberación de las aves	26
5.2.1.5. Tratamiento de las muestras de sangre en campo	26
5.2.2. Procesamiento de datos	26
5.2.3. Ubicación de puntos de muestreo	28
5.2.4. Parámetros y métodos de análisis	32
5.2.5. Equipamiento utilizado	34
5.2.6. Criterios de evaluación	34
5.3. Determinar los movimientos en el mar y áreas de alimentación de los cormoranes guanayes reproductivos « <i>Phalacrocorax bougainvillii</i> » de la Isla Grande del Islote Grupo de Pescadores entre agosto y noviembre 2022 para enmarcar los resultados de concentraciones de HAPs, perfil hematológico y bioquímica sanguínea dentro un área marina de uso frecuente por las aves	34
5.3.1. Guías utilizadas para la evaluación	34
5.3.1.1. Transmisores usados en la evaluación	35
5.3.1.2. Captura de cormoranes guanay	35
5.3.1.3. Manipulación de las aves e instalación de transmisores	36
5.3.1.4. Marcaje y liberación de las aves	38
5.3.2. Ubicación de puntos de muestreo	38
5.3.3. Parámetros y métodos de análisis	38
5.3.4. Equipamiento utilizado	39
5.3.5. Procesamiento de datos	39
5.3.6. Criterios de evaluación	39
5.3.6.1. Análisis de trayectorias y áreas de alimentación	39



5.4. Comparar las tendencias poblacionales de cormoranes guanayes « <i>Phalacrocorax bougainvillii</i> » y piqueros peruanos « <i>Sula variegata</i> » de la Isla Grande, Pescadores e Isla Chincha Norte, y ostreros americanos « <i>Haematopus palliatus</i> » de la Zona Reservada Ancón y Reserva Nacional de Paracas antes, durante y después de los derrames de petróleo de la refinería La Pampilla	39
5.4.1. Guías utilizadas para la evaluación	40
5.4.1.1. Información secundaria de cormorán guanay « <i>Phalacrocorax bougainvillii</i> » y piquero peruano « <i>Sula variegata</i> »	40
5.4.1.2. Información secundaria de ostrero americano « <i>Haematopus palliatus</i> »	41
5.4.2. Ubicación de puntos de muestreo	41
5.4.3. Parámetros y métodos de análisis	41
5.4.4. Procesamiento de datos	42
6. RESULTADOS	43
6.1. Concentraciones de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs), perfil hematológico y bioquímica sanguínea en sangre de adultos de cormorán guanay « <i>Phalacrocorax bougainvillii</i> », en mayo y julio-agosto 2022 en la Isla Grande del Islote Grupo de Pescadores (zona afectada por los derrames de petróleo crudo de la refinería La Pampilla) y una zona control (Isla Chincha Norte)	43
6.1.1. Primer muestreo: mayo 2022	43
6.1.1.1. Peso y medidas morfométricas	43
6.1.1.2. Índice de condición corporal (ICC)	45
6.1.1.3. Perfil hematológico y bioquímica sanguínea	48
6.1.1.4. Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)	50
6.1.1.5. Tiempos de captura, toma de muestra, liberación e intervalo hasta la próxima captura	50
6.1.2. Segundo muestreo: julio-agosto 2022	54
6.1.2.1. Peso y medidas morfométricas	54
6.1.2.2. Índice de condición corporal (ICC)	55
6.1.2.3. Perfil hematológico y bioquímica sanguínea	58
6.1.2.4. Consolidado de bioquímica sanguínea y perfil hematológico (serie blanca y roja) del primer y segundo muestreo (mayo y julio-agosto 2022)	61
6.1.2.5. Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)	68
6.1.2.6. Tiempos de captura, toma de muestra y liberación de aves	69
6.2. Concentraciones de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs), perfil hematológico y bioquímica sanguínea en sangre de adultos de ostrero	



americano « <i>Haematopus palliatus</i> » entre julio y octubre 2022 en las playas El Solitario, Santa Rosa Grande y Carros Grandes (zona afectada por los derrames de petróleo crudo de la refinería La Pampilla) y playa Wakama (zona control)	70
6.2.1. Peso y medidas morfométricas	70
6.2.2. Índice de condición corporal (ICC)	71
6.2.3. Perfil hematológico y bioquímica sanguínea	75
6.2.4. Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)	81
6.2.5. Tiempos de captura, toma de muestra y liberación de aves	83
6.3. Movimientos en el mar y áreas de alimentación de los cormoranes guanayes reproductivos « <i>Phalacrocorax bougainvillii</i> » de la Isla Grande del Islote Grupo de Pescadores entre agosto y noviembre 2022 para enmarcar los resultados de concentraciones de HAPs, perfil hematológico y bioquímica sanguínea dentro un área marina de uso frecuente por las aves	85
6.4. Tendencias poblacionales de cormoranes guanayes « <i>Phalacrocorax bougainvillii</i> » y piqueros peruanos « <i>Sula variegata</i> » de la Isla Grande, Pescadores e Isla Chincha Norte, y ostreros americanos « <i>Haematopus palliatus</i> » de la Zona Reservada Ancón y Reserva Nacional de Paracas antes, durante y después de los derrames de petróleo de la refinería La Pampilla	88
6.4.1. Aves marinas	88
6.4.1.1. Cormorán guanay « <i>Phalacrocorax bougainvillii</i> » - Isla Grande, Pescadores	88
6.4.1.2. Cormorán guanay « <i>Phalacrocorax bougainvillii</i> » - Isla Chincha Norte	91
6.4.1.3. Piquero peruano « <i>Sula variegata</i> » - Isla Grande, Pescadores	94
6.4.1.4. Piquero peruano « <i>Sula variegata</i> » - Isla Chincha Norte	97
6.4.2. Aves costeras	100
6.4.2.1. Ostrero americano « <i>Haematopus palliatus</i> » de la Zona Reservada Ancón	100
6.4.2.2. Ostrero americano « <i>Haematopus palliatus</i> » de la Reserva Nacional de Paracas	102
7. DISCUSIÓN	105
7.1. Peso, medidas morfométricas, índice de condición corporal (ICC), y tiempos empleados en la evaluación del cormorán guanay « <i>Phalacrocorax bougainvillii</i> »	105
7.2. Bioquímica sanguínea y perfil hematológico de cormorán guanay « <i>Phalacrocorax bougainvillii</i> »	106
7.3. Bioquímica sanguínea y perfil hematológico del ostrero americano « <i>Haematopus palliatus</i> »	111



7.4. Hidrocarburos aromáticos policíclicos en cormorán guanay « <i>Phalacrocorax bougainvillii</i> » y ostrero americano « <i>Haematopus palliatus</i> » 113	
7.5. Movimientos en el mar y áreas de alimentación de cormorán guanay « <i>Phalacrocorax bougainvillii</i> » de la Isla Grande del Islote Grupo de Pescadores	127
7.6. Tendencias poblacionales de cormoranes guanayes « <i>Phalacrocorax bougainvillii</i> » y piqueros peruanos « <i>Sula variegata</i> » de la Isla Grande, Pescadores e Isla Chincha Norte, y ostreros americanos « <i>Haematopus palliatus</i> »	129
8. CONCLUSIONES	131
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	132



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2.1.</b> Instrumentos de gestión ambiental aprobados de la Refinería La Pampilla S.A.A.	3
<b>Tabla 2.2.</b> Denuncias ambientales recibidas por el Sinada referidas a la refinería La Pampilla	6
<b>Tabla 5.1.</b> Protocolos de muestreo para evaluación de cormorán guanay « <i>Phalacrocorax bougainvillii</i> »	15
<b>Tabla 5.2.</b> Ubicación de puntos de muestreo del cormorán guanay « <i>Phalacrocorax bougainvillii</i> »	20
<b>Tabla 5.3.</b> Parámetros evaluados en cormorán guanay « <i>Phalacrocorax bougainvillii</i> »	20
<b>Tabla 5.4.</b> Método de análisis de bioquímica sanguínea y concentración de HAPs	21
<b>Tabla 5.5.</b> Protocolos de muestreo para evaluación de ostrero americano « <i>Haematopus palliatus</i> »	23
<b>Tabla 5.6.</b> Puntos de muestreo ostrero americano « <i>Haematopus palliatus</i> »	28
<b>Tabla 5.7.</b> Parámetros evaluados en ostrero americano « <i>Haematopus palliatus</i> »	32
<b>Tabla 5.8.</b> Parámetros evaluados en gaviota dominicana « <i>Larus dominicanus</i> »	33
<b>Tabla 5.9.</b> Método de análisis de bioquímica sanguínea y concentración de HAPs	34
<b>Tabla 5.10.</b> Guías y protocolos de muestreo	34
<b>Tabla 5.11.</b> Punto de muestreo	38
<b>Tabla 5.12.</b> Parámetros a evaluar	39
<b>Tabla 5.13.</b> Guías y protocolos de muestreo	40
<b>Tabla 5.14.</b> Zonas de evaluación	41
<b>Tabla 5.15.</b> Parámetros a evaluar	41
<b>Tabla 6.1.</b> Comparación de las medidas morfométricas de cormoranes guanay adultos en Isla Grande, Pescadores (n = 30 aves) e isla Chincha Norte (n = 30 aves) - Primer muestreo, mayo 2022	44
<b>Tabla 6.2.</b> Bioquímica sanguínea y análisis hormonal en cormorán guanay « <i>Phalacrocorax bougainvillii</i> » de la Isla Chincha Norte e Isla Grande (Pescadores) - Primer muestreo, mayo 2022	49
<b>Tabla 6.3.</b> Perfil hematológico en cormorán guanay « <i>Phalacrocorax bougainvillii</i> » de la Isla Chincha Norte e Isla Grande (Pescadores) - Primer muestreo, mayo 2022	50
<b>Tabla 6.4.</b> Tiempo de captura y toma de muestras sanguínea hasta tiempo de liberación, y tiempos entre capturas de cormorán guanay « <i>Phalacrocorax bougainvillii</i> » de la Isla Grande (Islote Grupo de Pescadores) e Isla Chincha Norte - Primer muestreo, mayo 2022	52
<b>Tabla 6.5.</b> Medidas morfométricas de cormoranes guanay adultos en Isla Grande Pescadores (n = 30 aves) e Isla Chincha Norte (n = 30 aves) - Segundo muestreo, julio-agosto 2022	54
<b>Tabla 6.6.</b> Bioquímica sanguínea y análisis hormonal en cormorán guanay « <i>Phalacrocorax bougainvillii</i> » de Isla Grande (Pescadores) e Isla Chincha Norte - Julio-agosto 2022	60
<b>Tabla 6.7.</b> Perfil hematológico en cormorán guanay « <i>Phalacrocorax bougainvillii</i> » de la Isla Chincha Norte e Isla Grande (Pescadores) - Julio-agosto 2022	61
<b>Tabla 6.8.</b> Modelo lineal generalizado (GLM) entre zonas de evaluación (Isla Grande-Pescadores e Isla Chincha Norte) y mes de muestreo (mayo y julio/agosto 2022) para el cormorán guanay « <i>Phalacrocorax bougainvillii</i> »	63
<b>Tabla 6.9.</b> Concentraciones de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) en cormorán guanay « <i>Phalacrocorax bougainvillii</i> » de la Isla Grande (Pescadores) e Isla Chincha Norte - Segundo muestreo, julio-agosto 2022	68
<b>Tabla 6.10.</b> Tiempo de captura y toma de muestras sanguínea hasta tiempo de liberación de cormorán guanay « <i>Phalacrocorax bougainvillii</i> » de la Isla Grande (Islote Grupo de Pescadores) e Isla Chincha Norte - Segundo muestreo, julio-agosto 2022	69





<b>Tabla 6.11.</b> Medidas morfométricas y peso de ostreros americanos en la zona afectada por los derrames de petróleo crudo (playas El Solitario, Santa Rosa Grande y Carros Grandes, n = 8 aves) y la zona control (playa Wakama, n = 10 aves)	70
<b>Tabla 6.12.</b> Bioquímica sanguínea y análisis hormonal de ostreros americanos « <i>Haematopus palliatus</i> » de playas de la zona afectada por los derrames de petróleo crudo (El Solitario, Santa Rosa Grande y Carros Grandes-ZRA)	76
<b>Tabla 6.13.</b> Perfil hematológico en ostreros americanos « <i>Haematopus palliatus</i> » en playas de la zona afectada por los derrames de petróleo crudo (El Solitario, Santa Rosa Grande y Carros Grandes)	77
<b>Tabla 6.14.</b> Bioquímica sanguínea y análisis hormonal de gaviota dominicana « <i>Larus dominicanus</i> » de playa Carros Grandes, Ancón, Lima	80
<b>Tabla 6.15.</b> Perfil hematológico de gaviota dominicana « <i>Larus dominicanus</i> » de playa Carros Grandes, Ancón, Lima	81
<b>Tabla 6.16.</b> Concentraciones de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) en ostrero americano « <i>Haematopus palliatus</i> » de playas de la zona afectada por los derrames de petróleo crudo y playa Wakama (control)	82
<b>Tabla 6.17.</b> Tiempo de captura y toma de muestras sanguínea hasta tiempo de liberación de ostreros americanos « <i>Haematopus palliatus</i> » de playas de la zona afectada (El Solitario, Santa Rosa Grande y Carros Grandes) por los derrames de petróleo crudo y playa Wakama (zona control)	83
<b>Tabla 7.1.</b> Valores hematológicos y de bioquímica sanguínea referenciales disponibles para el cormorán guanay « <i>Phalacrocorax bougainvillii</i> »	106
<b>Tabla 7.2.</b> Valores hematológicos y de bioquímica sanguínea referenciales para otras especies de cormoranes « <i>Phalacrocorax spp.</i> »	108
<b>Tabla 7.3.</b> Valores hematológicos y de bioquímica sanguínea referenciales para el ostrero americano « <i>Haematopus palliatus</i> »	111
<b>Tabla 7.4.</b> Valores hematológicos y de bioquímica sanguínea referenciales de rayador americano « <i>Rynchops niger</i> », pelícano pardo « <i>Pelecanus occidentalis</i> » y garza blanca « <i>Ardea alba</i> »	112
<b>Tabla 7.5.</b> Concentraciones de hidrocarburos aromáticos policíclicos en aves marinas	116

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 4.1.</b> Mapa de ubicación de las zonas de evaluación en el área afectada	10
<b>Figura 4.2.</b> Mapa de ubicación de las zonas control	11
<b>Figura 5.1.</b> Modelo conceptual de la afectación al cormorán guanay por los derrames de petróleo crudo	13
<b>Figura 5.2.</b> Modelo conceptual de la afectación al ostrero americano por los derrames de petróleo crudo	14
<b>Figura 5.3.</b> Procedimientos realizados en la evaluación de cormorán guanay – 1º parte. a: armado de caseta móvil, b: captura de cormorán guanay, c: medición de peso, d: medición de longitud de tarso, e: medición de culmen, f: medición de cuerda alar	18
<b>Figura 5.4.</b> Procedimientos realizados en la evaluación de cormorán guanay – 2º parte. a: extracción de sangre, b: marcaje con crayón, c: liberación de guanay, d: vista de guanay marcado, e: centrifugación de muestras para extracción de plasma, f: muestras de sangre para análisis de perfil hematológico y bioquímica sanguínea, g y h: muestras de plasma congeladas para análisis de HAPs	19
<b>Figura 5.5.</b> Procedimientos realizados en la evaluación de ostrero americano – 1º parte. a: búsqueda de nidos, b: caracterización de nido de ostrero, c: instalación de trampa señuelo, d: acercamiento de ostrero americano a trampa señuelo, e: captura de ostrero americano, f: peso, g: medición de culmen, h: medición de tarso	27



<b>Figura 5.6.</b> Procedimientos realizados en la evaluación de ostrero americano – 2º parte. a: medición de ala, b: extracción de sangre, c: marcaje con crayón anaranjado, d: liberación de ostrero	28
<b>Figura 5.7.</b> Ornittracks-30 con arnés de teflón usados en la evaluación de cormoranes guanay	35
<b>Figura 5.8.</b> Procedimientos realizados en la instalación de transmisores en cormorán guanay. a: instalación de transmisor, b: amarrado de cintas, c: ajuste de cintas, d: revisión de presión de cintas ajustadas, e: aseguramiento de conectores con alicate, f: corte de cintas sobrantes, g: uso de pegamento para evitar deslizamiento de cintas, h: marcaje de ave con crayón verde.	37
<b>Figura 5.9.</b> a: vista final de cormorán guanay con transmisor instalado, b: liberación de cormorán guanay (nótese la parte anterior del ave marcada con crayón verde y portando el transmisor instalado en la parte posterior), c: cormorán guanay portando transmisor observado en colonia de Isla Grande, Islote Grupo de Pescadores	38
<b>Figura 6.1.</b> Comparación de los pesos y medidas morfométricas de cormoranes guanay adultos « <i>Phalacrocorax bougainvillii</i> » de Isla Chincha Norte e Isla Grande (Pescadores) - ayo 2022	45
<b>Figura 6.2.</b> Análisis de componentes principales (PCA) de las medidas morfométricas de cormoranes guanay « <i>Phalacrocorax bougainvillii</i> » de Isla Chincha Norte e Isla Grande (Pescadores) - mayo 2022	48
<b>Figura 6.3.</b> Índice de Condición Corporal (ICC) del peso y PCA 1 de cormoranes guanay « <i>Phalacrocorax bougainvillii</i> » de Isla Chincha Norte e Isla Grande (Pescadores) - mayo 2022	48
<b>Figura 6.4.</b> Matriz de Correlación de Pearson de las variables de bioquímica sanguínea y perfil hematológico de cormoranes guanayes adultos muestreados en la Isla Grande (Pescadores) e Isla Chincha Norte en mayo 2022	49
<b>Figura 6.5.</b> Comparación de la distribución de los tiempos empleados para la evaluación de cormoranes guanay « <i>Phalacrocorax bougainvillii</i> » de Isla Grande (Pescadores) e Isla Chincha Norte - mayo 2022	53
<b>Figura 6.6.</b> Comparación de los pesos y medidas morfométricas de cormoranes guanay adultos « <i>Phalacrocorax bougainvillii</i> » de Isla Grande (Pescadores) e Isla Chincha Norte - Julio-agosto 2022	54
<b>Figura 6.7.</b> Análisis de componentes principales (PCA) de las medidas morfométricas de cormoranes guanay « <i>Phalacrocorax bougainvillii</i> » de Isla Chincha Norte e Isla Grande (Pescadores) - julio-agosto 2022	57
<b>Figura 6.8.</b> Índice de Condición Corporal (ICC) del peso y PCA 1 de cormoranes guanay « <i>Phalacrocorax bougainvillii</i> » de Isla Chincha Norte e Isla Grande (Pescadores) - julio-agosto 2022	58
<b>Figura 6.9.</b> Matriz de Correlación de Pearson de las variables de bioquímica sanguínea y perfil hematológico de cormoranes guanayes adultos muestreados en la Isla Grande (Pescadores) e Isla Chincha Norte en julio-agosto 2022	60
<b>Figura 6.10.</b> Comparación de la distribución de los resultados de bioquímica sanguínea de cormoranes guanay « <i>Phalacrocorax bougainvillii</i> » por zona (Isla Grande, Pescadores e Isla Chincha Norte) y por mes de muestreo (mayo y julio-agosto 2022)	65
<b>Figura 6.11.</b> Comparación de la distribución de los resultados de perfil hematológico - serie blanca de cormoranes guanay « <i>Phalacrocorax bougainvillii</i> » por zona (Isla Grande, Pescadores e Isla Chincha Norte) y por mes de muestreo (mayo y julio-agosto 2022)	66
<b>Figura 6.12.</b> Comparación de la distribución de los resultados de perfil hematológico - serie roja de cormoranes guanay « <i>Phalacrocorax bougainvillii</i> » por zona (Isla Grande, Pescadores e Isla Chincha Norte) y por mes de muestreo (mayo y julio-agosto 2022)	67
<b>Figura 6.13.</b> Comparación de la distribución de los resultados de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) en plasma sanguíneo de cormoranes guanay « <i>Phalacrocorax bougainvillii</i> » de Isla Grande (Pescadores) e Isla Chincha Norte - julio-agosto 2022	68



<b>Figura 6.14.</b> Comparación de la distribución de los tiempos empleados para la evaluación de cormoranes guanay « <i>Phalacrocorax bougainvillii</i> » de Isla Grande (Pescadores) e Isla Chincha Norte - julio-agosto 2022	69
<b>Figura 6.15.</b> Comparación de los pesos y medidas morfométricas de ostreros americanos « <i>Haematopus palliatus</i> » de playas de la zona afectada por los derrames de petróleo crudo (El Solitario, Santa Rosa Grande y Carros Grande) y playa Wakama (control)	71
<b>Figura 6.16.</b> Análisis de componentes principales (PCA) de las medidas morfométricas de ostreros americanos « <i>Haematopus palliatus</i> » de playas de la zona afectada por los derrames de petróleo crudo (El Solitario, Santa Rosa Grande y Carros Grandes) y playa Wakama (control)	74
<b>Figura 6.17.</b> Índice de Condición Corporal (ICC) del peso y PCA 1 de ostreros americanos « <i>Haematopus palliatus</i> » de playas de la zona afectada por los derrames de petróleo crudo (El Solitario, Santa Rosa Grande y Carros Grandes) y playa Wakama (control)	75
<b>Figura 6.18.</b> Matriz de Correlación de Pearson de las variables de bioquímica sanguínea y perfil hematológico de ostreros americanos muestreados en playas de la zona afectada por los derrames de petróleo crudo (El Solitario, Santa Rosa Grande y Carros Grandes)	76
<b>Figura 6.19.</b> Bioquímica sanguínea y análisis hormonal de ostreros americanos « <i>Haematopus palliatus</i> » de playas de la zona afectada por los derrames de petróleo crudo (El Solitario, Santa Rosa Grande y Carros Grandes)	78
<b>Figura 6.20.</b> Perfil hematológico - serie blanca, de ostreros americanos « <i>Haematopus palliatus</i> » de playas de la zona afectada por los derrames de petróleo crudo (El Solitario, Santa Rosa Grande y Carros Grandes)	79
<b>Figura 6.21.</b> Perfil hematológico - serie roja, de ostreros americanos « <i>Haematopus palliatus</i> » de playas de la zona afectada por los derrames de petróleo crudo (El Solitario, Santa Rosa Grande y Carros Grandes)	80
<b>Figura 6.22.</b> Comparación de la distribución de los resultados de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) en plasma sanguíneo de ostrero americano « <i>Haematopus palliatus</i> » de playas de la zona afectada por los derrames de petróleo crudo (El Solitario, Santa Rosa Grande y Carros Grandes) y playa Wakama (control)	82
<b>Figura 6.23.</b> Concentración de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) en plasma sanguíneo de ostrero americano « <i>Haematopus palliatus</i> » por playa evaluada	83
<b>Figura 6.24.</b> Comparación de la distribución de los tiempos empleados para la evaluación de ostreros americanos « <i>Haematopus palliatus</i> » de playas de la zona afectada por los derrames de petróleo crudo (El Solitario, Santa Rosa Grande y Carros Grandes) y zona control (playa Wakama)	84
<b>Figura 6.25.</b> Posiciones de localización de 2 cormoranes guanayes ( <i>Phalacrocorax bougainvillii</i> ) de la isla Grande de Pescadores (estrella amarilla) con transmisores GPS entre el 1 de agosto y 30 noviembre 2022 (a) Ave 192757-091 y (b) Ave 192758-092	85
<b>Figura 6.26.</b> Trayectorias de viajes de alimentación de cormoranes guanayes ( <i>Phalacrocorax bougainvillii</i> ) de la isla Grande de Pescadores con transmisores de localización GPS entre el 1 de agosto y 30 noviembre 2022: a. Ave 192757-091 y b. Ave 192758-092	86
<b>Figura 6.27.</b> Áreas (Polígono Convexos Mínimos) de desplazamiento de cormoranes guanay ( <i>Phalacrocorax bougainvillii</i> ) de la isla Grande de Pescadores con transmisores de localización GPS entre el 1 de agosto y 30 noviembre 2022: a. ave 192757-091 y b. ave 192758-092	87
<b>Figura 6.28.</b> Mapa de contornos de densidad de Kernel según distribución de utilización (UD) al 95% (uso general), 50% (uso principal) y al 25% (área central)	87
<b>Figura 6.29.</b> Variación mensual en el número de guanayes reproductivos y no reproductivos en la Isla Grande de Pescadores período 2012-2022	88
<b>Figura 6.30.</b> Distribución de frecuencias del número mensual de guanayes en la Isla Grande de Pescadores entre 2012 y 2022	89



<b>Figura 6.31.</b> Modelo de ajuste GAM para los datos mensuales del número de guanayes en Isla Grande Pescadores entre 2012 y 2022	90
<b>Figura 6.32.</b> Modelo de ajuste GAM para los datos mensuales del número de guanayes en Isla Grande Pescadores entre 2012 y 2022	91
<b>Figura 6.33.</b> Distribución de frecuencias del número mensual de guanayes en la Isla Chincha Norte entre 2012 y 2022	92
<b>Figura 6.34.</b> Modelo de ajuste GAM para los datos mensuales del número de guanayes en Isla Chincha Norte entre 2012 y 2022	92
<b>Figura 6.35.</b> Variación mensual en el número de guanayes reproductivos y no reproductivos en la Isla Chincha Norte período 2012-2022	93
<b>Figura 6.36.</b> Modelo de ajuste GAM para los datos mensuales del número de guanayes en Isla Chincha Norte entre 2012 y 2022	93
<b>Figura 6.37.</b> Variación mensual en el número de piqueros reproductivos y no reproductivos en la Isla Grande de Pescadores período 2012-2022	94
<b>Figura 6.38.</b> Distribución de frecuencias del número mensual de guanayes en la Isla Grande de Pescadores entre 2012 y 2022	95
<b>Figura 6.39.</b> Modelo de ajuste GAM para los datos mensuales del número de piqueros en Isla Grande (Pescadores) entre 2012 y 2022	96
<b>Figura 6.40.</b> Modelo de ajuste GAM para los datos mensuales del número de piqueros en Isla Grande Pescadores entre 2012 y 2022	97
<b>Figura 6.41.</b> Distribución de frecuencias del número mensual de piqueros en la Isla Chincha Norte entre 2012 y 2022	98
<b>Figura 6.42.</b> Modelo de ajuste GAM para los datos mensuales del número de piqueros en Isla Chincha Norte entre 2012 y 2022. El eje Y representa los valores de <i>s</i> ( <i>smoothing spline fit</i> )	98
<b>Figura 6.43.</b> Variación mensual en el número de piqueros reproductivos y no reproductivos en la Isla Chincha Norte período 2012-2022	99
<b>Figura 6.44.</b> Modelo de ajuste GAM para los datos mensuales del número de piqueros en Isla Chincha Norte entre 2012 y 2022.	99
<b>Figura 6.45.</b> Distribución y densidad del número de ostreros americanos en la Zona Reservada Ancón entre los años 2020 y 2022	100
<b>Figura 6.46.</b> Variación del número de ostreros americanos en la Zona Reservada de Ancón periodo 2020-2022	101
<b>Figura 6.47.</b> Modelo de ajuste GAM para los datos del número de ostreros americanos en la Reserva Nacional de Paracas entre los años 2017-2022	101
<b>Figura 6.48.</b> Modelo de ajuste GAM para los datos del número de ostreros americanos en la Zona Reservada Ancón entre los años 2020-2022	102
<b>Figura 6.49.</b> Distribución y densidad del número de ostreros americanos en la Reserva Nacional de Paracas entre los años 2020 y 2022	103
<b>Figura 6.50.</b> Variación del número de ostreros americanos en la Reserva Nacional de Paracas periodo 2017-2022	103
<b>Figura 6.51.</b> Modelo de ajuste GAM para los datos del número de ostreros americanos en la Reserva Nacional de Paracas entre los años 2017-2022	104
<b>Figura 6.52.</b> Modelo de ajuste GAM para los datos del número de ostreros americanos en la Reserva Nacional de Paracas entre los años 2017-2022	104
<b>Figura 7.1.</b> Concentraciones de HAPs en plasma sanguíneo de ostrero americano « <i>H. palliatus</i> » y sedimento intermareal en playa El Solitario	123
<b>Figura 7.2.</b> Concentraciones de HAPs en plasma sanguíneo de ostrero americano « <i>H. palliatus</i> », sedimento intermareal y submareal en playa Santa Rosa Grande	125
<b>Figura 7.3.</b> Concentraciones de HAPs en plasma sanguíneo de ostrero americano « <i>H. palliatus</i> », gaviota dominicana « <i>Larus dominicanus</i> » y sedimento intermareal en playa Carros Grandes	126



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Organismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica  
Científica

«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»  
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»  
«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

## LISTADO DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS

OEFA: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental

SERNANP: Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado

MINAM: Ministerio del Ambiente

RNSIIPG: Reserva Nacional Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras

DGANP: Dirección de Gestión de las Áreas Naturales Protegidas

RELAPASAA: Refinería La Pampilla S.A.A

ZRA: Zona Reservada Ancón

AST: aspartato aminotransferasa

CPK: creatininfosfoquinasa

VCM: volumen corpuscular medio

CHC: concentración de hemoglobina corpuscular media

HCM: hemoglobina corpuscular media

ICC: índice de condición corporal

PCA: análisis de componentes principales

GLM: modelo lineal generalizado

GAM: modelo aditivo generalizado



## 1. INTRODUCCIÓN

El 15 de enero de 2022, durante las operaciones de descarga del Buque Tanque Mare Doricum<sup>1</sup>, en las instalaciones del Terminal Multiboyas N.º 2, de la Refinería La Pampilla, distrito Ventanilla, Provincia Constitucional del Callao, ocurrió un derrame de petróleo crudo que afectó la zona marino-costera.

El Ministerio del Ambiente (MINAM) mediante Resolución Ministerial N.º 021-2022-MINAM del 23 de enero de 2022 declaró en emergencia ambiental el área geográfica afectada por el derrame de petróleo crudo ocurrido en el mar de Ventanilla, el 15 de enero de 2022, la cual abarcó la zona marina costera detallada en el Anexo 1 de la misma resolución, dictando dicha medida por el plazo de 90 días hábiles.

La Dirección General de Calidad Ambiental del MINAM determinó que el derrame de petróleo crudo constituía un evento súbito y de impacto significativo sobre el ecosistema marino costero de alta diversidad biológica (fauna silvestre y recursos hidrobiológicos), y un alto riesgo para la salud pública; por lo que, consideró la procedencia de la declaratoria de emergencia ambiental<sup>2</sup>. La norma aprobó, además, el Plan de acción inmediato y de corto plazo para la atención de la emergencia ambiental en el área geográfica afectada por el derrame de crudo.

Como consecuencia del derrame de petróleo, 2 Áreas Naturales Protegidas (ANP) la Zona Reservada Ancón y la Reserva Nacional Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras (RNSIIPG) – Islotes Grupo de Pescadores fueron afectadas. Estas ANP se encuentran bajo la administración del Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP). La Zona Reservada Ancón cuenta con 2193,01 ha, mientras que, la RNSIIPG Islotes Grupo de Pescadores cuenta con 6913,23 ha, ambas se ubican en el distrito Ancón, provincia y departamento de Lima.

Al respecto, la Dirección de Evaluación Ambiental (DEAM) del Organismo de Evaluación y fiscalización Ambiental (OEFA) con la finalidad de determinar los impactos sobre las aves marinas de las áreas afectadas por los derrames de petróleo en el mar ocurridos en enero 2022 ejecuto monitoreos para evaluar la concentración de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs), bioquímica sanguínea y perfil hematológico de cormoranes guanay «*Phalacrocorax bougainvillii*» y ostreros americanos «*Haematopus palliatus*».

La información de la presente evaluación ambiental constituirá un soporte técnico para las acciones de supervisión y fiscalización ambiental del OEFA y SERNANP, así como fuente de información histórica y confiable.

## 2. ANTECEDENTES

El 15 de enero de 2022, a las 22:26:36 horas, el representante de La Pampilla, José Reyes Ruiz (jreyesr@repsol.com), registró la emergencia ambiental con código EA22-00045 en el Sistema de Gestión de Emergencias Ambientales - SGEA del OEFA, referida al derrame de hidrocarburos de petróleo ocurrido durante las operaciones de descarga del Buque Tanque Mare Doricum<sup>1</sup>, en las instalaciones del Terminal Multiboyas N.º 2, de la Refinería La

<sup>1</sup> Buque de bandera italiana.

<sup>2</sup> Resolución Ministerial N.º 021-2022-MINAM.



Pampilla, operada por RELAPASAA, ubicado en el distrito Ventanilla, provincia Constitucional del Callao.

El 24 de enero de 2022, se produjo un segundo derrame de petróleo crudo mientras se realizaban trabajos previos al retiro del PLEM (Pipeline End Manifolds, el extremo del ducto), que es un equipo de colección y distribución submarina desde la refinería a los buques.

Con relación a la problemática ambiental, el Servicio de Información Nacional de Denuncias Ambientales (SINADA) del OEFA cuenta con el registro de 13 denuncias ambientales relacionadas a la refinería La Pampilla, registradas desde 2014 hasta 2022. Cabe precisar, que 2 denuncias ambientales corresponden a la afectación al mar por el derrame de hidrocarburos del 15 de enero de 2022.

El 4 de marzo de 2022, la Dirección de Gestión de las Áreas Naturales Protegidas (DGANP) del SERNANP, por medio del Informe N.º 124-2022-SERNANP-DGANP, solicitó al OEFA realizar un «Convenio de cooperación interinstitucional entre el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) y el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SERNANP) para desarrollo de actividades de beneficio mutuo en atención a la afectación a la diversidad biológica en los ámbitos de la ZR Ancón y la RN Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras como consecuencia del derrame de petróleo ocurrido en Ventanilla», siendo este el pedido en el que se sustenta la presente evaluación.

El 18 de mayo de 2022, se aprobó el informe N.º 088-2022-OEFA/DEAM-STEC - Plan de 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.

El 1 de julio de 2022 el OEFA envió el Oficio N.º 00123-2022-OEFA/DEAM a la Sub-Unidad de Extracción y Comercialización de Abonos de Agro Rural, solicitando información de los conteos mensuales de enero 2012 a junio 2022 de las especies cormorán guanay «*Phalacrocorax bougainvillii*» y piquero peruano «*Sula variegata*» de la Isla Grande del Islote Grupo de Pescadores y Chincha Norte que permita comparar las tendencias poblacionales de la avifauna marina en las zonas afectadas por el derrame de petróleo crudo.

El 11 de julio de 2022, el DGANP del SERNANP por medio de la Resolución Directoral N.º 076-2022-SERNANP-DGANP autoriza con eficacia anticipada al 19 de mayo del 2022, el desarrollo de la presente evaluación en el ámbito de la Zona Reservada Ancón (ZRA), Reserva Nacional Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras (RNSIIPG) y Reserva Nacional de Paracas (RNP) por el periodo de diez (10) meses.

El 20 de julio de 2022, la Unidad de Cadena de Valor Agrícola y Ganadera remite al OEFA el Oficio N.º 122-2022-MIDAGRI-DVDAFIR-AGRO RURAL-DE-UCVAG que adjuntó el Informe N.º 1035-2022-MIDAGRI-DVDAFIR-AGRO RURAL-DE-UCVAG/SUECA, con los registros de los conteos mensuales de enero 2012 a junio 2022 de las especies cormorán guanay «*P. bougainvillii*», piquero peruano «*S. variegata*» y pelícano peruano «*Pelecanus thagus*» de la Isla Grande del Islote Grupo de Pescadores y Chincha Norte.

El 29 de setiembre de 2022 el OEFA envió los oficios N.º 00254-2022-OEFA/DEAM y N.º 00581-2022-ARPE/DEC al SERNANP (Zona Reservada Ancón y Reserva Nacional de Paracas respectivamente), solicitando información de los conteos mensuales entre enero 2017 y setiembre 2022 de la especie ostrero americano «*Haematopus palliatus*», que



permita analizar las tendencias poblacionales de la avifauna costera en las zonas afectadas por el derrame de petróleo crudo y zona control.

El 7 de octubre de 2022, el representante de la Zona Reservada Ancón remite al OEFA el Oficio N.º 191-2022-SERNANP-ZRA-J con los registros de los conteos mensuales de julio 2020 a mayo 2022 de la especie ostrero americano «*Haematopus palliatus*», mientras que, el 10 de octubre de 2022, el jefe de la Reserva Nacional de Paracas envió a OEFA el Oficio N.º 417-2022-SERNANP-RNP-J con los registros de los conteos mensuales de enero 2017 a mayo 2022 de la especie ostrero americano «*Haematopus palliatus*».

En atención a lo solicitado, la Subdirección Técnica Científica realizó la presente 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.

#### a. Instrumentos de gestión ambiental

En la Tabla 2.1, se presentan los instrumentos de gestión ambiental (IGA), asociados a la refinería La Pampilla.

**Tabla 2.1.** Instrumentos de gestión ambiental aprobados de la Refinería La Pampilla S.A.A.

N.º	Administrado	Título del IGA	Número de documento	Fecha de aprobación	Organismo que aprobó
1	Refinería La Pampilla S.A.A.	PAMA de aprobación de la Refinería La Pampilla	Oficio N.º 136-95-EM/DGH	19-06-1995	MINEM
2	Refinería La Pampilla S.A.A.	EIA para el proyecto de cogeneración de Refinería La Pampilla	R.D. N.º 230-2001-EM/DGAA	18-07-2001	MINEM
3	Refinería La Pampilla S.A.A.	EIA para el proyecto de ampliación de la unidad FCC A 13.5 KBPD	R.D. N.º 251-2001-EM/DGAA	03-08-2001	MINEM
4	Refinería La Pampilla S.A.A.	EIA para el proyecto de instalación de una nueva unidad de tanques en la Refinería La Pampilla	R.D. N.º 297-2001-EM/DGAA	10-09-2001	MINEM
5	Refinería La Pampilla S.A.A.	EIA para las nuevas unidades de vacío 2 y <i>visbreaking</i>	R.D. N.º 312-2002-EM/DGAA	21-10-2002	MINEM
6	Refinería La Pampilla S.A.A.	EIA preliminar del proyecto de adecuación de planta de ventas de la refinería La Pampilla	R.D. N.º 050-2003-EM/DGAA	04-02-2003	MINEM
7	Refinería La Pampilla S.A.A.	PAP para desmantelamiento y disposición final de las instalaciones y residuos de TEL de RELAPASA	R.D. N.º 626-2006-MEM/AEE	16-10-2006	MINEM
8	Refinería La Pampilla S.A.A.	PMA del proyecto tanques de HVGO proyecto RLP17 y tanque diésel 31T307C en la Refinería La Pampilla	R.D. N.º 655-2006-MEM/AEE	24-10-2006	MINEM
9	Refinería La Pampilla S.A.A.	EIA para la construcción y operación de un nuevo terminal portuario Multiboyas N.º 3 de Refinería La Pampilla	R.D. N.º 751-2006-MEM/AEE	28-11-2006	MINEM
10	Refinería La Pampilla S.A.A.	PMA del PAP para desmantelamiento y disposición final de las instalaciones y residuos de TEL	R.D. N.º 363-2008-MEM/AEE	27-08-2008	MINEM
11	Refinería La Pampilla S.A.A.	PAP para el desmontaje de dos hornos e intercambiadores en el área de UDPI de Refinería La Pampilla	R.D. N.º 009-2009-MEM/AEE	15-01-2009	MINEM
12	Refinería La Pampilla S.A.A.	PMA para el programa de adecuación de la refinería La Pampilla para el cumplimiento del D.S. N.º 14-2010-MINAM	R.D. N.º 286-2011-MEM/AEE	07-10-2011	MINEM
13	Refinería La Pampilla S.A.A.	PMA para el cumplimiento del D.S. N.º 023-2009-MINAM de la Refinería La Pampilla	R.D. N.º 112-2012-MEM/AEE	25-04-2012	MINEM
14	Refinería La Pampilla S.A.A.	PAP retiro de 5 tanques de almacenamiento de crudo — Refinería La Pampilla	R.D. N.º 191-2012-MEM/AEE	20-07-2012	MINEM





«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»

«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

N.º	Administrado	Título del IGA	Número de documento	Fecha de aprobación	Organismo que aprobó
15	Refinería La Pampilla S.A.A.	PMA del proyecto reubicación parcial de capacidad de almacenamiento de crudo - Refinería La Pampilla	R.D. N.º 261-2012-MEM/AAE	05-10-2012	MINEM
16	Refinería La Pampilla S.A.A.	EIA-SD del proyecto RLP-21 adecuación a nuevas especificaciones de combustibles	R.D. N.º 379-2013-MEM/AAE	18-12-2013	MINEM
17	Refinería La Pampilla S.A.A.	ITS del proyecto de modificaciones en islas de despacho	R.D. N.º 031-2016-MEM/DGAAE	29-01-2016	MINEM
18	Refinería La Pampilla S.A.A.	ITS del sistema de detección temprana de fugas de hidrocarburos (sistema head) en las líneas submarinas de Refinería La Pampilla	R.D. N.º 058-2016-SENACE/DCA	01-08-2016	SENACE
19	Refinería La Pampilla S.A.A.	PAP de puentes de despacho N.º 1 y N.º 2 y tuberías en planta de despacho de combustibles en Refinería La Pampilla	R.D. N.º 404-2017-MEM/DGAAE	26-09-2017	MINEM
20	Refinería La Pampilla S.A.A.	MEIA Terminal portuario Multiboya N.º 3 de la Refinería La Pampilla para la implementación del terminal monoboya T4	R.D. N.º 473-2017-MEM/DGAAE	31-10-2017	MINEM
21	Refinería La Pampilla S.A.A.	ITS de la reubicación de la monoboya, cambio de diámetro de las tuberías submarinas, inclusión de un espigón de roca para protección de las tuberías submarinas del terminal portuario monoboya T4 de la Refinería La Pampilla, modificación del buque tanque de diseño de hasta 120,000 DWT	R.D. N.º 056-2018-SENACE-JEF/DEAR	27-04-2018	SENACE
22	Refinería La Pampilla S.A.A.	ITS del proyecto de ampliación del sistema de tratamiento de agua residual industrial de Refinería La Pampilla	R.D. N.º 016-2018-MEM/DGAAH	26-09-2018	MINEM
23	Refinería La Pampilla S.A.A.	ITS para la modificación del programa de monitoreo ambiental de la Refinería La Pampilla	R.D. N.º 182-2020-MINEM/DGAAH	24-07-2020	MINEM
24	Refinería La Pampilla S.A.A.	PAP de 02 pozas abiertas (poza sur y poza cobertizo) de recolección de SLOP de procesos de planta de la Refinería La Pampilla	R.D. N.º 015-2021-MINEM/DGAAH	21-01-2021	MINEM

Fuente: Portal Interactivo de Fiscalización Ambiental del OEFA.

MINEM: Ministerio de Energía y Minas.

SENACE: Servicio Nacional de Certificación Ambiental para las Inversiones Sostenibles.

## b. Acciones realizadas por el OEFA

Del 17 al 26 de enero de 2022, la DEAM del OEFA realizó la evaluación de fotogrametría con Sistema de Aeronaves Pilotadas a Distancia (RPAS) en 60 km del litoral desde la playa Ventanilla (Provincia Constitucional del Callao) hasta Punta Salinas (Huaura, Lima) y análisis de imágenes satelitales de los sensores SENTINEL 2A y WORLDVIEW-2 del 18 y 19 de enero 2022, determinando 11060,31 ha de área marina costera afectada por el derrame de hidrocarburos de petróleo en el mar<sup>3</sup>.

Del 19 al 28 de enero de 2022, la DEAM del OEFA realizó evaluación de las comunidades biológicas desde la playa Ventanilla (Provincia Constitucional del Callao) hasta la Desembocadura del río Chancay (Huaral), registrando 63 aves muertas y 37 aves vivas impregnadas con hidrocarburos de petróleo, pertenecientes a 7 y 9 especies, respectivamente. La tasa de encuentro de aves muertas fue de 1,54 aves/km. Adicionalmente, se registraron 42 especies de aves potencialmente afectadas. De las especies afectadas, 3 están en peligro de extinción, 1 vulnerable y 1 casi amenazada según la legislación peruana<sup>4</sup>.

<sup>3</sup> Informe N.º 00026-2022-OEFA/DEAM-STEC. Evaluación ambiental focal por el derrame de petróleo crudo en el mar frente a la refinería La Pampilla ocurrido el 15 de enero de 2022.



La DEAM del OEFA realizó una evaluación ambiental de seguimiento del 14 de febrero al 1 de marzo 2022, donde reportó aceites y grasas e hidrocarburos totales de petróleo (TPH) en 2 de los 31 puntos de muestreo de agua superficial de ambiente intermareal que superaron los ECA para agua<sup>4</sup>, aceites y grasas y TPH en 5 y 8 de los 147 puntos de muestreo de agua superficial de ambiente submareal, respectivamente, que superaron los ECA para agua<sup>5</sup>. Asimismo, durante esta evaluación se evidenció la presencia de 49 aves muertas (13 con presencia externa visible de petróleo y 36 sin presencia externa visible) y 7 aves vivas impregnadas con petróleo<sup>5</sup>.

La DEAM del OEFA ejecutó evaluaciones ambientales de causalidad (EAC) para la verificación de la limpieza de playas y Áreas Naturales Protegidas (ANP) afectadas por los derrames de petróleo en el Terminal N.º 2 de la refinería La Pampilla, teniendo como resultado en la primera etapa: 20 informes de EAC aprobados del 24 de mayo al 23 de junio de 2022<sup>6</sup> y en la segunda etapa: 18 informes de EAC aprobados del 19 de julio al 19 de agosto 2022<sup>7</sup>. En total, se reportaron 48 playas afectadas con hidrocarburos, 14 playas libres

<sup>4</sup> Según el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM.

<sup>5</sup> Reporte de evaluación ambiental de seguimiento REAS-035-2022-STEC. Evaluación ambiental de seguimiento del derrame de petróleo crudo en el Terminal Multiboyas N.º 2 de la Refinería La Pampilla, el 15 y 24 de enero 2022, a través del monitoreo periódico de parámetros que permita identificar, registrar y alertar posibles alteraciones en la calidad de agua y sedimento, así como el registro de aves muertas y vivas impregnadas con petróleo, del 14 de febrero al 1 de marzo de 2022.

<sup>6</sup> Informe N.º 00085-2022-OEFA/DEAM-STEC (EAC playa Costa Azul)  
Informe N.º 00100-2022-OEFA/DEAM-STEC (EAC playa Costa azul - precisiones)  
Informe N.º 00096-2022-OEFA/DEAM-STEC (EAC playa Los Delfines)  
Informe N.º 00120-2022-OEFA/DEAM-STEC (EAC playa Cavero)  
Informe N.º 00093-2022-OEFA/DEAM-STEC (EAC playa Hermosa)  
Informe N.º 00094-2022-OEFA/DEAM-STEC (EAC playa Chorrillos)  
Informe N.º 00095-2022-OEFA/DEAM-STEC (EAC playa Bahía Blanca)  
Informe N.º 00097-2022-OEFA/DEAM-STEC (EAC playa Pasamayo)  
Informe N.º 00102-2022-OEFA/DEAM-STEC (EAC playa Club Naval de Ancón)  
Informe N.º 00103-2022-OEFA/DEAM-STEC (EAC Isla Grande)  
Informe N.º 00104-2022-OEFA/DEAM-STEC (EAC playa Miramar)  
Informe N.º 00110-2022-OEFA/DEAM-STEC (EAC playa Peralvillo)  
Informe N.º 00115-2022-OEFA/DEAM-STEC (EAC playa Balneario La Marina)  
Informe N.º 00118-2022-OEFA/DEAM-STEC (EAC playa Santa Rosa Grande)  
Informe N.º 00121-2022-OEFA/DEAM-STEC (EAC playa San Francisco)  
Informe N.º 00127-2022-OEFA/DEAM-STEC (EAC playa Mirador Pachacútec)  
Informe N.º 00128-2022-OEFA/DEAM-STEC (EAC playa Las Conchitas)  
Informe N.º 00132-2022-OEFA/DEAM-STEC (EAC playa Isla Mata Cuatro)  
Informe N.º 00136-2022-OEFA/DEAM-STEC (EAC playa La Calichera)  
Informe N.º 00137-2022-OEFA/DEAM-STEC (EAC playa Hondable)  
Informe N.º 00145-2022-OEFA/DEAM-STEC (EAC playa Las Viñas)

<sup>7</sup> Informe N.º 00161-2022-OEFA/DEAM-STEC (EAC playa El Hatillo)  
Informe N.º 00166-2022-OEFA/DEAM-STEC (EAC playa Punta Salinas)  
Informe N.º 00172-2022-OEFA/DEAM-STEC (EAC playa Chancayllo)  
Informe N.º 00182-2022-OEFA/DEAM-STEC (EAC playa Chacra y Mar)  
Informe N.º 00191-2022-OEFA/DEAM-STEC (EAC playa Crisantemos Chancay)  
Informe N.º 00192-2022-OEFA/DEAM-STEC (EAC playa del Óvalo)  
Informe N.º 00194-2022-OEFA/DEAM-STEC (EAC playa Santa Rosa Chica)  
Informe N.º 00196-2022-OEFA/DEAM-STEC (EAC playa La Puntilla)  
Informe N.º 00200-2022-OEFA/DEAM-STEC (EAC playa Cala Serpentin 4)  
Informe N.º 00201-2022-OEFA/DEAM-STEC (EAC playa Pocitos Ancón)  
Informe N.º 00203-2022-OEFA/DEAM-STEC (EAC playa Carros Grandes)  
Informe N.º 00204-2022-OEFA/DEAM-STEC (EAC playa Corvintero)  
Informe N.º 00205-2022-OEFA/DEAM-STEC (EAC playa Javier)  
Informe N.º 00214-2022-OEFA/DEAM-STEC (EAC playa Pasamayo - Peaje)  
Informe N.º 00215-2022-OEFA/DEAM-STEC (EAC playa Infantería)  
Informe N.º 00216-2022-OEFA/DEAM-STEC (EAC Zona Terminal Multiboyas)  
Informe N.º 00219-2022-OEFA/DEAM-STEC (EAC Zona Reservada de Ancón)  
Informe N.º 00220-2022-OEFA/DEAM-STEC (EAC Zona Grupo de Pescadores)



de hidrocarburos, 23 puntas y acantilados afectados con hidrocarburos y 12 puntas y acantilados libres de hidrocarburos.

### c. Denuncias ambientales

La refinería La Pampilla presenta 15 denuncias ambientales relacionadas a la presencia de olores a gases producto de las actividades de la refinería, así como, a la afectación a las playas producida por el derrame del petróleo crudo del 15 y del 24 de enero de 2022; las cuales se detallan en la Tabla 2.2.

**Tabla 2.2.** Denuncias ambientales recibidas por el Sinada referidas a la refinería La Pampilla

N.º	Código Sinada	Fecha de la denuncia	Descripción de hechos
1	SC-0815-2022	29-03-2022	Afectación ambiental que se estaría generando como consecuencia de la presencia de presunta mancha de hidrocarburos, observada el 27 de marzo en el punto de recepción de crudo de buque tanque de la refinería la pampilla. visto al momento de descender para aterrizaje en el aeropuerto Jorge Chávez.
2	SC-0194-2022	24-01-2022	Presunta afectación ambiental que se estaría generando al mar y la playa el silencio debido a la presencia de hidrocarburos y aves muertas, lo cual puede estar relacionado al derrame de hidrocarburos ocurrido en la refinería de la Pampilla.
3	SC-0641-2022	18-02-2022	Denunció que el OEFA como entidad de manera negligente y pactada con la empresa no está dando las medidas adecuadas para la rehabilitación de los daños del derrame de hidrocarburos en la pampilla. el OEFA debió efectuar requerimientos de instrumentos de gestión ambiental, debiendo requerir específicamente a repasar un plan de rehabilitación a ser aprobado por la dirección general de asuntos ambientales de hidrocarburos DGAAH del ministerio de energía y minas, según el artículo 66 y siguientes del reglamento para la protección ambiental en las actividades de hidrocarburos, modificado por DS 005-2021-EM.
4	SC-0135-2022	16-01-2022	Afectación ambiental que se estaría generando debido al derrame de petróleo que tuvo lugar en la refinaria de La Pampilla durante las operaciones de descarga del Buque Tanque Mare Doricum. Se tiene conocimiento que el derrame estaría afectando a las playas de los distritos de Ventanilla, Ancón, Santa Rosa y Chancay (Bahía Blanca, Miramar, Conchitas, Pocitos, Hondable, Chica y Grande, Chancay, Chacra y Mar, Aucallama, Cascajo, Caveró, Costa Azul y otras). Los mencionados hechos han afectado a la flora y fauna, así como a la Reserva Nacional Sistema de islas, islotes y puntas guaneras. Asimismo, la empresa REPSOL no estaría realizando una adecuada limpieza del lugar contaminado.
5	SC-0051-2021	14-12-2021	La refinería REPSOL en La Pampilla es una amenaza para la población debido a la exposición residual de sustancias tóxicas debido a la Manufactura nos afecta directamente a la salud de los habitantes del AA.HH. Angamos, y queremos que la empresa pueda velar por la salud de todos nosotros. A la vez indica que no cumplen con las condiciones de seguridad.
6	SC-1055-2021	19-05-2021	Presunta afectación ambiental que se estaría generando como consecuencia de la presunta degradación del suelo producto de las actividades realizadas en la zona ubicada en el km. 8 de la av. Gambetta - colindante a la pampilla, de titularidad de la Empresa Peruana de Combustibles SA. Asimismo, mediante llamada telefónica de fecha 25 de junio el denunciante informó que en la ubicación antes mencionada existiría afectación al aire y a los moradores de las lotizaciones colindante producto del paso de maquinaria pesada. adicionalmente denuncian que las autoridades vienen gestionando el cambio de zonificación de ecológica o recreacional a una zonificación industrial, lo cual a futuro generaría daños ecológicos en zona toda vez que en la actualidad ya viene operando en la zona la refinería la pampilla.
7	SC-0118-2021	07-01-2021	Contaminación de Aire, todos los días se huele a gas proveniente de la refinería La Pampilla en ventanilla, sería oportuno realizar un monitoreo para determinar si los gases expuestos superan la normativa vigente, ya que el olor es insoportable. Saludos Cordiales.
8	SC-1183-2020	06-08-2020	La Refinería la Pampilla hace una mala práctica nociva que afecta el medio ambiente del distrito de ventanilla y mi Perú, al purgar sus ductos que



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»

«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

N.º	Código Sinada	Fecha de la denuncia	Descripción de hechos
			quemar sus residuos, arrojando humo y residuos contaminante que son arrastrados por el aire que sopla de sur a norte a los 2 distritos, depositándose y contaminando gravosamente a más de medio millón de personas que lesiona el Derecho a la vida y que lo protege la constitucional política, estos hechos deben ser sancionados con la clausura temporal.
9	SC-1104-2020	22-07-2020	La Refinería La Pampilla-Repsol, emana abundante vapores químicos contaminantes y olores fétidos diariamente, como producto del alto contenido de azufre que contiene el petróleo que procesan. La contaminación ambiental está en dirección del distrito de Ventanilla, empezando por el AAHH Angamos y las urbanizaciones más cercanas, como son, Urbanización Almirante Grau (Naval) y Antonia Moreno de Cáceres (Ciudad del Deporte) y sucesivamente.
10	SC-0850-2020	20-05-2020	Presunta afectación ambiental debido a la emisión de gases tóxicos como consecuencia de las actividades que viene desarrollando la empresa Refinería La Pampilla, ubicada en el distrito de Ventanilla. El denunciante señaló: "En los últimos días los olores por los gases tóxicos emitidos por la Pampilla han ido en aumento, el olor a gas, combustible, gasolina es insoporable y eso que vivo en los Próceres, el olor da ganas de vomitar. Ya tiene varias denuncias y no pasa nada".
11	SC-1678-2019	30-11-2019	Todo el litoral de la Playa Costa Azul hay grumos y manchas de un material viscoso negro (hidrocarburos) y al preguntar a los bañistas me indican que proviene de la refinería la Pampilla, ubicada a una distancia cercana al kilómetro. [sic]
12	SC-0873-2019	01-08-2019	En la refinería la pampilla ha construido un espigón (muelle de piedra) en lado mar, donde al realizar este trabajo han movido tierra contaminada. Fuera de ello con los desmontes de tierra acumulada de años con basura han nivelado el terreno contaminando el suelo, sobre lo contaminado. Esta construcción está ubicado a espalda de la refinería y pertenece a la refinería, empresa ejecutante del proyecto GEOCEAN.
13	SC-0211-2019	12-03-2019	Presunta contaminación ambiental al mar de Ventanilla que se estaría generando como consecuencia de derrame de hidrocarburos. Denunciante manifiesta que a través de vistas aéreas se puede determinar la contaminación de litoral peruano frente a diversas empresas como lo es la Refinería La Pampilla S.A.A., entre otras.
14	SC-0027-2017	11-01-2017	Presunta contaminación por derrame de hidrocarburos. Denunciante manifiesta que desde el avión se vio en el mar un buque tanque derramando petróleo por todo el mar en la bahía del callao, esto frente a la refinería la Pampilla de Ventanilla.
15	SC-0530-2014	30-07-2014	Todos los días en horas de la mañana se sienten olores a gases bastante fuertes que representan una contaminación para el aire que respiran los ciudadanos que se desplazan a sus centros de trabajo regularmente. Dicho olor se siente en todo el tránsito de la carretera que está en La Refinería La Pampilla, y es comprobable cualquier día de la semana. Este olor es demasiado fuerte, incrementándose este hecho aproximadamente desde hace un mes y diariamente.

Fuente: Servicio de Información Nacional y Denuncias Ambientales (Sinada) del OEFA.

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1. Objetivo general

Identificar los impactos generados por los derrames de petróleo crudo del Terminal Multiboyas N.º 2 de la refinería La Pampilla sobre el cormorán guanay «*Phalacrocorax bougainvillii*» de la Isla Grande del Islote Grupo de Pescadores y el ostrero americano «*Haematopus palliatus*» de las playas El Solitario, Santa Rosa Grande y Carros Grandes.

#### 3.2. Objetivos específicos

- Determinar las concentraciones de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs), perfil hematológico y bioquímica sanguínea en sangre de adultos de cormorán guanay «*Phalacrocorax bougainvillii*», en mayo y julio-agosto 2022 en la Isla Grande del Islote



Grupo de Pescadores (zona afectada por los derrames de petróleo crudo de la refinería La Pampilla) y una zona control (Isla Chincha Norte).

- Determinar las concentraciones de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs), perfil hematológico y bioquímica sanguínea en sangre de adultos de ostrero americano «*Haematopus palliatus*» entre julio y octubre 2022 en las playas El Solitario, Santa Rosa Grande y Carros Grandes (zona afectada por los derrames de petróleo crudo de la refinería La Pampilla) y playa Wakama (zona control).
- Determinar los movimientos en el mar y áreas de alimentación de los cormoranes guanayes reproductivos «*Phalacrocorax bougainvillii*» de la Isla Grande del Islote Grupo de Pescadores entre agosto y noviembre 2022 para enmarcar los resultados de concentraciones de HAPs, perfil hematológico y bioquímica sanguínea dentro un área marina de uso frecuente por las aves.
- Comparar las tendencias poblacionales de cormoranes guanayes «*Phalacrocorax bougainvillii*» y piqueros peruanos «*Sula variegata*» de la Isla Grande, Pescadores e Isla Chincha Norte, y ostreros americanos «*Haematopus palliatus*» de la Zona Reservada Ancón y Reserva Nacional de Paracas antes, durante y después de los derrames de petróleo de la refinería La Pampilla.

#### 4. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se dividió en 2 grupos: a) el área directamente afectada por el derrame (las playas de la Zona Reservada Ancón, Ventanilla, Santa Rosa, e Isla Grande del Islote Grupo de Pescadores dentro de la RNSIIPG) y b) áreas no afectadas por el derrame o controles (Isla Chincha Norte, playas de la Reserva Nacional de Paracas y playa Wakama en el km 171 Panamericana Sur en Lima).

##### a. Áreas afectadas por los derrames de petróleo crudo de la refinería La Pampilla

Zonas al norte del punto del derrame, afectadas por el recorrido de la mancha de petróleo semanas y meses después del derrame. Incluye playas arenosas, playas rocosas, pie de acantilados, mar y bordes rocosos de islas e islotes, dentro de los cuales se encuentra la Isla Grande de la RNSIIPG, playa Carros Grandes, ubicada dentro de la Zona Reservada Ancón, y otras playas entorno a la ZRA como las playas Santa Rosa Grande y El Solitario.

- La Zona Reservada Ancón (ZRA) se ubica en el distrito Ancón, provincia y departamento Lima (Figura 4.1), y tiene como objetivo conservar la diversidad biológica, cultural y paisajística de los ecosistemas marino-costeros que forman parte del ecosistema asociado a la corriente peruana de Humboldt y perteneciente a la provincia biogeográfica del Pacífico Sur Oriental Templado, así como promover el uso sostenible de los recursos naturales del área, contribuyendo de esta manera al bienestar de la población local y el de sus futuras generaciones<sup>8</sup>. El acceso a la Zona Reservada Ancón es por vía terrestre desde la Carretera Panamericana Norte. De la ZRA solo se consideró para la evaluación la playa Carros Grandes al ser la única playa donde se encontró nidos activos de ostreros.
- Los Islotes Grupo de Pescadores, que forman parte de la Reserva Nacional Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras (RNSIIGPG), se ubican en el distrito Ancón, provincia

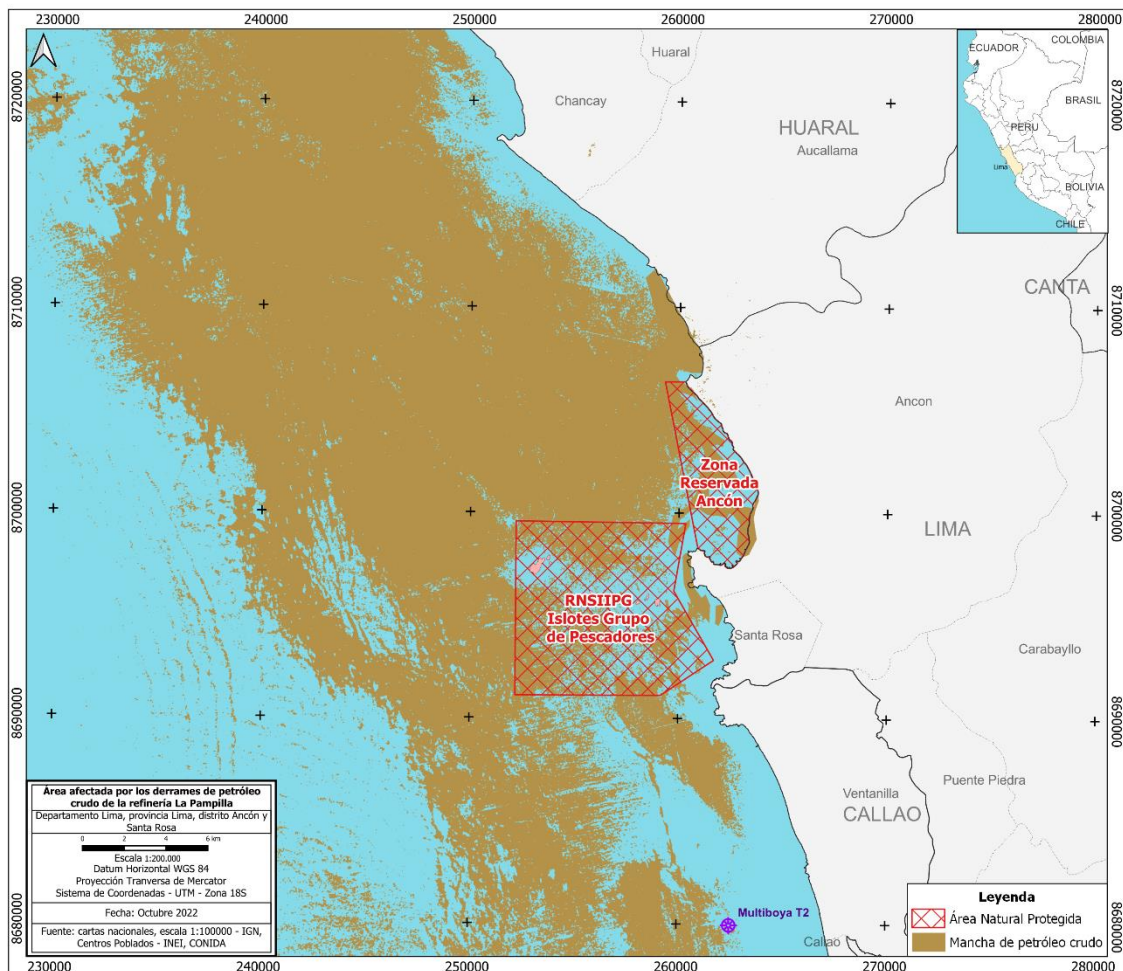
<sup>8</sup> El Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas – SERNANP, mediante Resolución Ministerial N.º 275-2011-MINAM, declara el establecimiento de la Zona Reservada Ancón, ubicada en el distrito Ancón, provincia y departamento de Lima.



y departamento Lima (Figura 4.1) a 5,6 millas náuticas desde las costas de playa de la Bahía de Ancón. Esta ANP tiene como fin conservar una muestra representativa de la diversidad biológica de los ecosistemas marino-costeros del mar frío de la corriente de Humboldt, asegurando la continuidad del ciclo biológico de las especies que en ella habitan, así como su aprovechamiento sostenible con la participación justa y equitativa de los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos. Entre algunos de sus objetivos se encuentran proteger las poblaciones de aves y mamíferos marinos que se refugian en las islas, islotes y puntas guaneras o las que utilizan en su ruta de migración<sup>9</sup>. El ANP, Islote Grupo de Pescadores tiene una extensión de 6913,23 hectáreas de las cuales 36,85 ha son área terrestre y 6876,38 ha corresponden a área marina. Si bien el ANP está conformada por un conjunto de 10 islotes o islas : Islote Solitario o Isleta (6,78 ha) , Islote Dos Hermanas (3,25 ha), Islote Huacas (2,10 ha), Islote Lobos o Lobitos (1,09 ha), Islote Sauce (1,73 ha), Islote Malnombre (0,50 ha), Islote Pata de Cabra ( 1,80 ha), Islote Gallinazo o Gallinacito (1,50 ha) e Islote Torbao o Estanque (1,05 ha) e Isla Pescadores o Grande (16,45 ha), la evaluación del estado de salud de las aves se centrará en esta última isla debido a la presencia constante de grandes colonias del cormorán guanay «*P. bougainvillii*» y abundancia de la especie. El acceso a los Islotes Grupo de Pescadores es por vía marítima (embarcación) desde el muelle de Ancón.

- Playas de los distritos Ventanilla, Ancón, Santa Rosa y Chancay: se denominan así, para los fines de la evaluación ambiental, a todas las playas arenosas que pueden ser utilizadas por los ostreros americanos «*H. palliatus*» para la reproducción que va desde la playa Costa Azul, en Ventanilla, hasta la desembocadura del río Chancay, en Chancay (Figura 4.1). Estas playas tienen un fuerte impacto antrópico debido a la presencia constante de personas, perros y residuos sólidos que se deposita a lo largo de sus playas. Sin embargo, se han observado ostreros americanos en anidación en diferentes puntos de su recorrido. Durante la evaluación se recorrieron estas playas, pero solo se registraron nidos en la playa Santa Rosa Grande, perteneciente al distrito Santa Rosa, y en la playa El Solitario, perteneciente al distrito Ancón, ambas en la provincia Lima.

<sup>9</sup> El Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas – SERNANP, mediante Decreto Supremo N.º 24-2009-MINAM, aprueba el establecimiento de la Reserva Nacional Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras, que incluye a los Islotes Grupo de Pescadores.



**Figura 4.1.** Mapa de ubicación de las zonas de evaluación en el área afectada

### **b. Áreas no afectadas por el derrame de petróleo crudo de la refinera La Pampilla**

Zonas control utilizadas para estudios comparativos del estado de salud de las aves y tendencias poblacionales de la avifauna. Se caracterizan por estar localizadas al sur de la zona de derrame. Las corrientes y vientos en la zona costera del Perú tienen una dirección, a gran escala, de sur a norte, por lo que la mancha de crudo se dirigió hacia el norte, más no hacia el sur.

- Isla Chincha Norte: ubicada en la provincia de Pisco, departamento Ica, a 225 km al sur de la zona de derrame (Figura 4.2). Se seleccionó como zona de control para la Isla Grande, en el caso de los guanayes, por no encontrarse afectada por el derrame. Cabe señalar que, esta isla forma parte de la Reserva Nacional Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras.
- Reserva Nacional de Paracas: Para el caso de los ostreros americanos, se seleccionó las playas Yumaque, Supay y Playón (al sur de la bahía de Paracas), las cuales están localizadas a 250 km de la zona de derrame<sup>10</sup> (Figura 4.2). Todas estas playas son de

<sup>10</sup> El Ministerio de Agricultura y Pesquería, mediante Decreto Supremo N.º 1281-75-AG declara Reserva Nacional de Paracas, la superficie de trescientas treinta y cinco mil hectáreas (335000 ha) ubicada en las aguas marinas y en las provincias de Pisco e Ica, en el departamento de Ica.



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»  
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»  
«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

arena, medianamente perturbadas por turistas y recolectores de algas; no obstante, albergan nidos de ostreros americanos en diferentes meses del año. En esta área natural protegida se realizaron 2 búsquedas de nidos (mayo y julio), pero no se encontraron nidos en ninguna de ellas.

- Playa de Wakama: ubicada en el km 171 de la Panamericana Sur. Es una playa que colinda por el norte con el área y playas de concesión de la planta de licuefacción de gas Perú-LNG Melchorita (Figura 4.2). Estas playas son de arena, transitadas por pescadores de orilla; a pesar de eso, los ostreros americanos «*Haematopus palliatus*» se reproducen en estas playas con cierta regularidad.

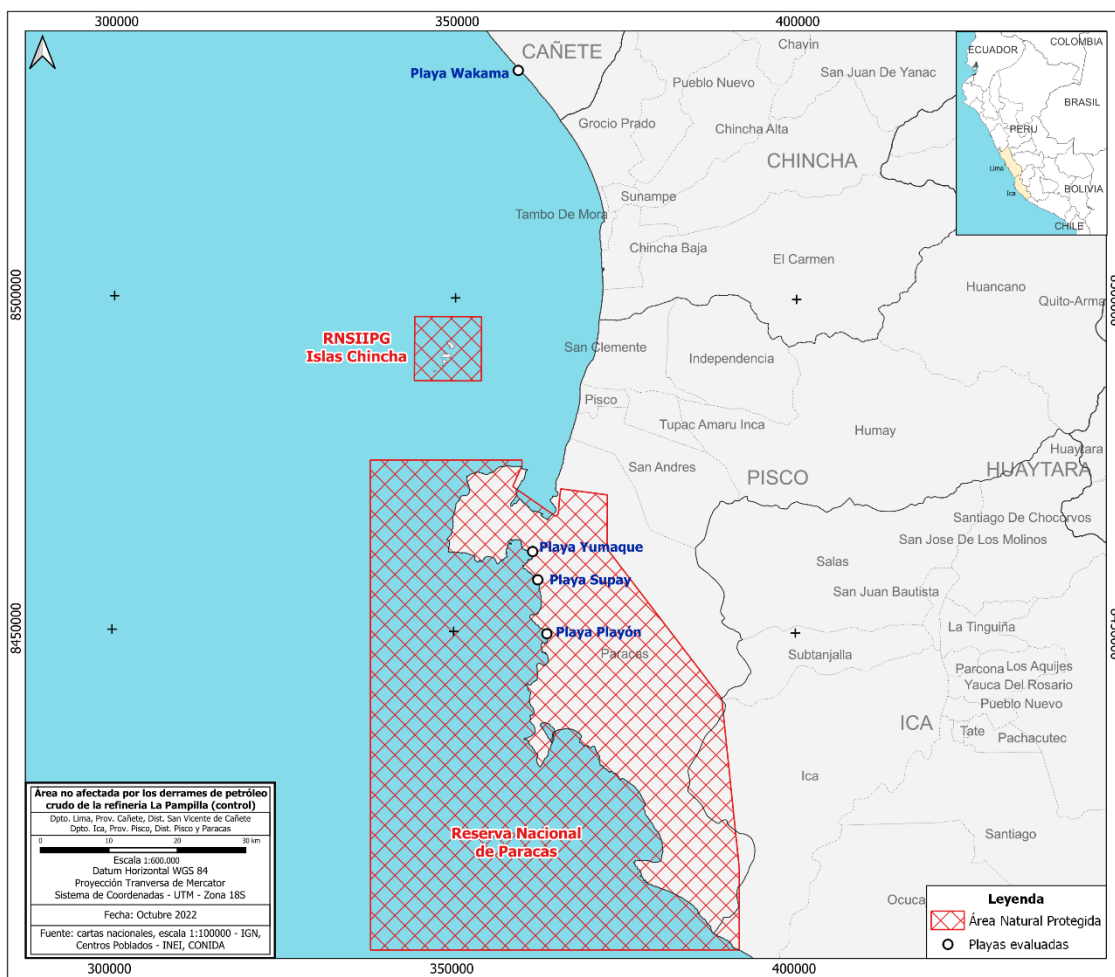


Figura 4.2. Mapa de ubicación de las zonas control

## 5. METODOLOGÍA

Se seleccionaron 2 especies bioindicadoras para medir los efectos contaminantes del derrame de petróleo: el cormorán guanay «*Phalacrocorax bougainvillii*» y el ostrero americano «*Haematopus palliatus*»<sup>11</sup>. El primero para medir los efectos contaminantes en el mar y el segundo para medir los efectos contaminantes en la zona intermareal y de playa.





- **Cormorán guanay «*Phalacrocorax bougainvillii*»**

Se seleccionó al cormorán Guanay «*Phalacrocorax bougainvillii*» como especie bioindicadora de la presencia de contaminantes relacionados al derrame de petróleo crudo de la refinería La Pampilla en la Isla Grande del Islole Grupo de Pescadores. Según los registros sobre aves muertas por el derrame de petróleo crudo de la Refinería La Pampilla<sup>12,13</sup> del OEFA y SERNANP, el guanay se reportó como una de las especies más afectadas. El guanay, es una especie abundante en la Isla Grande, con una población local que ha oscilado en los últimos 10 años<sup>14</sup>. Además, para esta especie se tiene información sobre su alimentación (Jahncke y Goya, 1998; Goya y García-Godos, 2022), variaciones poblaciones (Passuni *et al.* 2016; Barbraud *et al.* 2018), estado de salud (Watson *et al.* 2021; Le Croizier *et al.* 2022) y ecología de forrajeo (Zavalaga y Paredes 1999, Weimerskirch *et al.* 2012), que puede ser utilizada de manera referencial.

- **Ostrero americano «*Haematopus palliatus*»**

Es una especie limícola común en las playas arenosas del litoral peruano. Se reproduce en grupos pequeños o de forma solitaria con épocas de reproducción variada dependiendo de la latitud (Figueroa y Stucchi, 2016). Usualmente, en Lima se han encontrado nidos activos en setiembre-octubre, pero también durante los meses de invierno. Se alimenta en la zona intermareal de diferentes especies de invertebrados, principalmente del muy-muy «*Emerita analoga*», por lo que lo convierte en un excelente bioindicador de los efectos contaminantes del derrame de la zona intermareal. Asimismo, su comportamiento territorial alrededor de sus nidos hace que el ostrero americano utilice el área arenosa de la playa varios metros desde la línea de marea.

Para este estudio se consideró obtener muestras biológicas de ostreros en las playas de la Zona Reservada Ancón y Santa Rosa (zona afectada), así como en playas arenosas dentro de la Reserva Nacional de Paracas y playa Wakama km 171 Panamericana Sur (zona no afectada - control).

El petróleo derramado al entrar en contacto con el agua de mar sufre cambios físicos y químicos por lo que se sedimenta, percola, evapora, emulsifica e ingresa a la cadena alimenticia del ecosistema marino. En las Figura 5.1 y Figura 5.2 se presentan modelos conceptuales de los mecanismos, vías de exposición y bioacumulación de los contaminantes (HAPs) en las aves de la zona afectada por el derrame de petróleo crudo.

<sup>12</sup> Informe N.º 00026-2022-OEFA/DEAM-STEC. Evaluación ambiental Focal por el derrame de petróleo crudo en el mar frente a la refinería La Pampilla ocurrido el 15 de enero de 2022.

<sup>13</sup> Informe N.º 124-2022-SERNANP-DGANP. Convenio de cooperación interinstitucional entre el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) y el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SERNANP) para desarrollo de actividades de beneficio mutuo en atención a la afectación a la diversidad biológica en los ámbitos de la ZR Ancón y la RN Sistema de Islas, Isloles y Puntas Guaneras como consecuencia del derrame de petróleo ocurrido en Ventanilla.

<sup>14</sup> Reportes mensuales de conservación en islas y puntas guaneras. Programa de Desarrollo Productivo Agrario Rural (AGRO RURAL). <https://www.gob.pe/institucion/agrorural/informes-publicaciones>



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»  
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»  
«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

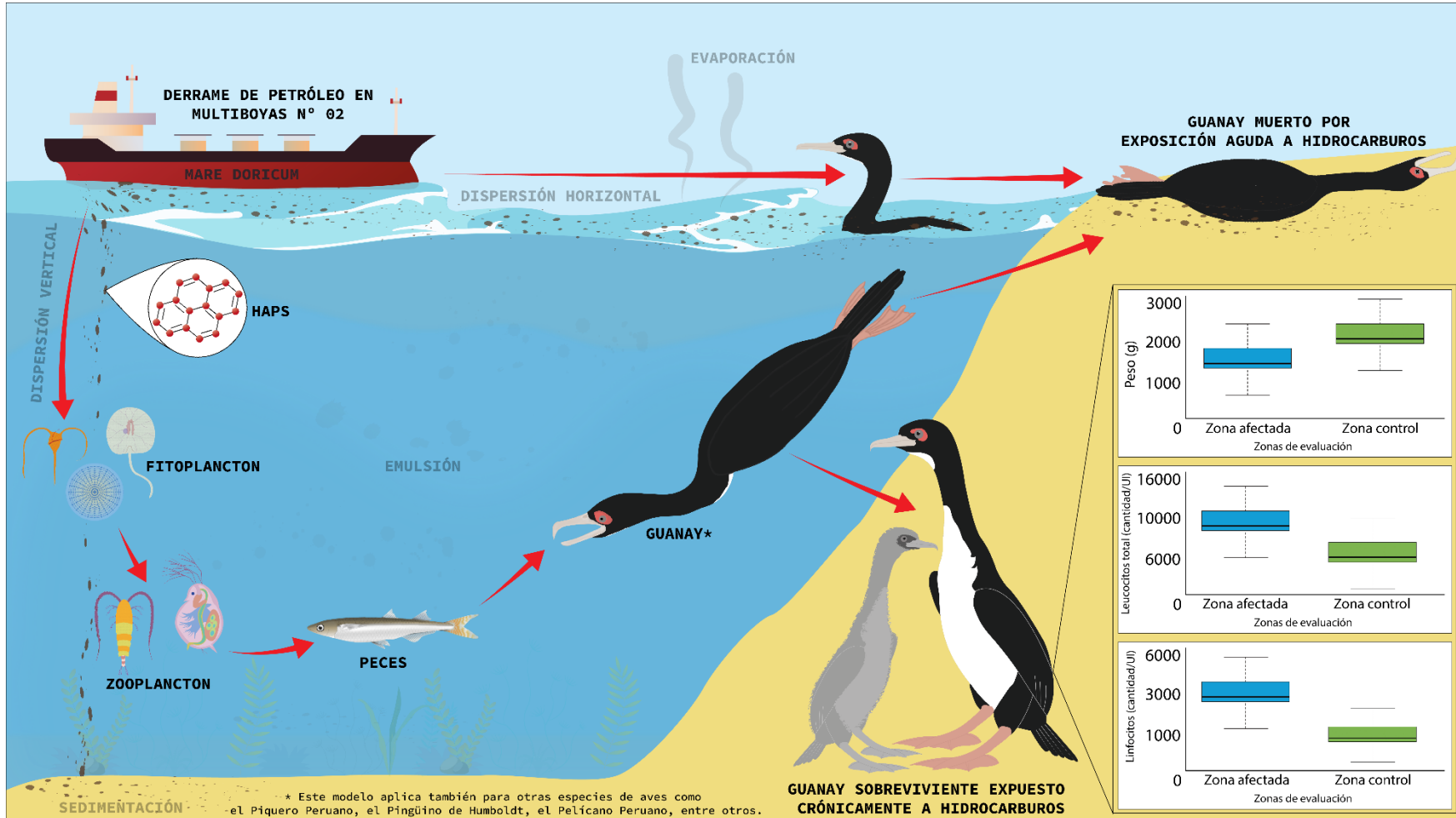


Figura 5.1. Modelo conceptual de la afectación al cormorán guanay por los derrames de petróleo crudo



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»  
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»  
«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

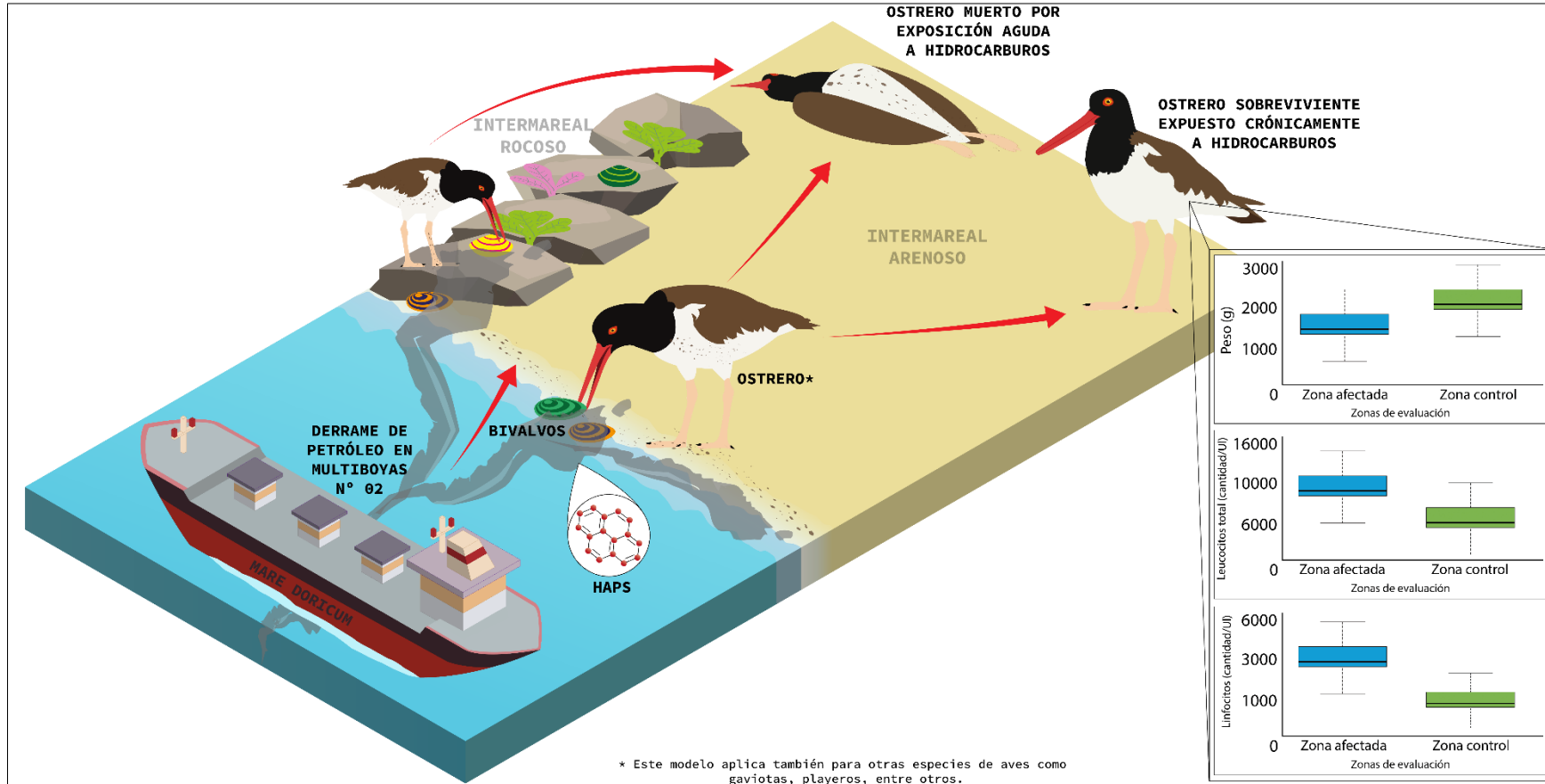


Figura 5.2. Modelo conceptual de la afectación al ostrero americano por los derrames de petróleo crudo



El desarrollo de la evaluación ambiental se desarrolló en 3 etapas: planificación, ejecución y resultados, las mismas que engloban los objetivos específicos. A continuación, se desarrolla la metodología para cada uno de los objetivos específicos planteados.

### 5.1. Determinar las concentraciones de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs), perfil hematológico y bioquímica sanguínea en sangre de adultos de cormorán guanay «*Phalacrocorax bougainvillii*», en mayo y julio-agosto 2022 en la Isla Grande del Islote Grupo de Pescadores (zona afectada por los derrames de petróleo crudo de la refinería La Pampilla) y una zona control (Isla Chincha Norte)

Con la finalidad medir efectos directos e indirectos subletales de los contaminantes del derrame en el cormorán guanay «*Phalacrocorax bougainvillii*» se capturaron aves adultas de la Isla Grande del Islote Grupo de Pescadores y de la Isla Chincha Norte (zona control) y se colectaron muestras de sangre de las mismas. Se analizó la concentración de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) en plasma sanguíneo, así como bioquímica sanguínea y perfil hematológico.

#### 5.1.1. Guías utilizadas para la evaluación

Para la captura de cormoranes guanay se utilizó como referencia los métodos empleados por Weimerskirch *et al.* (2012) y Watson *et al.* (2021) y para la toma de muestras de sangre y procesamiento de muestras de sangre se utilizó como referencia lo propuesto por Watson *et al.* (2021). Se utilizó estas referencias debido a que no se cuenta con protocolos o guías estandarizadas para la evaluación de cormoranes guanay «*Phalacrocorax bougainvillii*». El detalle de los procedimientos realizados en la evaluación se presenta en la Tabla 5.1.

**Tabla 5.1.** Protocolos de muestreo para evaluación de cormorán guanay «*Phalacrocorax bougainvillii*»

Componente ambiental	Nombre*	Autores	Sección	Dispositivo Legal	Entidad	País	Tipo evaluación
Aves	Foraging in Guanay cormorant and Peruvian booby, the major guano-producing seabirds in the Humboldt Current System*	Weimerskirch, H., Bertrand, S., Silva, J., Bost, C. y Peraltila, S.	Volumen 458 Páginas 231–245	<a href="https://doi.org/10.3354/meps09752">doi: 10.3354/meps09752</a>	Marine Ecology Progress Series	Alemania	Capturas, recapturas
Aves	Health assessment of Guanay Cormorant ( <i>Phalacrocorax bougainvillii</i> ) and Peruvian Pelican ( <i>Pelecanus thagus</i> ) populations at Punta San Juan, Peru*	Watson, M., Langan, J., Allender, M., Cardeña, M., Cárdenas-Alayza, S y M. Adkesson	Volumen 52(3) Páginas 975-985	<a href="https://doi.org/10.1638/2019-0119.1">doi.org/10.1638/2019-0119.1</a>	Journal of Zoo and Wildlife Medicine	Estados Unidos	Capturas, toma de muestras de sangre, procesamiento de muestras de sangre

\*: Se tomó como referencia los presentes artículos científicos ya que no se cuenta con guías o protocolos estandarizados para la captura de guanay.



### 5.1.1.1. Captura de cormoranes guanay

Para la captura de los cormoranes guanay «*Phalacrocorax bougainvillii*» adultos tanto en la zona afectada (Isla Grande de Pescadores) como en la zona control (Isla Chincha Norte) se empleó una caseta móvil forrada con malla camuflada de dimensiones 175 cm x 175 cm x 125 cm con espacio suficiente para 6 personas al interior, y con cierres que permitían abrir una «ventana» en el frontis, parte superior, laterales y trasera de la caseta. Primero se realizó una inspección para determinar el mejor lugar para iniciar con las capturas. Una vez identificado el lugar, se procedió a armar la caseta a una distancia > 50 m de la periferia de la colonia para no perturbar a las aves (Figura 5.3a). Luego, todos los investigadores ingresaron a la caseta para desplazarla sincrónica y lentamente hasta lograr estar a una distancia de ~ 5 m de la colonia de guanayes.

La captura de cada ave se realizó empleando una varilla telescópica adaptada de 5 metros de longitud con un lazo de nylon grueso en su extremo, la cual se extendió a través de la abertura frontal de la caseta. Se insertó el lazo en la cabeza y cuello del ave, luego se cerró el lazo y se jaló al ave lentamente hasta introducirla en la caseta (Figura 5.3b).

Las capturas en Isla Grande (Pescadores) se realizaron entre las 8:00 h y 13:00 h el 25 y 26 de mayo 2022 (1° muestreo) y el 31 de julio y 01 de agosto (2° muestreo). En Isla Chincha Norte, las capturas se realizaron entre las 8:00 h y 15:00 h el 28 y 29 de mayo 2022 (1° muestreo). Debido a que los guanayes mostraron mayor sensibilidad ante la presencia de la caseta móvil, para minimizar la perturbación se paralizaron las capturas durante las horas de luz y el muestreo se realizó entre las 19:00 y 21:00 h. Las colonias aisladas y pequeñas de guanayes (~ 200 individuos) se identificaron en el día. Las capturas se realizaron durante la noche por 2 investigadores, quienes se aproximaban lentamente, cuando los investigadores se encontraban a una distancia ~ 30 m de la colonia encendían sus linternas frontales para proceder a las capturas a mano. Las aves capturadas se colocaron dentro de bolsas de tela y se llevaron a la zona de trabajo ubicada a 300 m de la colonia; donde el resto de los integrantes del equipo esperaba para iniciar con la toma de medidas morfométricas y colecta de muestras de sangre. Esta operación se repitió 3 veces capturando 3 individuos el primer grupo, 5 individuos el segundo grupo y 6 individuos en el tercer grupo. El 2° muestreo en Isla Chincha Norte se realizó el 3 y 4 de agosto de 2022 entre las 6:00 h y 15:00 h.

### 5.1.1.2. Manipulación de las aves

Una vez capturada el ave, el equipo procedió a la toma de medidas morfométricas. El ave fue colocada en una bolsa de tela con tiras ajustables para pesarla. Para el pesaje se utilizó una balanza de mano con gancho marca *Pesola*, la cual se enganchó en tiras ajustables (Figura 5.3gc). Es importante resaltar que para las capturas del primer muestreo en isla Grande de Pescadores se utilizó una balanza de 35 kg con divisiones de 500 g. Con esta balanza se pudo discriminar pesos con una precisión de 250 g. Para el resto de los muestreos se utilizó una balanza *Pesola* de 5 kg con divisiones de 50 g y una precisión de 25 g. El ave se sostuvo al ave de forma segura. Para esto, el investigador a cargo de la sujeción se sentó en un asiento portátil, retiró al ave de la bolsa de tela con mucho cuidado para evitar lastimarla, colocó al ave entre sus piernas, evitando en todo momento tener contacto con el pico e inició con la toma de medidas morfométricas.

Se tomaron 3 medidas morfométricas: longitud de tarso-metatarso (mm), medida entre las 2 crestas del tarso-metatarso, estando este doblado aproximadamente 45° del eje vertical de la pata y con los dedos flexionados en dirección al cuerpo (Figura 5.3d); longitud de culmen (mm), desde la punta de la ranfoteca hasta el inicio de la inserción de plumas de la



frente (Figura 5.3e); y cuerda alar (mm), medida entre la juntura carpal hasta la pluma primaria más larga apoyada sobre la regla y sin extender la pluma (Figura 5.3f). Para medir la longitud del culmen y longitud del tarso se usó un calibrador marca *Spi Plastic Dial Caliper* modelo 31-415-3 con una precisión de 0,05 mm, y para medir la cuerda alar se usó una wincha metálica de 5 m con una precisión de 1 mm. Todas las medidas fueron registradas en una libreta de campo impermeable.

Luego de la toma de medidas morfométricas, se tomaron las muestras de sangre. Para esto el responsable de la toma de sangre colocó el cuerpo del guanay sobre sus piernas y la cabeza del ave por debajo de su brazo, ejerciendo una ligera presión para inmovilizar al ave y evitar posibles accidentes, como cortes con el pico. El tiempo de manipulación desde la captura hasta la liberación de las aves duró de 6 minutos a 18 minutos aproximadamente.

#### 5.1.1.3. Toma de muestras de sangre

Para la toma de la muestra de sangre se consideró un máximo de muestra correspondiente al 0,5 % del peso vivo del animal (para el caso del guanay < 9 ml). Estas se colectaron con una aguja de 25 G x 5/8" principalmente de la vena metatarsal (Figura 5.4a) y, en 2 oportunidades, de la vena braquial. El área de inserción de la aguja se limpió con un algodón empapado de alcohol al 70 % antes y después de la toma de muestra. Para facilitar la canalización de la vena, en algunos casos, la aguja fue doblada asépticamente en un ángulo cercano a 20°. Posterior a la extracción, se ejerció de 1 a 2 minutos de presión en el lugar de la venopunción, usando una pieza de algodón con polvo hemostático (Hemorhexin®) para asegurar la detención del sangrado o la formación de hematomas.

La sangre colectada se transfirió inmediatamente a 2 tubos con heparina (tipo *vacutainer* con tapa verde, uno para el análisis de perfil hematológico - bioquímica sanguínea, y otro para el análisis de HAPs), los cuales tras ser llenados hasta 2/3 de su capacidad, se invirtieron suavemente aproximadamente por 2 minutos para homogenizar la muestra con el anticoagulante, para luego ser mantenidos en refrigeración en campo, usando cajas térmicas (*cooler*) con *icepacks*, a una temperatura entre 2 °C a 8 °C. Cada muestra se rotuló con la identificación del individuo, especie, fecha, hora de colecta y procedencia. Las jeringas y agujas se desecharon en un contenedor de residuos peligrosos biocontaminados y punzocortantes.

#### 5.1.1.4. Marcaje y liberación de las aves

Luego de la toma de muestra de sangre, y previo a liberar el ave, se marcaron las plumas del pecho con crayones de cera de color para identificarla y evitar recapturarla (Figura 5.4b y c). En la Figura 5.4d se puede observar a un cormorán guanay marcado. Las aves fueron liberadas en el mismo lugar en el que se les capturó.

#### 5.1.1.5. Tratamiento de las muestras de sangre en campo

- **Muestras para análisis de perfil hematológico y bioquímica sanguínea**

Los tubos con las muestras de sangre heparinizada colocadas en una caja térmica (*cooler*) y con *icepack* (para mantener la cadena de frío a 2 °C - 8 °C) se enviaron al laboratorio contratado por el OEFA<sup>15</sup> (Figura 5.4e) en un lapso menor a 72 h desde la toma de la muestra para realizar los análisis del perfil hematológico y bioquímica sanguínea.

<sup>15</sup> Laboratorio clínico veterinario Suprovet.

- **Muestras para análisis de HAPs**

Los tubos heparinizados correspondientes a las muestras para análisis de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) se centrifugaron a 1600 g (fuerza G) por 10 minutos para separar el plasma (Figura 5.4f). El centrifugado se transfirió a crioviales, que fueron almacenados y congelados en un tanque de nitrógeno líquido de 10 L a una temperatura de -196 °C (Figura 5.4g).

El tanque de nitrógeno fue trasladado a Lima, donde se transfirieron los crioviales a una congeladora a -80 °C para conservarlos para el respectivo análisis de HAPs (Pérez *et al.* 2008; Figura 5.4). Por último, se envió las muestras en una caja térmica (*cooler*) y con *icepacks* al laboratorio contratado por el OEFA<sup>16</sup>.



**Figura 5.3.** Procedimientos realizados en la evaluación de comorán guanay – 1º parte. a: armado de caseta móvil, b: captura de comorán guanay, c: medición de peso, d: medición de longitud de tarso, e: medición de culmen, f: medición de cuerda alar

<sup>16</sup> Laboratorio Environmental Services for Industries S.A.C. (ES4I).



**Figura 5.4.** Procedimientos realizados en la evaluación de comorán guanay – 2º parte. a: extracción de sangre, b: marcaje con crayón, c: liberación de guanay, d: vista de guanay marcado, e: centrifugación de muestras para extracción de plasma, f: muestras de sangre para análisis de perfil hematológico y bioquímica sanguínea, g y h: muestras de plasma congeladas para análisis de HAPs





### 5.1.2. Ubicación de puntos de muestreo

En la Tabla 5.2 se detalla el nombre y coordenadas de los puntos de muestreo.

**Tabla 5.2.** Ubicación de puntos de muestreo del cormorán guanay «*Phalacrocorax bougainvillii*»

N.º	Código	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 18 L		Descripción
		Este (m)	Norte (m)	
1	IGP-01	253093	8697294	Isla conocida por los pescadores locales como Isla Grande. Forma parte del Islote Grupo de Pescadores y de la Reserva Nacional Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras (RNSIIPG), afectada por el derrame de petróleo crudo de la Refinería La Pampilla. Se ubica en el distrito Ancón, provincia y departamento Lima.
2	ICH-01	349695	8492700	Isla Chincha Norte. Forma parte de las Islas Chincha y de la Reserva Nacional Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras (RNSIIPG). Esta isla ha sido elegida zona control. Se ubica en la provincia Pisco, departamento Ica a 225 km al sur de la isla Grande.

### 5.1.3. Parámetros y métodos de análisis

Los parámetros evaluados en los cormoranes guanay «*Phalacrocorax bougainvillii*» se muestran en la Tabla 5.3.

**Tabla 5.3.** Parámetros evaluados en cormorán guanay «*Phalacrocorax bougainvillii*»

Parámetros	Zona Afectada (Isla Grande)	Zona no afectada (Isla Chincha Norte)	Total	Responsable
	N.º de individuos	N.º de individuos		
Peso (g)	60	60	120	Personal de OEFA/SERNANP
Medidas morfométricas	60	60	120	Personal de OEFA/SERNANP
Bioquímica sanguínea	56	52	108	Suprovet Laboratorio S.A.C.
	56	60	116	
Hormonas sanguíneas	56	60	116	Suprovet Laboratorio S.A.C.
Perfil hematológico – serie blanca	48	48	96	Suprovet Laboratorio S.A.C.



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»

«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

Parámetros	Zona Afectada (Isla Grande)	Zona no afectada (Isla Chincha Norte)	Total	Responsable
	N.º de individuos	N.º de individuos		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conteo de monocitos (N/uL)</li> <li>• Conteo de eosinófilos (N/uL)</li> <li>• Conteo de basófilos (N/uL)</li> <li>• Conteo de azurófilos (N/uL)</li> </ul>				
Perfil hematológico – serie roja <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eritrocitos (N/uL)</li> <li>• Hemoglobina (g/dL)</li> <li>• Hematocrito (%)</li> <li>• Volumen corpuscular medio (fL)</li> <li>• Concentración HB corpuscular media (g/dL)</li> <li>• Plaquetas (N/uL)</li> <li>• Corpúsculos de Heinz (Presencia)</li> <li>• Recuento de reticulocitos (%)</li> </ul>	48	48	96	Suprovet Laboratorio S.A.C.
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acenafteno (ng/g)</li> <li>• Acenaftileno (ng/g)</li> <li>• Antraceno (ng/g)</li> <li>• Benzo (a) antraceno (ng/g)</li> <li>• Benzo (a) pireno (ng/g)</li> <li>• Benzo (g, h, i) perileno (ng/g)</li> <li>• Benzo (i) fluoranteno (ng/g)</li> <li>• Criseno (ng/g)</li> <li>• Dibenzo (a,h) antraceno (ng/g)</li> <li>• Fenantreno (ng/g)</li> <li>• Fluoranteno (ng/g)</li> <li>• Fluoreno (ng/g)</li> <li>• Indeno (1, 2, 3-cd) pireno (ng/g)</li> <li>• Naftaleno (ng/g)</li> <li>• Pireno (ng/g)</li> </ul>	55	40	95	ES4I – Environmental Services for Industries S.A.C.

Los métodos de análisis de las pruebas bioquímicas, perfil hematológico y HAPs se muestran en la Tabla 5.4.

**Tabla 5.4.** Método de análisis de bioquímica sanguínea y concentración de HAPs

Parámetros	Método	
Bioquímica sanguínea	Creatinfosfoquinasa (CPK TOTAL)	Cinético NAC-Activada <sup>1</sup>
	Fósforo sérico	Molibdato UV <sup>1</sup>
	Aspartato aminotransferasa (AST/TGO)	Enzimático UV según IFF <sup>1</sup>
	Proteínas totales	Colorimétrico <sup>1</sup>
	Albumina	Colorimétrico <sup>1</sup>
	Globulina	Cálculo <sup>1</sup>
	Ferritina	Quimioluminiscencia <sup>1</sup>



Parámetros	Método
Perfil hematológico y TSH	Manual <sup>1</sup>
HAPs*	EPA método 8270 E <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Informes de ensayo – Laboratorio Suprovet S.A.C. Anexo 4 (REAS-076-2022-STEC).

<sup>2</sup>Informes de ensayo – Laboratorio Environmental Services for Industries ES4I. Anexo 4 (RR-053-2022-STEC y RR-066-2022-STEC).

\* De acuerdo a los informes del laboratorio el límite de cuantificación para los HAPs en las muestras tomadas en mayo 2022 fue de 5 ng/g (Anexo 4: RR-053-2022-STEC); mientras que, para julio-agosto 2022 el LC fue de 0,2 ng/g (Anexo 4: RR-066-2022-STEC).

#### 5.1.4. Equipamiento utilizado

Los equipos y materiales utilizados se detallan en el reporte de campo RC-090-2022-STEC (Anexo 3).

#### 5.1.5. Procesamiento de datos

##### 5.1.5.1. Condición corporal de las aves

Para determinar si existían diferencias entre las medidas lineales corporales (longitud de culmen, tarso y cuerda alar) y el peso entre zonas de evaluación se realizó una prueba T para muestras independientes empleando la función «*t.test*» del software R studio (2022). Para usar la prueba T las variables deben seguir algunas condiciones, como presentar distribuciones normales y homogeneidad de varianzas. Para comprobar ello, se realizaron pruebas de Shapiro-Wilk y de Fisher, respectivamente. Para la prueba de Shapiro-Wilk se usó la función «*shapiro.test*», y para la prueba de Fisher la función «*var.test*» del software R studio (2022).

Con las medidas lineales corporales se realizó un análisis multivariado de Análisis de Componentes Principales (PCA, por sus siglas en inglés) para reducir el número de variables correlacionadas a un índice lineal corporal. Este PCA para cada ave se asoció al peso corporal por medio de un análisis de regresión lineal (peso vs PCA; Calvo (2016)). Aquellos individuos con valores superiores a la línea de regresión se categorizaron como en buena condición y aquellos por debajo de la línea como en pobre condición corporal (peso por debajo del valor esperado ajustado a su tamaño). Para el PCA se utilizó la función «*prcomp*» del software R studio (2022), mientras que para la regresión lineal se empleó la función «*lm*».

##### 5.1.5.2. Parámetros sanguíneos

Debido al número de variables a analizar (15 variables entre el perfil hematológico, bioquímica y hormonas sanguíneas) se procedió primero con un análisis de matriz de correlación de Pearson para reducir el número de variables. Esto se hizo primero para cada temporada. Luego, se realizó un análisis estadístico por medio de un Modelo Lineal Generalizado (GLM por sus siglas en inglés) con una familia error Gamma y una función *logit* debido a que la mayoría de los datos no siguieron las condiciones de normalidad y homogeneidad de varianzas. La función que mejor se ajustó a los datos fue seleccionada al simular residuales usando el paquete «DHARMA». El procesamiento y análisis de datos se realizó en el software R versión 3.6.0 (R Core Team 2022). En este modelo, se consideraron dos factores o covariables: mes de muestreo (mayo vs. julio-agosto) e isla (zona afectada isla Grande de Pescadores y zona control isla Chincha Norte) y la interacción entre ambos factores.



### 5.1.5.3. Hidrocarburos aromáticos policíclicos

Previo a aplicar pruebas estadísticas que permitan determinar diferencias entre las zonas de evaluación, se testeó la normalidad (prueba de Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianzas (prueba de Fisher) de los HAPs, para determinar si se usaría una prueba estadística paramétrica o no paramétrica. Debido a que las variables no cumplieron con todos los supuestos necesarios para usar una prueba paramétrica (normalidad y homogeneidad de varianzas), se utilizó la prueba de Mann Whitney, y se consideró un nivel de significancia de 0,05. Para la prueba de Shapiro-Wilk se usó la función «*shapiro.test*», para la prueba de Fisher la función «*var.test*», y para la prueba de Mann Whitney la función «*Wilcox.test*» del software R studio ((R Core Team, 2022). En los análisis se consideraron solo las muestras donde se detectó HAPs.

### 5.1.5.4. Tiempo de captura, toma de muestra, liberación y tiempo hasta la próxima captura

Para describir el proceso de captura se comparó entre zonas de evaluación el promedio del tiempo de captura hasta la liberación, tiempo desde la captura hasta el inicio de toma de muestra, tiempo de toma de muestra hasta la liberación y el tiempo transcurrido entre la liberación de un individuo y la captura del siguiente. Además, se describió el tiempo utilizado para las capturas nocturnas en Isla Chincha. La inclusión de estos Resultados podría servir de referencia y línea de base para otros trabajos similares.

### 5.1.6. Criterios de evaluación

En la evaluación se tomó muestras de sangre de cormorán guanay «*Phalacrocorax bougainvillii*» para análisis de bioquímica sanguínea, perfil hematológico y HAPs, respectivamente; sin embargo, al no existir ninguna norma peruana que establezca valores de estos parámetros en aves, los resultados de los ensayos se compararon entre la zona afectada (Isla Grande del Islote Grupo de Pescadores) y la zona control (Isla Chincha Norte), ambas pertenecientes a la Reserva Nacional Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras).

## 5.2. Determinar las concentraciones de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs), perfil hematológico y bioquímica sanguínea en sangre de adultos de ostrero americano «*Haematopus palliatus*» entre julio y octubre 2022 en las playas El Solitario, Santa Rosa Grande y Carros Grandes (zona afectada por los derrames de petróleo crudo de la refinería La Pampilla) y playa Wakama (zona control)

### 5.2.1. Guías utilizadas para la evaluación

Debido a que no se cuenta con un protocolo o guía estandarizada para la captura de ostreros americanos, se utilizó como guía la metodología utilizada por McGowan y Simons (2005), la cual se detalla en la Tabla 5.5. Asimismo, para la búsqueda de ostreros se utilizó como referencia la Guía de inventario de fauna silvestre del MINAM.

**Tabla 5.5.** Protocolos de muestreo para evaluación de ostrero americano «*Haematopus palliatus*»

Componente ambiental	Nombre	Autores	Sección	Dispositivo Legal	Entidad	País	Tipo de evaluación
Aves	Guía de inventario de fauna silvestre del Ministerio del Ambiente - Aves	-	Capítulo 6	R.M. N. ° 057-2015-MINAM	MINAM	Perú	Búsqueda de nidos



Componente ambiental	Nombre	Autores	Sección	Dispositivo Legal	Entidad	País	Tipo de evaluación
Aves	A method for trapping breeding adult American Oystercatchers*	McGowan, C. y Simons, T.	Volumen 6 Páginas 46-49	<a href="https://doi.org/10.1648/0273-8570-76.1.46">doi.org/10.1648/0273-8570-76.1.46</a>	Journal of Field Ornithology	Estados Unidos	Captura de ostreros
Aves	Manual de Procedimientos Operativos Estandarizados de Campo para Documentar Incidentes de Mortandad de Fauna Silvestre en Agroecosistemas <sup>2</sup>	Uhart, M y M. Zaccagnini	Capítulo 10	-	Comisión Interinstitucional para la Conservación de la Vida Silvestre en Agroecosistemas	Argentina	Toma de muestra de sangre
Aves	Exotic Animal Hematology and Citology. Blood Sample Collection and Preparation in Birds <sup>3</sup>	Campbell, T	Capítulo 9	<a href="https://doi.org/10.1002/9781118993705.ch9">doi.org/10.1002/9781118993705.ch9</a>	John Wiley & Sons, Inc	Estados Unidos	Toma de muestra de sangre
Aves	Guía de estudio del anillador de Norteamérica <sup>4</sup>	North American Banding Council	Todo	-	North American Banding Council	Estados Unidos	Toma de medidas morfológicas

\*: Se tomó como referencia la metodología del artículo científico, puesto que no se cuenta con guías o protocolos estandarizados para el muestreo de ostreros americanos.

### 5.2.1.1. Captura de ostreros americanos

Los ostreros americanos «*Haematopus palliatus*» fueron capturados en sus nidos con la técnica del señuelo (McGowan y Simons, 2005). Para esto, se realizó una búsqueda de nidos activos con huevos de ostrero americano (Figura 5.5a). Una vez identificados, los huevos se midieron (longitud, ancho y peso de los huevos; Figura 5.5b) y se reemplazaron por huevos artificiales de cerámica que tenían las mismas características. Se colocó un maniquí de ostrero americano en el borde del nido a modo de señuelo para atraer a los adultos territoriales, y 4 mallas metálicas de 40 x 90 cm alrededor del nido, las cuales contenían lazos de nylon de apertura de 10 cm, aproximadamente. Estas trampas fueron fijadas al suelo con estacas de metal, las cuales fueron enterradas para evitar su exposición (Figura 5.5). El mecanismo de esta trampa consiste en lo siguiente: el ave ingresa a su nido para expulsar el señuelo, se enreda en los lazos al tratar de ingresar y también al escapar de la trampa, quedando así capturada. Durante este proceso, el equipo evaluador se ubicó a 20-30 m de distancia de la trampa observando por medio de binoculares (Figura 5.5d y e).

Una vez capturado el ostrero, se le desató e inmovilizó, y se volvió a colocar las trampas para la captura de la pareja. Es importante mencionar que este tipo de muestreo (trampas con lazos y señuelos) es ampliamente utilizado en la captura de aves nidificantes, y que durante el proceso ningún ave resultó lastimada.

En la playa Carros Grandes, ubicada en las inmediaciones de la Infantería de Marina, en Ancón, se registró una gaviota dominicana «*Larus dominicanus*» que no podía volar y que se encontraba apartada del resto de aves del lugar. Se procedió a capturarla y tomar



muestras de sangre siguiendo el mismo procedimiento realizado para ostreros americanos y cormoranes guanay.

#### 5.2.1.2. Manipulación de las aves

Una vez capturada el ave, se procedió a la toma de las medidas morfométricas. El ave fue colocada en una bolsa de tela con tiras ajustables para pesarla. Para el pesaje se utilizó una balanza de mano con gancho marca Pesola 1 kg x 10 gramos, la cual se enganchó en tiras ajustables (Figura 5.5f). Luego, se sostuvo al ave de forma segura. Para esto, el investigador a cargo de la sujeción se sentó en un asiento portátil, retiró al ave de la bolsa de tela con mucho cuidado para evitar lastimarla, colocó al ave entre sus piernas, e inició con la toma de medidas morfométricas.

Se tomaron 3 medidas morfométricas: longitud de culmen (mm), desde la punta de la ranfoteca hasta el inicio de la inserción de plumas de la frente (Figura 5.5g); longitud de tarso-metatarso (mm), medida entre las 2 crestas del tarso-metatarso, estando este doblado aproximadamente 45° del eje vertical de la pata y con los dedos flexionados en dirección al cuerpo (Figura 5.5h); y cuerda alar (mm), medida entre la juntura carpal hasta la pluma primaria más larga apoyada sobre la regla y sin extender la pluma (Figura 5.6a). Para medir la longitud del culmen y longitud del tarso se usó un calibre con una precisión de 0,05 mm, y para medir la cuerda alar se usó una wincha metálica de 5 m con una precisión de 1 mm. Todas las medidas fueron registradas en una libreta de campo impermeable.

Luego de la toma de medidas morfométricas, se tomaron las muestras de sangre. Para esto el responsable de la toma de sangre colocó el individuo sobre sus piernas, y sujeto fuertemente al ave para inmovilizarla y tomar las muestras correspondientes.

#### 5.2.1.3. Toma de muestras de sangre

Para la toma de la muestra de sangre se consideró un máximo de muestra correspondiente al 0,5 % del peso vivo del animal o hasta 3 ml de la vena yugular, y en algunos individuos de la vena braquial cuando la vena yugular no se pudo hallar. Estas se colectaron con una aguja de 25 G x 5/8". El área de inserción de la aguja se limpió con un algodón empapado de alcohol al 70 % antes y después de la toma de muestra. Para facilitar la canalización de la vena, en algunos casos, la aguja fue doblada asépticamente en un ángulo cercano a 20° (Figura 5.6b). Posterior a la extracción, se ejerció 1 minuto a 2 minutos de presión en el lugar de la venopunción, usando una pieza de algodón con polvo hemostático (Hemorhexin®) para asegurar la detención del sangrado o la formación de hematomas.

La sangre colectada se transfirió inmediatamente a 2 tubos con heparina (tipo vacutainer con tapa verde, uno para el análisis de perfil hematológico - bioquímica sanguínea, y otro para el análisis de HAPs), los cuales se invirtieron suavemente cerca de 2 minutos para homogenizar la muestra con el anticoagulante, para luego ser mantenidos en refrigeración en campo, usando *coolers* con *icepacks*, a una temperatura entre 2 °C a 8 °C. Cada muestra se rotuló con la identificación del individuo, especie, fecha, hora de colecta y procedencia. Las jeringas y agujas se desecharon en un contenedor de residuos peligrosos biocontaminados y punzocortantes.

A los 2 primeros individuos capturados en julio 2022 y a todos los individuos de la zona control, capturados en octubre 2022, se les colectó sangre solo para análisis de HAPs debido a que no se pudo extraer suficiente cantidad de sangre para análisis de bioquímica sanguínea y perfil hematológico.



#### **5.2.1.4. Marcaje y liberación de las aves**

Para el marcaje y liberación de ostreros se siguió el procedimiento para guanay descrito en el ítem 5.1.5.4 (Figura 5.6c y d).

Una vez concluida la obtención de muestras biológicas y de haber liberado a las aves, se retiró el señuelo, las trampas y se colocaron los huevos en el nido en la posición en que se les encontró inicialmente.

#### **5.2.1.5. Tratamiento de las muestras de sangre en campo**

Para el análisis de perfil hematológico, bioquímica sanguínea y de HAPs de ostreros se siguió el procedimiento para guanay descrito en el ítem 5.1.5.5.

#### **5.2.2. Procesamiento de datos**

Se siguió el procesamiento de datos considerado para cormorán guanay en lo que respecta a condición corporal, parámetros sanguíneos y tiempos de evaluación, descrito en el ítem 5.1.5.

Para el caso de las comparaciones de los valores de HAPs entre zonas de evaluación, debido a que se tenía pocas muestras por zona de evaluación (9 para la zona afectada y 10 para la zona control), se aplicó la prueba no paramétrica de Mann Whitney para determinar diferencias entre zonas. Para ello, se utilizó la función «*Wilcox.test*» del software R studio ((R Core Team, 2022). Las comparaciones se realizaron de manera global (todas las muestras de la zona afectada [playa El Solitario, Santa Rosa Grande y Carros Grandes] vs. la playa Wakama o control).

«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»  
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»  
«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»



**Figura 5.5.** Procedimientos realizados en la evaluación de ostrero americano – 1º parte. a: búsqueda de nidos, b: caracterización de nido de ostrero, c: instalación de trampa señuelo, d: acercamiento de ostrero americano a trampa señuelo, e: captura de ostrero americano, f: peso, g: medición de culmen, h: medición de tarso





**Figura 5.6.** Procedimientos realizados en la evaluación de ostrero americano – 2º parte. a: medición de ala, b: extracción de sangre, c: marcaje con crayón anaranjado, d: liberación de ostrero

### 5.2.3. Ubicación de puntos de muestreo

En la Tabla 5.6 se detallan los nombres y coordenadas de los puntos de muestreo de las muestras colectadas en julio y agosto de 2022.

**Tabla 5.6.** Puntos de muestreo ostrero americano «*Haematopus palliatus*»

Código	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 18 L (Inicio)		Altitud (m s.n.m.)	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 18 L (Final)		Altitud (m s.n.m.)	Fecha de muestreo	Descripción
	Este (m)	Norte (m)		Este (m)	Norte (m)			
<b>Captura de ostreros «<i>Haematopus palliatus</i>»</b>								
PSO-01	261154	8696504	0	-	-	-	26-07-2022, 30-07-2022	Zona de captura de ostreros americanos ubicada en playa El Solitario (PLY0104), a 2 km al SO de la municipalidad de Ancón, distrito Ancón, provincia y departamento Lima.
PSRG-01	262295	8695207	1	-	-	-	28-07-2022	Zona de captura de ostreros americanos ubicada en playa Santa Rosa Grande (PLY0035), a 2,8 km de la



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»

«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

Código	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 18 L (Inicio)		Altitud (m s.n.m.)	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 18 L (Final)		Altitud (m s.n.m.)	Fecha de muestreo	Descripción
	Este (m)	Norte (m)		Este (m)	Norte (m)			
								municipalidad Santa Rosa, distrito Santa Rosa, provincia y departamento Lima.
PCG-01	263658	8701359	37	-	-	-	29-07-2022, 30-07-2022	Zona de captura de ostreros americanos ubicada en la playa Carros Grandes (PLY0022), a 0,6 km al NO del peaje Pasamayo y a 1 km al N de la Infantería de Marina, en la Zona Reservada Ancón, distrito Ancón, provincia y departamento Lima.
PWK-OSAM-N01	359379	8533853	16	-	-	-	16-10-2022	Nido 01 de Ostrero americano ubicado en la playa Wakama, donde se capturó ostrero americano y se tomó muestra de sangre para análisis de HAPs en el individuo PWK-OSAM-010.
PWK-OSAM-N02	359228	8534027	16	-	-	-	16-10-2022	Nido 02 de Ostrero americano ubicado en la playa Wakama, donde se capturó ostrero americano y se tomó muestra de sangre para análisis de HAPs en el individuo PWK-OSAM-011.
PWK-OSAM-N03	359253	8533986	16	-	-	-	16-10-2022	Nido 03 de Ostrero americano ubicado en la playa Wakama, donde se capturó ostrero americano y se tomó muestra de sangre para análisis de HAPs en los individuos PWK-OSAM-012



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»

«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

Código	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 18 L (Inicio)		Altitud (m s.n.m.)	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 18 L (Final)		Altitud (m s.n.m.)	Fecha de muestreo	Descripción
	Este (m)	Norte (m)		Este (m)	Norte (m)			
								y PWK-OSAM-013.
PWK-OSAM-N05	359233	8534097	16	-	-	-	17-10-2022	Nido 05 de Ostrero americano ubicado en la playa Wakama, donde se capturó ostreros americanos y se tomó muestra de sangre para análisis de HAPs en los individuos PWK-OSAM-015 y PWK-OSAM-016.
PWK-OSAM-N06	359196	8534097	16	-	-	-	17-10-2022	Nido 04 de Ostrero americano ubicado en la playa Wakama, donde se capturó ostrero americano y se tomó muestra de sangre para análisis de HAPs en el individuo PWK-OSAM-014
PWK-OSAM-N08	359090	8534184	16	-	-	-	18-10-2022	Nido 06 de Ostrero americano ubicado en la playa Wakama, donde se capturó ostreros americanos y se tomó muestra de sangre para análisis de HAPs en los individuos PWK-OSAM-017 y PWK-OSAM-018.
PWK-OSAM-N09	359166	8534168	16	-	-	-	18-10-2022	Nido 07 de Ostrero americano ubicado en la playa Wakama, donde se capturó ostrero americano y se tomó muestra de sangre para análisis de HAPs en el individuo PWK-OSAM-019.
<b>Búsqueda de nidos de ostreros «<i>Haematopus palliatus</i>»</b>								
RNP-01	363852	8449098	0	363343	8448114	1	05-08-2022	Transecto de búsqueda de nidos de ostreros ubicado en playa



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»

«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

Código	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 18 L (Inicio)		Altitud (m s.n.m.)	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 18 L (Final)		Altitud (m s.n.m.)	Fecha de muestreo	Descripción
	Este (m)	Norte (m)		Este (m)	Norte (m)			
								Playón, a 3,5 km al SO de las Salinas Otumba y 3,4 km al SO de la laguna Supay, en la Reserva Nacional de Paracas, distrito Paracas, provincia Pisco, departamento Ica.
RNP-02	361736	8458424	15	362261	8457790	15	06-08-2022	Transecto de búsqueda de nidos de ostreros ubicado en playa Supay, a 7,4 km al NO de las Salinas Otumba y 6,7 km al NO de la laguna Supay, en la Reserva Nacional de Paracas, distrito Paracas, provincia Pisco, departamento Ica.
RNP-03	361485	8462019	19	-	-	-	06-08-2022	Ubicado en playa Yumaque, a 3,3 km al E del puesto de control de Lagunillas y a 8,5 km al SO de la ciudad de Paracas, en la Reserva Nacional de Paracas, distrito Paracas, provincia Pisco, departamento Ica.
WKM-01	360620	8532674	5	359003	8534147	6	06-08-2022	Transecto de búsqueda de nidos de ostreros ubicado en playa Wakama, a la altura del km 171 de la carretera Panamericana Sur, a 1,2 km al S de la planta de licuefacción de gas Perú-LNG Melchorita, distrito San Vicente de Cañete, provincia Cañete, departamento Lima.

**5.2.4. Parámetros y métodos de análisis**

Los parámetros evaluados en ostreros americanos «*Haematopus palliatus*» se muestran en la Tabla 5.7.

**Tabla 5.7.** Parámetros evaluados en ostrero americano «*Haematopus palliatus*»

Parámetros		Playas El Solitario, Santa Rosa Grande y Carros Grandes (Zona Afectada)	Playa Wakama (Zona no afectada)	Total	Responsable
		N.º de individuos	N.º de individuos		
Peso (g)		8	10	18	OEFA
Medidas morfométricas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Longitud de tarso (mm)</li> <li>• Longitud de culmen (mm)</li> <li>• Longitud de cuerda alar (mm)</li> </ul>	8	10	18	OEFA
Bioquímica sanguínea	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Creatininfosfoquinasa (U/L)</li> <li>• Fósforo sérico (mg/dL)</li> <li>• Aspartato aminotransferasa (U/L)</li> <li>• Proteínas totales (g/dL)</li> <li>• Albúmina (g/dL)</li> <li>• Globulina (g/dL)</li> <li>• Ferritina (ng/ml)</li> </ul>	7	0	7	Suprovet Laboratorio S.A.C
Hormonas sanguíneas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TSH (ng/ml)</li> </ul>	7	0	7	Suprovet Laboratorio S.A.C
Perfil hematológico – serie blanca	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Leucocitos (N/uL)</li> <li>• Heterófilos (%)</li> <li>• Linfocitos (%)</li> <li>• Monocitos (%)</li> <li>• Eosinófilos (%)</li> <li>• Basófilos (%)</li> <li>• Azurófilos (%)</li> <li>• Conteo de heterófilos (N/uL)</li> <li>• Conteo de linfocitos (N/uL)</li> <li>• Conteo de monocitos (N/uL)</li> <li>• Conteo de eosinófilos (N/uL)</li> <li>• Conteo de basófilos (N/uL)</li> <li>• Conteo de azurófilos (N/uL)</li> </ul>	6	0	6	Suprovet Laboratorio S.A.C
Perfil hematológico – serie roja	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eritrocitos (N/uL)</li> <li>• Hemoglobina (g/dL)</li> <li>• Hematocrito (%)</li> <li>• Volumen corpuscular medio (fL)</li> <li>• Concentración HB corpuscular media (g/dL)</li> <li>• Plaquetas (N/uL)</li> <li>• Corpúsculos de Heinz (Presencia)</li> <li>• Recuento de reticulocitos (%)</li> </ul>	6	0	6	Suprovet Laboratorio S.A.C
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acenafteno (ng/g)</li> <li>• Acenaftileno (ng/g)</li> <li>• Antraceno (ng/g)</li> <li>• Benzo (a) antraceno (ng/g)</li> <li>• Benzo (a) pireno (ng/g)</li> <li>• Benzo (g, h, i) perileno (ng/g)</li> <li>• Benzo (i) fluoranteno (ng/g)</li> <li>• Criseno (ng/g)</li> <li>• Dibenzo (a, h) antraceno (ng/g)</li> <li>• Fenantreno (ng/g)</li> <li>• Fluoranteno (ng/g)</li> <li>• Fluoreno (ng/g)</li> <li>• Indeno (1, 2, 3-cd) pireno (ng/g)</li> <li>• Naftaleno (ng/g)</li> <li>• Pireno (ng/g)</li> </ul>	9	10	19	ES4I – Environmental Services for Industries S.A.C.



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»

«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

Durante la evaluación de ostreros americanos se capturó una gaviota dominicana «*Larus dominicanus*», a la cual también se le tomó muestras de sangre para análisis de bioquímica sanguínea, perfil hematológico y HAPs. Los parámetros evaluados en la gaviota dominicana se muestran en la Tabla 5.8.

**Tabla 5.8.** Parámetros evaluados en gaviota dominicana «*Larus dominicanus*»

Parámetros		Zona Afectada (Playa Carros Grandes)	Responsable
		N.º de individuos	
Peso (g)		1	OEFA
Medidas morfométricas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Longitud de tarso (mm)</li> <li>• Longitud de culmen (mm)</li> <li>• Longitud de cuerda alar (mm)</li> </ul>	1	OEFA
Bioquímica sanguínea	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Creatininfosfoquinasa (U/L)</li> <li>• Fósforo sérico (mg/dL)</li> <li>• Aspartato aminotransferasa (U/L)</li> <li>• Proteínas totales (g/dL)</li> <li>• Albúmina (g/dL)</li> <li>• Globulina (g/dL)</li> <li>• Ferritina (ng/ml)</li> </ul>	1	Suprovet Laboratorio S.A.C
Hormonas sanguíneas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TSH (ng/ml)</li> </ul>	1	Suprovet Laboratorio S.A.C
Perfil hematológico – serie blanca	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Leucocitos (N/uL)</li> <li>• Heterófilos (%)</li> <li>• Linfocitos (%)</li> <li>• Monocitos (%)</li> <li>• Eosinófilos (%)</li> <li>• Basófilos (%)</li> <li>• Azurófilos (%)</li> <li>• Conteo de heterófilos (N/uL)</li> <li>• Conteo de linfocitos (N/uL)</li> <li>• Conteo de monocitos (N/uL)</li> <li>• Conteo de eosinófilos (N/uL)</li> <li>• Conteo de basófilos (N/uL)</li> <li>• Conteo de azurófilos (N/uL)</li> </ul>	1	Suprovet Laboratorio S.A.C
Perfil hematológico – serie roja	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eritrocitos (N/uL)</li> <li>• Hemoglobina (g/dL)</li> <li>• Hematocrito (%)</li> <li>• Volumen corpuscular medio (fL)</li> <li>• Concentración HB corpuscular media (g/dL)</li> <li>• Plaquetas (N/uL)</li> <li>• Corpúsculos de Heinz (Presencia)</li> <li>• Recuento de reticulocitos (%)</li> </ul>	1	Suprovet Laboratorio S.A.C
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acenafteno (ng/g)</li> <li>• Acenaftileno (ng/g)</li> <li>• Antraceno (ng/g)</li> <li>• Benzo (a) antraceno (ng/g)</li> <li>• Benzo (a) pireno (ng/g)</li> <li>• Benzo (g, h, i) perileno (ng/g)</li> <li>• Benzo (i) fluoranteno (ng/g)</li> <li>• Criseno (ng/g)</li> <li>• Dibenzo (a, h) antraceno (ng/g)</li> <li>• Fenantreno (ng/g)</li> <li>• Fluoranteno (ng/g)</li> <li>• Fluoreno (ng/g)</li> <li>• Indeno (1, 2, 3-cd) pireno (ng/g)</li> <li>• Naftaleno (ng/g)</li> <li>• Pireno (ng/g)</li> </ul>	1	ES4I – Environmental Services for Industries S.A.C.

Los métodos de análisis de las pruebas bioquímicas, perfil hematológico y HAPs se muestran en la Tabla 5.9.

**Tabla 5.9.** Método de análisis de bioquímica sanguínea y concentración de HAPs

Parámetros		Método
Bioquímica sanguínea	Creatininfosfoquinasa (CPK TOTAL)	Cinético NAC-Activada <sup>1</sup>
	Fósforo sérico	Molibdato UV <sup>1</sup>
	Aspartato aminotransferasa (AST/TGO)	Enzimático UV según IFF <sup>1</sup>
	Proteínas totales	Colorimétrico <sup>1</sup>
	Albumina	Colorimétrico <sup>1</sup>
	Globulina	Cálculo <sup>1</sup>
	Ferritina	Quimioluminiscencia <sup>1</sup>
Perfil hematológico y TSH		Manual <sup>1</sup>
HAPs		EPA método 8270 E <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Informes de ensayo - Laboratorio Suprovet S.A.C. Anexo 4 (RR-052-2022-STEC)

<sup>2</sup>Informes de ensayo – Laboratorio Environmental Services for Industries ES4I. Anexo 4 (RR-066-2022-STEC y RR-071-2022-STEC)

### 5.2.5. Equipamiento utilizado

Los equipos y materiales utilizados se detallan en los reportes de campo RC-089-2022-STEC y RC-111-2022-STEC (Anexo 3).

### 5.2.6. Criterios de evaluación

Se siguieron los criterios de evaluación considerados para cormorán guanay, descritos en el ítem 5.1.6.

## 5.3. Determinar los movimientos en el mar y áreas de alimentación de los cormoranes guanayes reproductivos «*Phalacrocorax bougainvillii*» de la Isla Grande del Islote Grupo de Pescadores entre agosto y noviembre 2022 para enmarcar los resultados de concentraciones de HAPs, perfil hematológico y bioquímica sanguínea dentro un área marina de uso frecuente por las aves

A 2 cormoranes guanayes reproductivos (en estado de crianza de pichones) se les colocó transmisores GPS: Ave 192757-091 y 192758-092 para registrar sus movimientos del 1 agosto al 30 noviembre 2022.

### 5.3.1. Guías utilizadas para la evaluación

Debido a que no se cuenta con un protocolo o guía estandarizada para la captura de cormorán guanay «*Phalacrocorax bougainvillii*», se utilizó como guía la metodología utilizada por Weimerskirch *et al.* (2012), la cual se detalla en la Tabla 5.10.

**Tabla 5.10.** Guías y protocolos de muestreo

Componentes ambientales	Nombre	Autores	Sección	Dispositivo Legal	Entidad	País
Aves	Foraging in Guanay cormorant and Peruvian booby, the major guano-producing seabirds in the Humboldt Current System*	Weimerskirch, H., Bertrand, S., Silva, J., Bost, C. y Peraltilla, S	Volumen 458 Páginas 231–245	<a href="https://doi.org/10.3354/meps09752">https://doi: 10.3354/meps09752</a>	Marine Ecology Progress Series	Alemania

(\*): Se tomó como referencia la metodología precisada en el artículo científico referenciado, ya que no se cuenta con guías o protocolos estandarizados para la captura de guanay.

### 5.3.1.1. Transmisores usados en la evaluación

El transmisor Ornitrack-30 es un aparato híbrido que cuenta con un registrador de datos (*logger*) que guarda la información de latitud/longitud y profundidad de buceo en una memoria interna. Estos datos son transmitidos inalámbricamente todos los días a receptores de antena celular local y luego enviados al usuario, quien las recibe en una computadora por medio de una plataforma de descarga de datos. Asimismo, estos aparatos están diseñados para ser usados por meses y/o años en una misma ave, por lo que cuenta con un panel solar en la parte superior para la recarga de su batería interna. El Ornitrack-30 mide 7,1 cm de largo, 3,9 cm de ancho y 2,4 cm de altura y pesa 44 g incluyendo todos sus accesorios (Figura 5.7). Este peso del transmisor es menor al 5 % del peso corporal de un guanay (birdnet.org<sup>17</sup>; Barron *et al.* 2010). El transmisor es de larga duración, y es por esa razón que es necesario colocárselo en un arnés de cinta de teflón resistente. Los arneses son métodos alternativos para uso de dataloggers y transmisores en las aves que son instrumentadas por largos periodos de tiempo (Mallory *et al.* 2018; Thaxter *et al.* 2015). Para este estudio se usó un arnés que pesa menos de 5 g y se colocó en el pecho y espalda, de tal forma que el transmisor pueda localizarse en la parte superior del ave. El material de arnés es de cinta de teflón muy delgada, resistente e hipoalergénica. En algunos estudios con el uso de estos arneses, el ave ha podido portar el aparato hasta 2,5 años, pero por lo general dura menos de 1 año. Los transmisores fueron usados como parte del estudio colaborativo entre Cormorant Oceanography Project de Oregon State University (<https://www.osudashcams.com/locations--species.html>) y el Dr. Carlos Zavalaga.

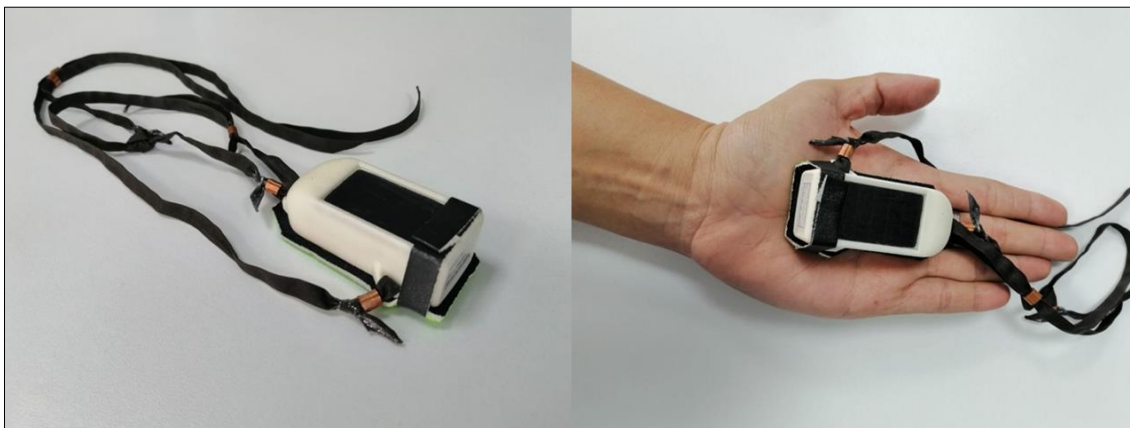


Figura 5.7. Ornitracks-30 con arnés de teflón usados en la evaluación de cormoranes guanay

### 5.3.1.2. Captura de cormoranes guanay

Para la captura de los cormoranes guanay se siguió los procedimientos descritos en el ítem 5.1.1.1, empleados en la captura de guanay para toma de muestras de sangre.

Se capturaron 2 cormoranes guanay el 1 de agosto de 2022 entre las 12:00 h y 13:30 h. Para evitar el aumento de estrés por el tiempo de manipulación, estas aves fueron seleccionadas de un grupo diferente al utilizado para la toma de muestras de sangre.

17

[birdnet.org/info-for-ornithologists/guidelines-to-the-use-of-wild-birds-in-research/guia/](https://birdnet.org/info-for-ornithologists/guidelines-to-the-use-of-wild-birds-in-research/guia/)





### 5.3.1.3. Manipulación de las aves e instalación de transmisores

Una vez capturada el ave, el equipo procedió a la toma de medidas morfométricas y peso, para lo cual, se siguieron los procedimientos descritos en el ítem 5.1.1.25.1.1.2.

Luego de la toma de medidas morfométricas se procedió con la instalación de los transmisores. Para esto, un miembro del equipo colocó al guanay en posición dorsoventral sobre una base de plástico de 40 x 50 cm que se encontraba apoyada sobre sus piernas, ejerciendo una ligera presión para inmovilizarla y evitar posibles accidentes, como cortes con el pico o rasguños con las uñas, mientras que otro miembro del equipo realizaba la instalación del transmisor.

El transmisor, que portaba una cinta de teflón en forma de asa, fue introducido por la cabeza del guanay y se le colocó en el dorso en medio de las alas (Figura 5.8a), luego las cintas de teflón adicionales se pasaron por encima y debajo de la articulación de las alas (entre el húmero y la escápula) (Figura 5.8b) y se condujeron hacia la parte ventral del ave, donde se introdujeron en conectores tipo cuña, se realizaron amarres simples, y se revisó que el arnés no estuviera ajustado (Figura 5.8c y d). Luego, se ajustó los conectores utilizando un alicate y se cortó las cintas de teflón sobrantes en bisel utilizando tijeras (Figura 5.8e y f). Para evitar que las cintas se deslicen durante los acicalamientos o desplazamientos de las aves, se utilizó pegamento en las uniones de los conectores y las cintas, y para evitar que el pegamento se adhiriera a las plumas de las aves se utilizaron láminas de cartulina de 10 x 8 cm, las cuales actuaron como barrera (Figura 5.8g).

El tiempo de manipulación desde la captura hasta la liberación de las aves duró 30 minutos, aproximadamente. Es importante mencionar que la metodología empleada es ampliamente utilizada en aves marinas, y que durante el proceso ningún ave resultó lastimada.

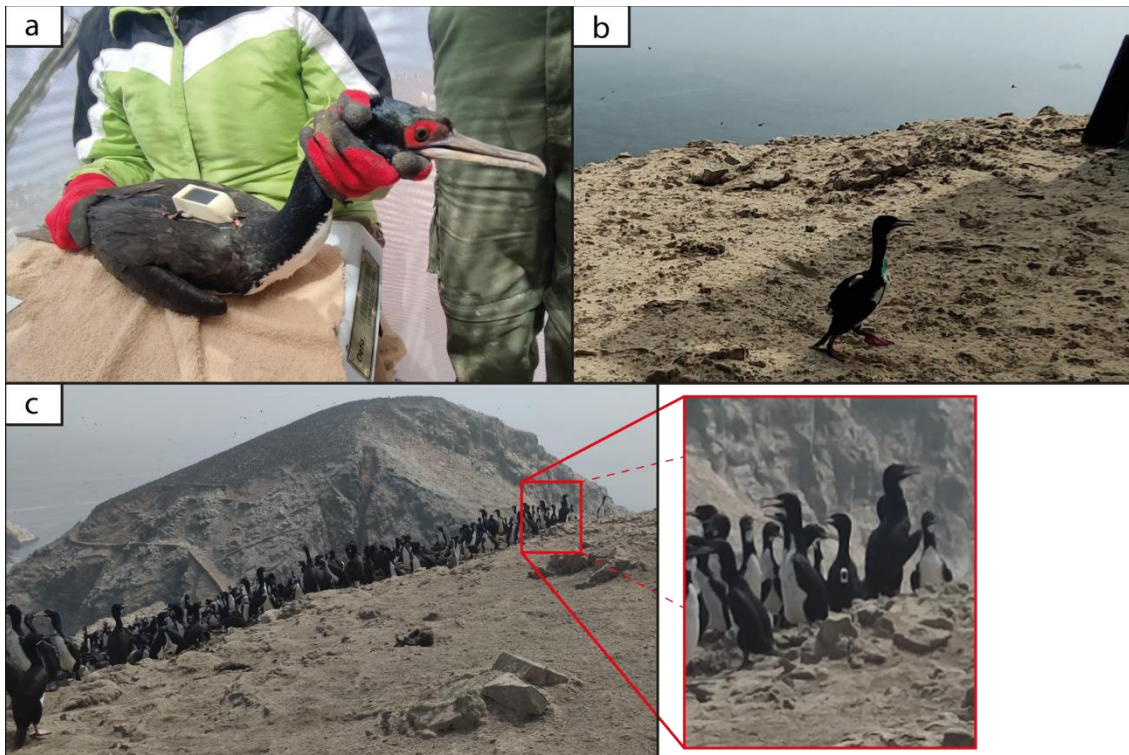
«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»  
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»  
«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»



**Figura 5.8.** Procedimientos realizados en la instalación de transmisores en cormorán guanay. a: instalación de transmisor, b: amarrado de cintas, c: ajuste de cintas, d: revisión de presión de cintas ajustadas, e: aseguramiento de conectores con alicate, f: corte de cintas sobrantes, g: uso de pegamento para evitar deslizamiento de cintas, h: marcaje de ave con crayón verde.

#### 5.3.1.4. Marcaje y liberación de las aves

Una vez colocado el transmisor, y previo a liberar a las aves, se marcaron las plumas del pecho con crayones de cera para identificarlas y evitar recapturarlas (Figura 5.8h). Las aves fueron liberadas en el mismo lugar en el que fueron capturadas (Figura 5.9a y b). Cabe señalar que, el Ornitrack-30 permanecerá en el ave hasta que el arnés se caiga, lo cual usualmente ocurre entre 6 y 12 meses. En la Figura 5.9c se puede observar al cormorán guanay de código IGP-COGU-091 en medio de la colonia.



**Figura 5.9.** a: vista final de cormorán guanay con transmisor instalado, b: liberación de cormorán guanay (nótese la parte anterior del ave marcada con crayón verde y portando el transmisor instalado en la parte posterior), c: cormorán guanay portando transmisor observado en colonia de Isla Grande, Islote Grupo de Pescadores

#### 5.3.2. Ubicación de puntos de muestreo

En la Tabla 5.11 se detalla el código y coordenadas del punto de muestreo.

**Tabla 5.11.** Punto de muestreo

N.º	Código	Coordenadas UTM WGS-84 Zona 18 L		Descripción
		Este (m)	Norte (m)	
1	IGP-01	253093	8697294	Isla conocida por los pescadores locales como Isla Grande. Forma parte del Islote Grupo de Pescadores y de la Reserva Nacional Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras (RNSIIPG), afectada por el derrame de petróleo crudo de la Refinería La Pampilla. Se ubica en el distrito Ancón, provincia y departamento Lima.

#### 5.3.3. Parámetros y métodos de análisis

En la Tabla 5.12 se detallan los parámetros a evaluar.

**Tabla 5.12. Parámetros a evaluar**

Parámetros	Aves	Responsable
Movimientos y áreas de alimentación de cormoranes guanay	2 individuos	OEFA y SERNANP

#### 5.3.4. Equipamiento utilizado

Los equipos y materiales utilizados se detallan en el reporte de campo RC-090-2022-STEC (Anexo 3).

#### 5.3.5. Procesamiento de datos

Se evaluaron los movimientos en el mar y áreas de alimentación de los guanayes entre mayo y noviembre 2022 para enmarcar los resultados del estado de salud dentro de un área marina de uso frecuente por las aves. Los datos del GPS (posiciones geográficas de Latitud y Longitud) fueron extraídos para cada ave durante todo el periodo de estudio en Archivos csv y cargados en el software ArcGIS Pro. Los datos fueron proyectados en el Sistema de Coordenadas UTM (Zona 18S) antes de ser procesados. Primero se procedió a eliminar todos los puntos o coordenadas de localización del ave dentro de la isla, para lo cual se creó un buffer circular de 500 m de radio. Todos los puntos dentro del buffer fueron eliminados. Con los puntos restantes se generaron polígonos convexos mínimos para determinar la zona de uso total marino. Posteriormente se crearon poli-líneas uniendo puntos consecutivos para crear los tracks o rutas de movimientos. Finalmente, se obtuvieron polígonos de distribución de uso (UD) al 95, 50 y 25% mediante el análisis fijo de densidad de Kernel. Se empleó el paquete *adehabitatHR* (Calenge, 2006) del software R versión 3.6.1 para generar los polígonos de la densidad de kernel en archivo shapefiles (.shp) y poder elaborar los mapas correspondientes.

#### 5.3.6. Criterios de evaluación

##### 5.3.6.1. Análisis de trayectorias y áreas de alimentación

Los datos de trayectorias obtenidos del GPS serán visualizados en ArcGis10.3 (ESRI, 2014) en coordenadas UTM. Se empleará el software estadístico R versión 3.6.1 y el paquete «*geosphere*» para obtener la máxima distancia de forrajeo, distancia recorrida y duración de los viajes de alimentación. Para el uso de los datos de GPS se debe tener en cuenta que un viaje de alimentación se considera desde el primer punto del viaje en el que el ave se encuentra sobre el mar hasta el primer punto en tierra que registra al llegar a su nido.

#### 5.4. Comparar las tendencias poblacionales de cormoranes guanayes «*Phalacrocorax bougainvillii*» y piqueros peruanos «*Sula variegata*» de la Isla Grande, Pescadores e Isla Chincha Norte, y ostreros americanos «*Haematopus palliatus*» de la Zona Reservada Ancón y Reserva Nacional de Paracas antes, durante y después de los derrames de petróleo de la refinera La Pampilla

Para la comparación de las tendencias poblacionales se utilizó información secundaria proporcionada por Agro Rural y SERNANP. La metodología empleada por Agro Rural y SERNANP para el conteo de aves marinas y costeras, respectivamente, se presenta en la Tabla 5.13. La metodología empleada por Agro Rural fue propuesta por Jordan (1963) y Tovar *et al.* (1987), la cual se detalla en el ítem 5.4.1.1.



### 5.4.1. Guías utilizadas para la evaluación

**Tabla 5.13.** Guías y protocolos de muestreo

Componentes ambientales	Nombre	Autores	Sección	Dispositivo legal	Entidad	País
Aves	Resultados de los censos gráficos de las aves guaneras efectuados en noviembre de 1960 y enero de 1962 <sup>1</sup>	Jordan, R	Volumen 12 Páginas: 1-31	-	IREMAR (Instituto de Investigación de los Recursos Marinos)	Perú
	Monthly population size of three guano bird species of Peru, 1953 to 1982 in: The Peruvian anchoveta and its upwelling ecosystem: three decades of change <sup>2</sup>	Tovar, H., Guillen, V. y M. Nakama	Páginas: 208-218	-	ICLARM, IMARPE, GTZ	Perú
	Lineamientos para el monitoreo de la biodiversidad en Áreas Naturales Protegidas <sup>3</sup>	SERNANP	Todo	R.P. N. ° 156-2011-SERNANP	SERNANP	Perú
	Protocolos para el Monitoreo de los Indicadores de Diversidad Biológica en la Reserva Nacional de Paracas <sup>4</sup>	SERNANP	Todo	Protocolo Interno	SERNANP	Perú

<sup>1,2</sup>No hay un protocolo oficial publicado por Agro Rural, por lo que, se citan las guías utilizadas como referencia para los censos de aves.

<sup>3,4</sup>La información de las metodologías empleadas por el Sernanp fue proporcionada por el guardaparque oficial del Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas: C. Segovia (comunicación personal, 11 de octubre de 2022).

(-): no aplica.

#### 5.4.1.1. Información secundaria de cormorán guanay «*Phalacrocorax bougainvillii*» y piquero peruano «*Sula variegata*»

La información secundaria del número de guanayes y piqueros fue obtenida de la base de datos de Agro Rural, respecto al conteo de aves guaneras, incluyendo a los guanayes y piqueros. La base de datos proporcionada por Agro Rural, y que se utilizó en este informe, incluye datos mensuales desde enero 2012 hasta junio 2022, es decir, incluyen el mes de los derrames (conteo 1 febrero 2022) y los 4 meses subsiguientes (marzo, abril, mayo y junio 2022).

Los guanayes y piqueros son aves marinas gregarias, es decir, se agrupan en grandes números (hasta ciento de miles) en una misma colonia, formando grupos homogéneos. Debido a esto, no es posible realizar un conteo directo de las aves con ayuda de binoculares o telescopios desde tierra. Por esta razón, los conteos se realizan mediante el método planimétrico (Jordan, 1963). Este método consiste en que el censador se ubica en la parte alta de la isla o en alguna ubicación que permita una buena visualización de la colonia. Una vez identificada la forma y tamaño de la colonia de aves, esta se dibuja en un mapa a escala de la isla o punta guanera. Luego se estima el área de la colonia dibujada usando una mica transparente y papel milimetrado. El área en mm<sup>2</sup> se transforma a m<sup>2</sup> mediante el uso de un factor de corrección que guarda relación directa con el área de la isla y punta. Por último, el área en m<sup>2</sup> se multiplica por la densidad de las aves, previamente establecida. Para el caso de piqueros, se incluye además aquellos individuos que ocupan los acantilados. En este último caso, se usa conteos directos porque los individuos están mucho más espaciados que en terreno plano.

Para el análisis de datos de las aves guaneras se consideró la sumatoria de aves reproductivas y no reproductivas por cada conteo mensual para ambas especies.



#### 5.4.1.2. Información secundaria de ostrero americano «*Haematopus palliatus*»

La información secundaria del número de ostreros americanos se obtuvo de la base de datos del SERNANP sobre los censos mensuales de la Zona Reservada Ancón, desde julio de 2020 hasta mayo de 2022<sup>18</sup>; así como de los censos mensuales de la Reserva Nacional de Paracas, desde enero de 2017 hasta mayo de 2022<sup>19</sup>.

Los ostreros americanos son aves que viven en la zona intermareal, se alimentan de invertebrados, principalmente bivalvos que son los más propensos a acumular toxinas (Carlson-Bremer, 2010). Necesitan hábitats con menor perturbación para la cría, muestran fidelidad al área de alimentación y reproducción, anidan en grupos pequeños en playas arenosas continentales (Woods, 2014; American Oystercatcher Working Group *et al.*, 2012). Debido al uso de hábitat intermareal y sus hábitos alimenticios, los ostreros americanos son excelentes bioindicadores de contaminantes en la zona intermareal.

#### 5.4.2. Ubicación de puntos de muestreo

La información secundaria consultada corresponde a la Isla Grande del Islote Grupo de Pescadores, la Zona Reservada Ancón y la Reserva Nacional de Paracas. Los detalles se muestran en la Tabla 5.14.

**Tabla 5.14.** Zonas de evaluación

N.º	Zonas evaluadas	Coordenadas UTM WGS 84 Zona 18 L		Descripción
		Este (m)	Norte (m)	
1	Isla Grande – RNSIIPG Grupo Pescadores	253093	8697294	Isla conocida por los pescadores locales como Isla Grande. Forma parte del Islote Grupo de Pescadores y de la Reserva Nacional Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras (RNSIIPG), afectada por el derrame de petróleo crudo de la Refinería La Pampilla. Se ubica en el distrito Ancón, provincia y departamento Lima.
2	Zona Reservada Ancón	263551	8700929	Zona reservada marino-costera ubicada en el distrito Ancón, provincia y departamento Lima y administrada por el Sernanp.
3	Reserva Nacional de Paracas	363343	8448114	Zona control, no afectada por el derrame de hidrocarburos, (coordenada referencial). Se ubica en el distrito Paracas y Salas, provincias Pisco e Ica y departamento Ica.

#### 5.4.3. Parámetros y métodos de análisis

En la Tabla 5.15 se detallan los parámetros a evaluar.

**Tabla 5.15.** Parámetros a evaluar

Parámetros	Aves	Entidad responsable del muestreo	Entidad responsable de la sistematización y análisis de datos
Tendencia poblacional	Cormorán guanay « <i>Phalacrocorax bougainvillii</i> »	Agro Rural <sup>1</sup>	OEFA
	Piquero peruano « <i>Sula variegata</i> »		

<sup>18</sup> Oficio N.º 191-2022-SERNANP-ZRA-J. Zona Reservada Ancón (ZRA), entre los años 2020-2022.

<sup>19</sup> Oficio N.º 417-2022-SERNANP-RNP-J. Reserva Nacional de Paracas (RNP), entre los años 2017-2022.



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»  
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»  
«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

Parámetros	Aves	Entidad responsable del muestreo	Entidad responsable de la sistematización y análisis de datos
	Ostrero americano « <i>Haematopus palliatus</i> »	SERNANP-ZRA <sup>2</sup>	
		SERNANP-RNP <sup>3</sup>	

<sup>1</sup>Informe N.º 1035-2022-MIDAGRI-DVDAFIR-AGRO-RURAL-DE-UCVAG/SUECA.

<sup>2</sup>Oficio N.º 191-2022-SERNANP-ZRA-J. Zona Reservada Ancón (ZRA).

<sup>3</sup>Oficio N.º 417-2022-SERNANP-RNP-J. Reserva Nacional de Paracas (RNP).

#### 5.4.4. Procesamiento de datos

El análisis estadístico para los datos de los conteos mensuales de aves marinas y costeras se realizó empleando modelos aditivos generalizados (GAM, por sus siglas en inglés). Este modelo GAM emplea un suavizador *spline* (s) y un enlace en función a la distribución de los datos. Se realizó un análisis exploratorio y, en base a dicho análisis, se determinó que los datos, tanto de guanays como de piqueros, presentaron una distribución poisson. El análisis GAM considera un valor de significancia  $p < 0,05$  y una devianza explicada expresada en porcentaje. Todos los análisis se realizaron en el software estadístico R versión 4.0.3 y se emplearon los paquetes ggplot2 (Wickham, 2016), lubridate (Grolemund y Wickham, 2011), dplyr (Wickham, 2022), mgcv (Woods, 2017), nlme (Pinheiro y Bales, 2022).



## 6. RESULTADOS

### 6.1. Concentraciones de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs), perfil hematológico y bioquímica sanguínea en sangre de adultos de cormorán guanay «*Phalacrocorax bougainvillii*», en mayo y julio-agosto 2022 en la Isla Grande del Islote Grupo de Pescadores (zona afectada por los derrames de petróleo crudo de la refinería La Pampilla) y una zona control (Isla Chincha Norte)

Los resultados para el presente objetivo se analizaron en base a la temporalidad de los muestreos: un primer análisis del muestreo realizado en mayo 2022, y un segundo análisis del muestreo realizado en julio-agosto 2022.

#### 6.1.1. Primer muestreo: mayo 2022

En el primer muestreo, llevado a cabo en mayo 2022, se capturaron 60 cormoranes guanay adultos «*Phalacrocorax bougainvillii*», 30 en Isla Grande (Pescadores) y 30 en Isla Chincha Norte (control). En base al comportamiento de las aves en el momento de la captura (agrupación gregaria en grandes colonias), su condición dentro del ciclo anual (algunos en parejas o sobre nidos incipientes) y características externas del color y condición del plumaje (presencia de penacho o cresta, así como el color iridiscente de las plumas de la espalda), las aves capturadas fueron adultas en estado pre-reproductivo.

##### 6.1.1.1. Peso y medidas morfométricas

Es importante resaltar que para el peso corporal y las medidas morfométricas no se realizó una distinción entre sexos debido a que esta especie no presenta dimorfismo sexual, sino que los valores mostrados corresponden a un conjunto de medidas de aves capturadas al azar, en donde posiblemente se encuentren machos y hembras en proporción desconocida.

Debido a que las variables presentaron distribuciones normales y homogeneidad de varianzas, se utilizó a la prueba T como prueba para determinar diferencias. No se observaron diferencias significativas entre las medidas morfométricas lineales (Tabla 6.1,





«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»  
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»  
«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

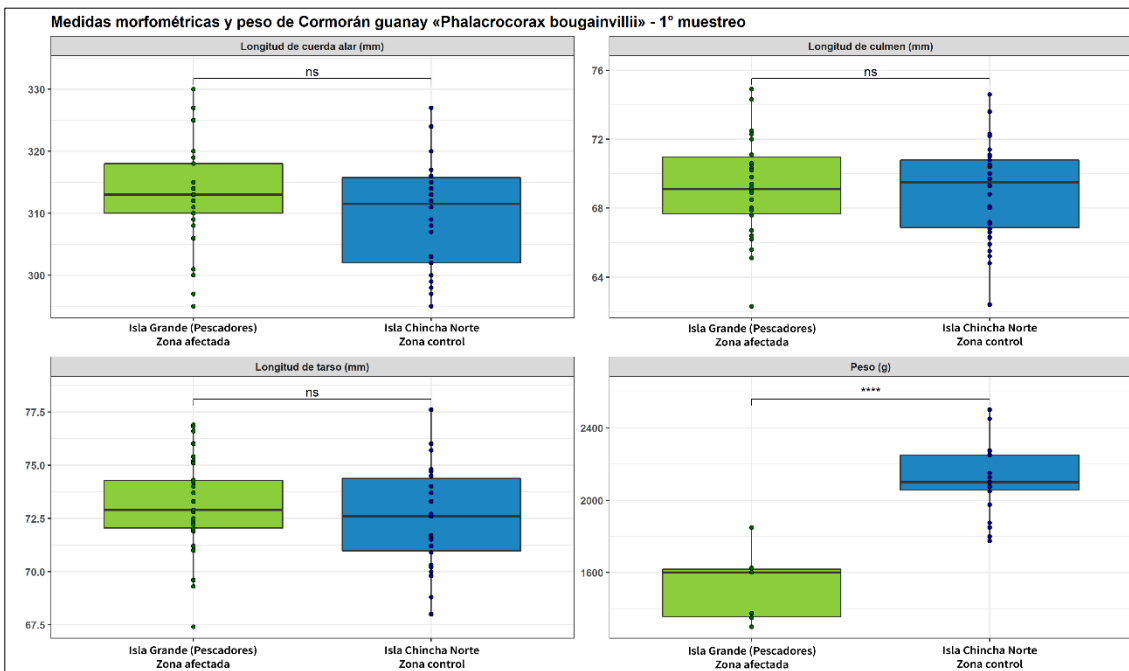


Figura 6.1). Si se observaron diferencias significativas en el peso de las aves entre zonas evaluadas (Tabla 6.1,

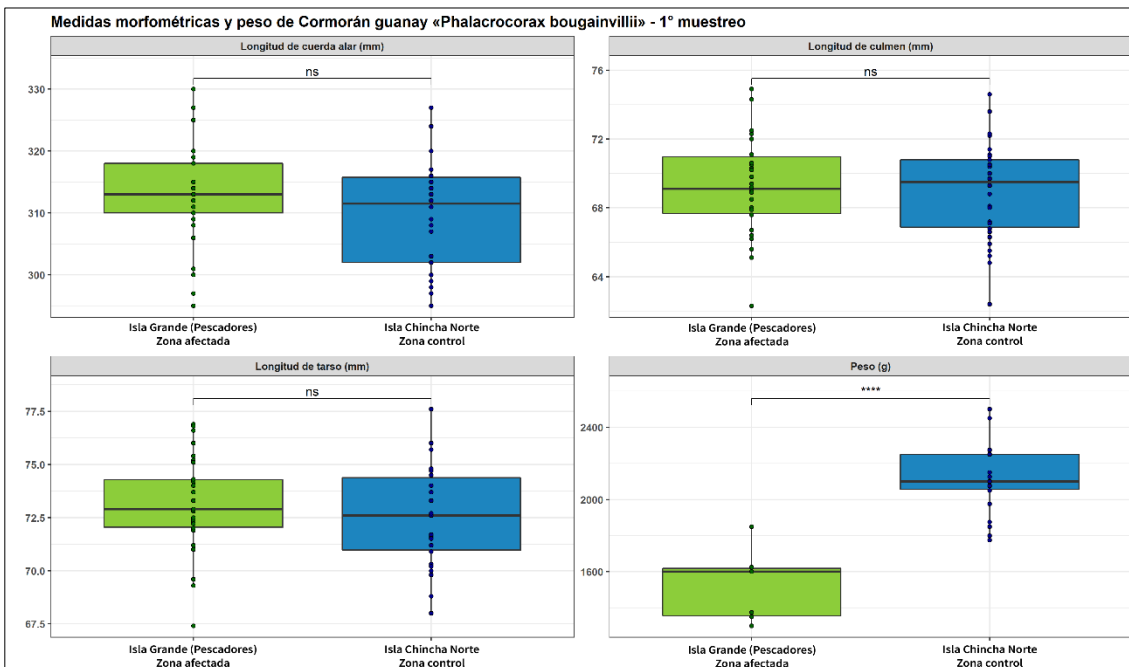


Figura 6.1), sin embargo, debido a la diferencia en la precisión de las balanzas utilizadas, estas diferencias deben interpretarse con cautela.

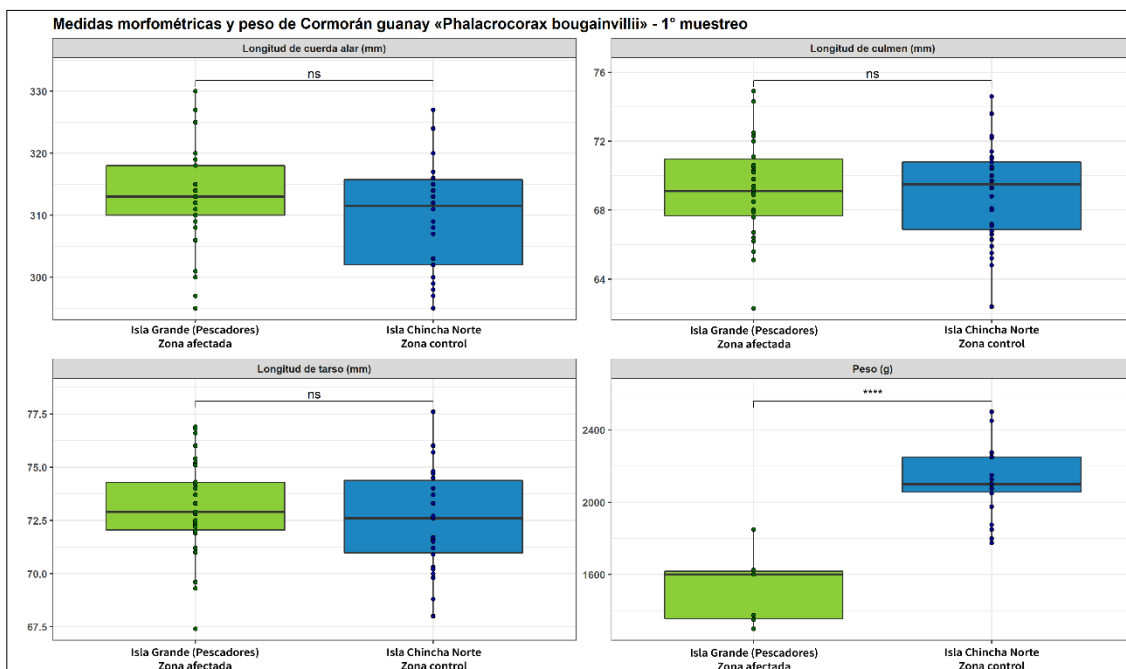
Tabla 6.1. Comparación de las medidas morfométricas de cormoranes guanay adultos en Isla Grande, Pescadores (n = 30 aves) e isla Chíncha Norte (n = 30 aves) - Primer muestreo, mayo 2022



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»  
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»  
«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

Variables	Isla Grande, Pescadores (Zona afectada)	Isla Chincha Norte (Zona control)	Prueba T	p
Peso (g)	1553,3 ± 167,7	2117,5 ± 180,4	-12,5	0,0001
Culmen (mm)	69,2 ± 2,9	68,9 ± 2,8	0,31	0,75
Tarso-metatarso (mm)	73,2 ± 2,2	72,6 ± 2,3	1,02	0,31
Cuerda alar (mm)	313,1 ± 8,1	309,7 ± 8,6	1,58	0,12

Los resultados se muestran como media ± desviación estándar ( $\bar{X} \pm s$ ), t = prueba T, p = valor de p.



**Figura 6.1.** Comparación de los pesos y medidas morfométricas de cormoranes guanay adultos «*Phalacrocorax bougainvillii*» de Isla Chincha Norte e Isla Grande (Pescadores) - ayo 2022  
Nota: \*\*\*\*: p≤0,0001, ns: p>0,05 (no significativo).

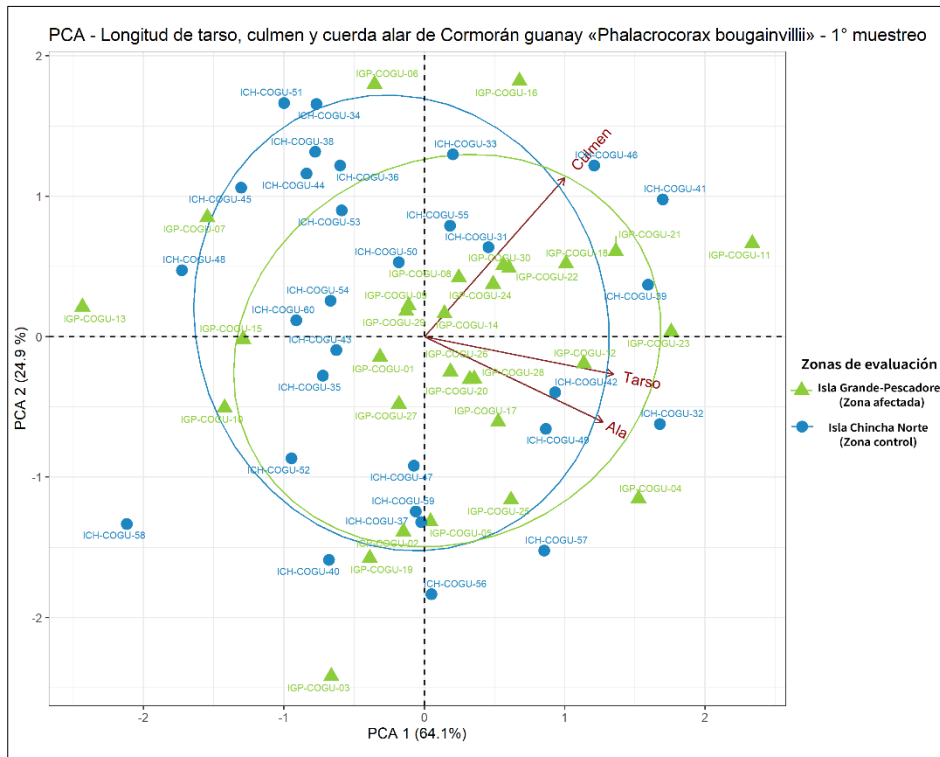
### 6.1.1.2. Índice de condición corporal (ICC)

El índice de condición corporal permite estandarizar los valores de peso corporal de las aves en relación a su tamaño, de tal forma que permita realizar comparaciones entre zonas de evaluación. Para reducir el número de variables correlacionadas a un índice lineal corporal, se elaboró un Análisis de Componentes Principales (PCA), el cual puede



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»  
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»  
«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

observarse en la

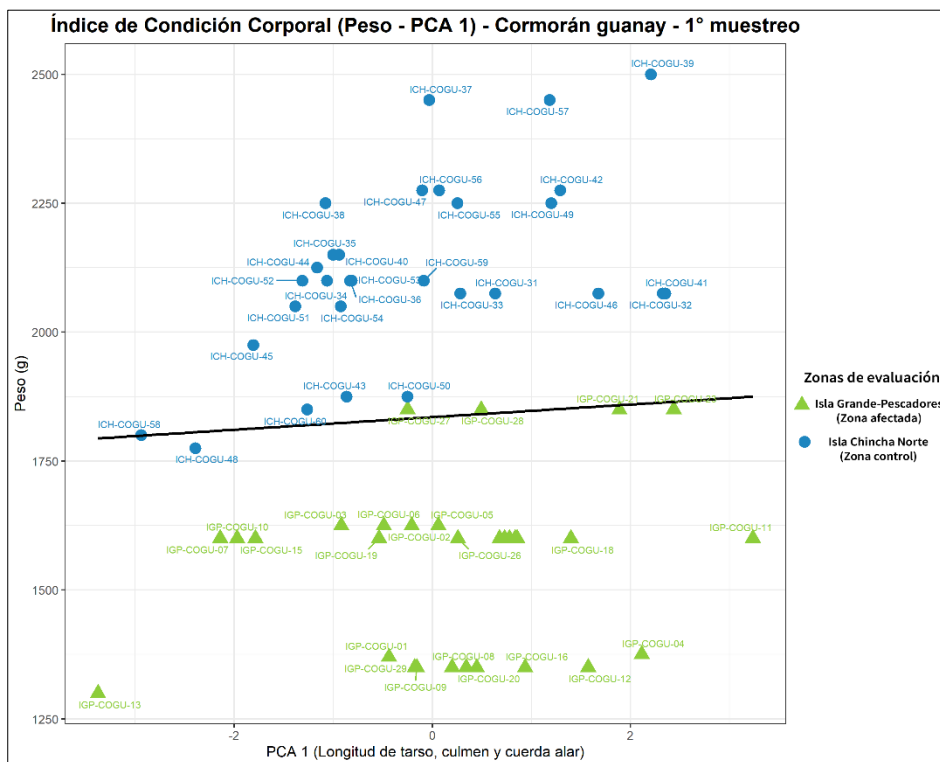


**Figura 6.2.**Figura 6.2., donde el primer componente explica el 64,1 % de la variación de los datos.

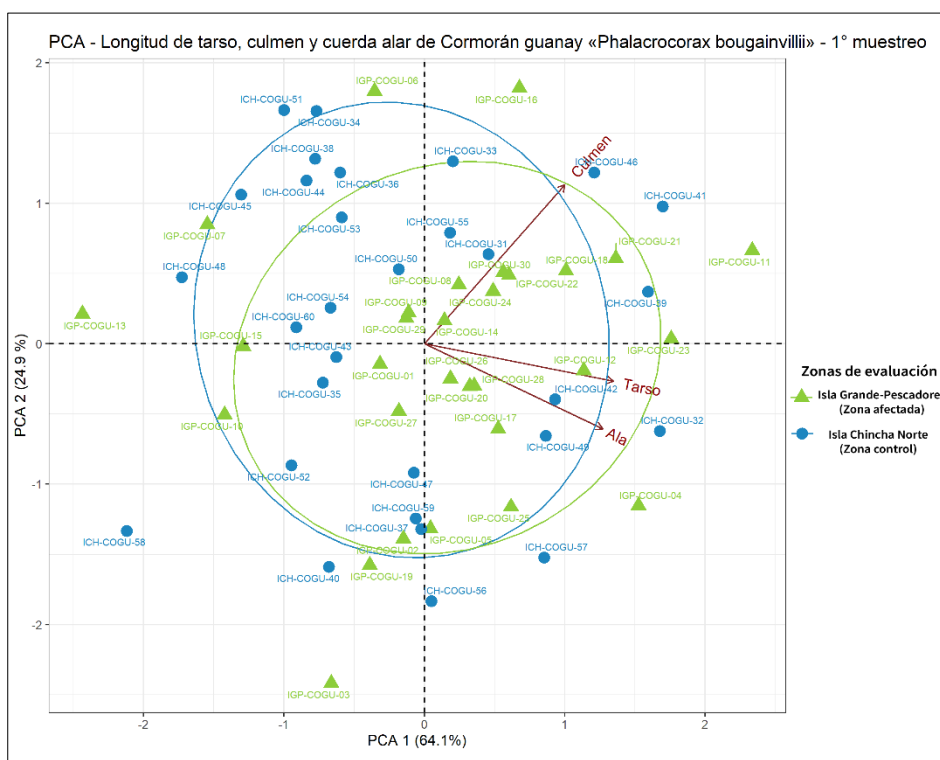
El PCA 1 correspondiente a cada ave se asoció al peso corporal por medio de un análisis de regresión lineal (peso vs PCA 1), el cual se muestra en la Figura 6.3



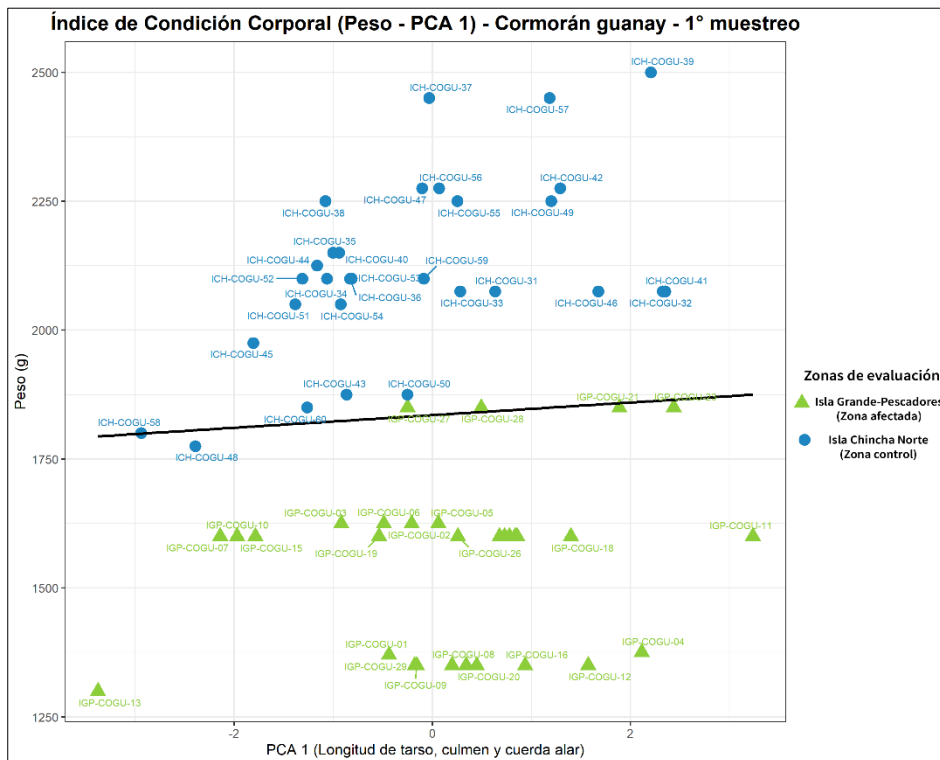
«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»  
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»  
«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»



**Figura 6.3.** En esta figura se puede observar que casi la totalidad de individuos de la Isla Chincha Norte (zona control) estuvieron por encima del valor esperado; mientras que, para los individuos de la Isla Grande Pescadores (zona afectada) ocurre lo contrario. Nuevamente, estos resultados deben interpretarse con cautela debido a que los dos grupos de aves fueron pesadas con balanzas con diferente precisión.



**Figura 6.2.** Análisis de componentes principales (PCA) de las medidas morfométricas de cormoranes guanay «*Phalacrocorax bougainvillii*» de Isla Chincha Norte e Isla Grande (Pescadores) - mayo 2022



**Figura 6.3.** Índice de Condición Corporal (ICC) del peso y PCA 1 de cormoranes guanay «*Phalacrocorax bougainvillii*» de Isla Chincha Norte e Isla Grande (Pescadores) - mayo 2022

### 6.1.1.3. Perfil hematológico y bioquímica sanguínea

Se colectaron muestras de sangre de cormorán guanay «*P. bougainvillii*» para bioquímica sanguínea y perfil hematológico a 26 individuos adultos en formación de nidos en la Isla Grande, Pescadores (zona afectada) y 30 individuos de la misma condición en la Isla Chincha Norte (control). El número de muestras por tipo de análisis y por zona de evaluación se detalla en las Tabla 6.2 y Tabla 6.3.

Las muestras donde se identificaron microcoágulos no se procesaron para análisis de perfil hematológico; además, en las muestras donde hubo algún nivel de hemólisis no se procesó los análisis de CPK ni fósforo sérico.

La matriz de correlación de Pearson para todas las variables analizadas indicó una alta asociación entre pares de variables tales como CPK-AST, proteínas totales-globulinas, leucocitos-linfocitos totales, entre otros (Figura 6.4). Esto implica que existe mucha redundancia en los datos y pruebas analizadas.

Los resultados de tendencia central en bioquímica sanguínea se resumen en la Tabla 6.2, y los de perfil hematológico en la Tabla 6.3.



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»
«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

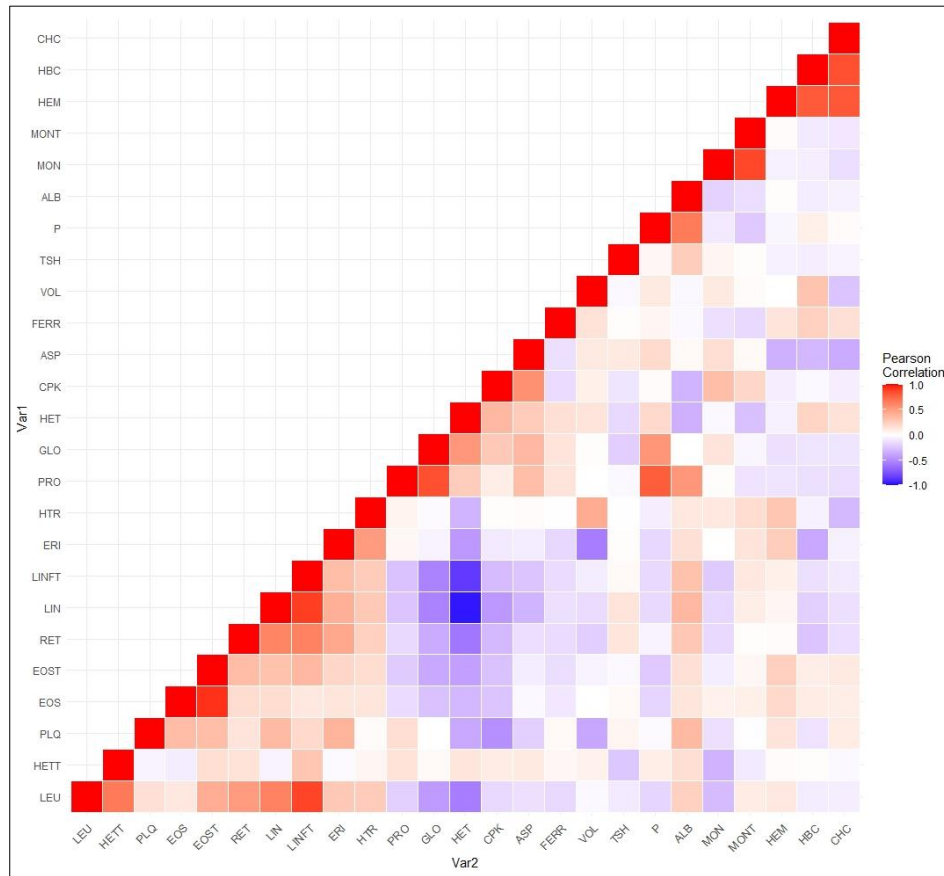


Figura 6.4. Matriz de Correlación de Pearson de las variables de bioquímica sanguínea y perfil hematológico de cormoranes guanayes adultos muestreados en la Isla Grande (Pescadores) e Isla Chincha Norte en mayo 2022

CPK=Creatininfosfoquinasa, P=Fósforo sérico, AST=Aspartato Aminotransferasa, PRO=Proteínas totales, ALB= Albúmina, GLO=Globulina, FERR=Ferritina, LEU=leucocitos, HET= % Heterófilos, LIN=% Linfocitos, MON=% Monocitos, EOS=% Eosinófilos, HETT=Heterófilos totales, LINFT=Linfocitos totales, MONT=Monocitos totales, EOST=Eosinófilos totales, ERI=Eritrocitos, HEM=Hematocrito, HFR=Hemoglobina, VOL=Volumen corpuscular medio, HBC=Hemoglobina corpuscular media, CHC=Concentración de HB corpuscular media, PLQ=Plaquetas, RET=Reticulocitos, TSH=Hormona estimulante de la tiroides.

Tabla 6.2. Bioquímica sanguínea y análisis hormonal en comorán guanay «Phalacrocorax bougainvillii» de la Isla Chincha Norte e Isla Grande (Pescadores) - Primer muestreo, mayo 2022

Table with 10 columns: Prueba analítica, Unidad, n, Me, X-bar, s, n, Me, X-bar, s. It is divided into 'Bioquímica sanguínea' and 'Hormonas sanguíneas' sections.

n: número de muestras, Me: mediana, X-bar: media, s: desviación estándar. Fuente: Anexo 4 (REAS-076-2022-STEC: Informes de ensayo).

**Tabla 6.3.** Perfil hematológico en cormorán guanay «*Phalacrocorax bougainvillii*» de la Isla Chincha Norte e Isla Grande (Pescadores) - Primer muestreo, mayo 2022

Prueba analítica	Unidad	Isla Grande, Pescadores (Zona afectada)				Isla Chincha Norte Zona control			
		n	M <sub>e</sub>	$\bar{X}$	s	n	M <sub>e</sub>	$\bar{X}$	s
Análisis de serie blanca									
Leucocitos	N/ $\mu$ l	24	9350	9396,7	2431,1	25	5720	6341,2	1446,2
Heterófilos	%	24	58	58,8	6,8	25	80	77,2	7,6
Linfocitos	%	24	34,5	35,3	7,1	25	16	17,3	6,4
Monocitos	%	24	3,5	3,3	2	25	3	4	3,4
Eosinófilos	%	24	2	2,5	1,6	25	1	1,4	1,2
Basófilos	%	24	0	0	0	25	0	0	0
Azurófilos	%	24	0	0	0	25	0	0	0
Heterófilos	N/ $\mu$ l	24	5545	5500,4	1406,1	25	4820	5063,2	1153,7
Linfocitos	N/ $\mu$ l	24	3220	3371,3	1313,5	25	910	1128	582,9
Monocitos	N/ $\mu$ l	24	250	302,5	207,7	25	210	247,2	217,2
Eosinófilos	N/ $\mu$ l	24	165	222,5	147	25	60	91,2	99,8
Basófilos	N/ $\mu$ l	24	0	0	0	25	0	0	0
Azurófilos	N/ $\mu$ l	24	0	0	0	25	0	0	0
Análisis de serie roja									
Eritrocitos	N/ $\mu$ l	24	2245000	2280416,7	192138,5	25	2160000	2148800	164248,8
Hemoglobina	g/dl	24	17	17,2	2,7	25	16	16,4	2,1
Hematocrito	%	24	48	47,4	3,6	25	48	47,3	4,1
Volumen Corpuscular Medio	fL	24	210,9	209,1	20,9	25	218,4	220,4	14,1
Hb. Corpuscular Media	pg	24	73,9	75,8	11,7	25	73,9	76,5	11,1
Conc. Hb. Corpuscular Media	g/dl	24	34	36,5	6,5	25	33,3	34,8	5,5
Recuento de Reticulocitos	%	24	6,2	6,5	2,2	25	4,1	4	0,8
Análisis de serie plaquetaria									
Plaquetas	N/ $\mu$ l	24	40500	40625	14076,8	25	21000	23800	10420,3

n: número de muestras, M<sub>e</sub>: mediana,  $\bar{X}$ : media, s: desviación estándar.

Fuente: Anexo 4 (REAS-076-2022-STEC: Informes de ensayo)

#### 6.1.1.4. Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)

De las 60 muestras de plasma de cormorán guanay analizadas (30 en Isla Grande, zona afectada y 30 en Isla Chincha, zona control), en ninguna de ellas se detectó hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs). El límite de cuantificación del método de ensayo del laboratorio utilizado fue 5 ng/g (Anexo 4: RR-053-2022-STEC).

#### 6.1.1.5. Tiempos de captura, toma de muestra, liberación e intervalo hasta la próxima captura

- **Tiempos de captura diurna:**

Solo se observaron diferencias en los tiempos de liberación de 1 individuo y la captura del siguiente individuo entre zonas de evaluación (Tabla 6.4, Figura 6.5).



- **Tiempos de captura nocturna:**

El tiempo promedio usado en las capturas nocturnas (tiempo desde la liberación de un individuo hasta la captura del siguiente) fue de 9 minutos (Tabla 6.4, Figura 6.5). El tiempo promedio desde la captura hasta la liberación, y desde la captura hasta la toma de muestra fue mayor al registrado para las capturas diurnas en ambas zonas de evaluación.

El tiempo promedio desde la toma de muestras hasta la liberación fue similar al registrado en las capturas diurnas en ambas zonas de evaluación (Figura 6.5).





«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»  
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»  
«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

**Tabla 6.4.** Tiempo de captura y toma de muestras sanguínea hasta tiempo de liberación, y tiempos entre capturas de cormorán guanay «*Phalacrocorax bougainvillii*» de la Isla Grande (Islote Grupo de Pescadores) e Isla Chincha Norte - Primer muestreo, mayo 2022

Tiempos	Unidad	Captura diurna								W	p	Captura nocturna			
		Isla Grande (Pescadores) Zona Afectada				Isla Chincha Norte Zona control						Isla Chincha Norte Zona control			
		n	Me	$\bar{X}$	s	n	Me	$\bar{X}$	s			N	Me	$\bar{X}$	s
Desde la captura hasta la liberación	min	30	11,50	11,53	3,67	16	9,50	10,50	3,52	287,5	0,28	14	31,50	32,21	13,89
Desde la captura a la toma de muestra de sangre	min	30	5,0	5,8	2,55	16	4,000	5,062	1,95	314,5	0,08	14	28,50	28,21	13,71
Desde la toma de muestra de sangre hasta liberación	min	30	5,5	5,73	2,94	16	4,500	5,438	3,74	271	0,48	14	3	4	3,19
Desde la liberación hasta la captura del próximo individuo	min	30	3	5,11	6,33	16	11	18,86	18,15	76	0,001	14	9	9	-

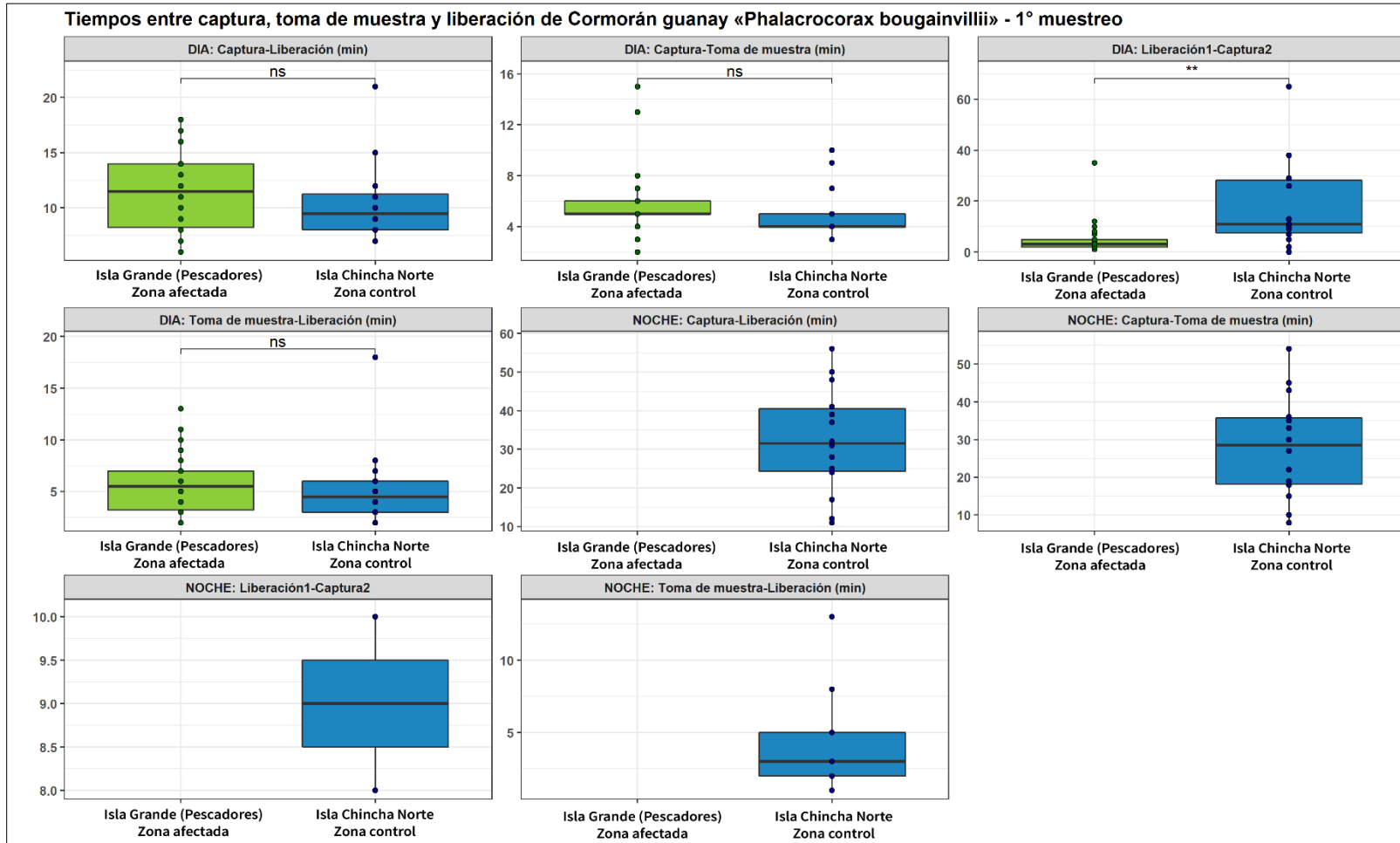
n: número de muestras, Me: mediana,  $\bar{X}$ : media, s: desviación estándar, W: prueba de Mann Whitney, p: valor de p.



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»

«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»



**Figura 6.5.** Comparación de la distribución de los tiempos empleados para la evaluación de cormoranes guanay «*Phalacrocorax bougainvillii*» de Isla Grande (Pescadores) e Isla Chincha Norte - mayo 2022

Nota: \*\*:  $p \leq 0,01$ , ns:  $p > 0,05$  (no significativo).



### 6.1.2. Segundo muestreo: julio-agosto 2022

En el segundo muestreo, llevado a cabo del 31 de julio al 4 de agosto 2022 se capturaron 60 cormoranes guanay adultos «*Phalacrocorax bougainvillii*», 30 en Isla Grande (Pescadores) y 30 en Isla Chincha Norte (control).

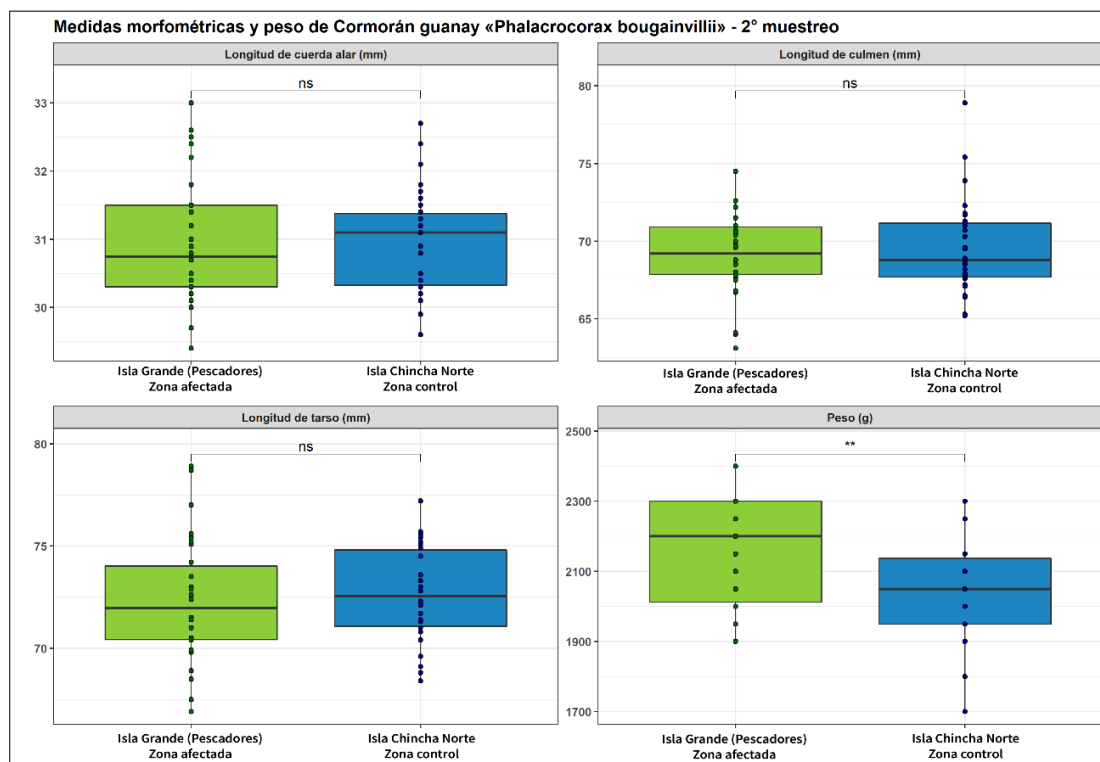
#### 6.1.2.1. Peso y medidas morfométricas

Así como en el primer muestreo, en el segundo muestreo tampoco se realizó distinción entre sexos para el peso corporal y las medidas morfométricas debido a que esta especie no presenta dimorfismo sexual, sino que los valores mostrados corresponden a un conjunto de medidas de aves capturadas al azar, en donde posiblemente se encuentren machos y hembras en proporción desconocida. No se observaron diferencias significativas entre las medidas morfométricas lineales (Tabla 6.5, Figura 6.6); sin embargo, sí se observaron diferencias significativas en el peso de las aves entre zonas evaluadas (Tabla 6.5, Figura 6.6).

**Tabla 6.5.** Medidas morfométricas de cormoranes guanay adultos en Isla Grande Pescadores (n = 30 aves) e Isla Chincha Norte (n = 30 aves) - Segundo muestreo, julio-agosto 2022

Variables	Isla Grande, Pescadores (Zona afectada)	Isla Chincha Norte (Zona control)	Prueba T	p
Peso (g)	2161,7 ± 149,5	2026,7 ± 147,2	3,52	0,0008
Culmen (mm)	69,2 ± 2,6	69,5 ± 3	-0,47	0,63
Tarso-metatarso (mm)	72,3 ± 3,1	72,6 ± 2,3	-0,48	0,63
Cuerda alar (mm)	31 ± 0,9	31 ± 0,8	-0,03	0,9

Los resultados se muestran como media ± desviación estándar (□ ± s), t = prueba T, p = valor de p.



**Figura 6.6.** Comparación de los pesos y medidas morfométricas de cormoranes guanay adultos «*Phalacrocorax bougainvillii*» de Isla Grande (Pescadores) e Isla Chincha Norte - Julio-agosto 2022

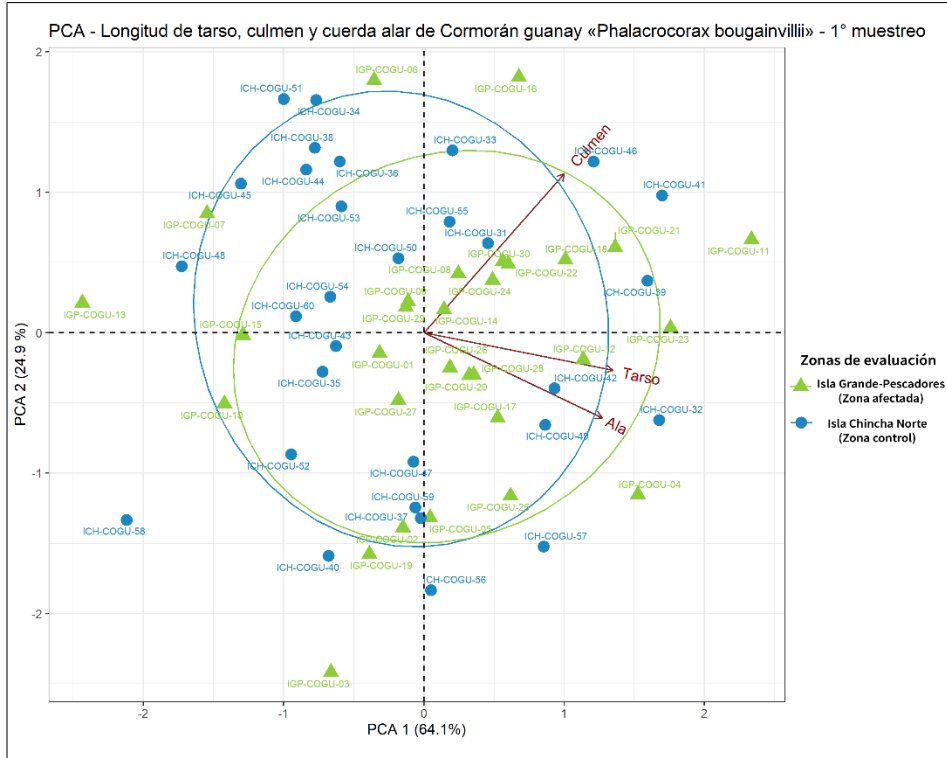
Nota: \*\*: p≤0,01, ns: p>0,05 (no significativo).



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»  
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»  
«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

### 6.1.2.2. Índice de condición corporal (ICC)

El Análisis de Componentes Principales (ACP) del segundo muestreo puede observarse



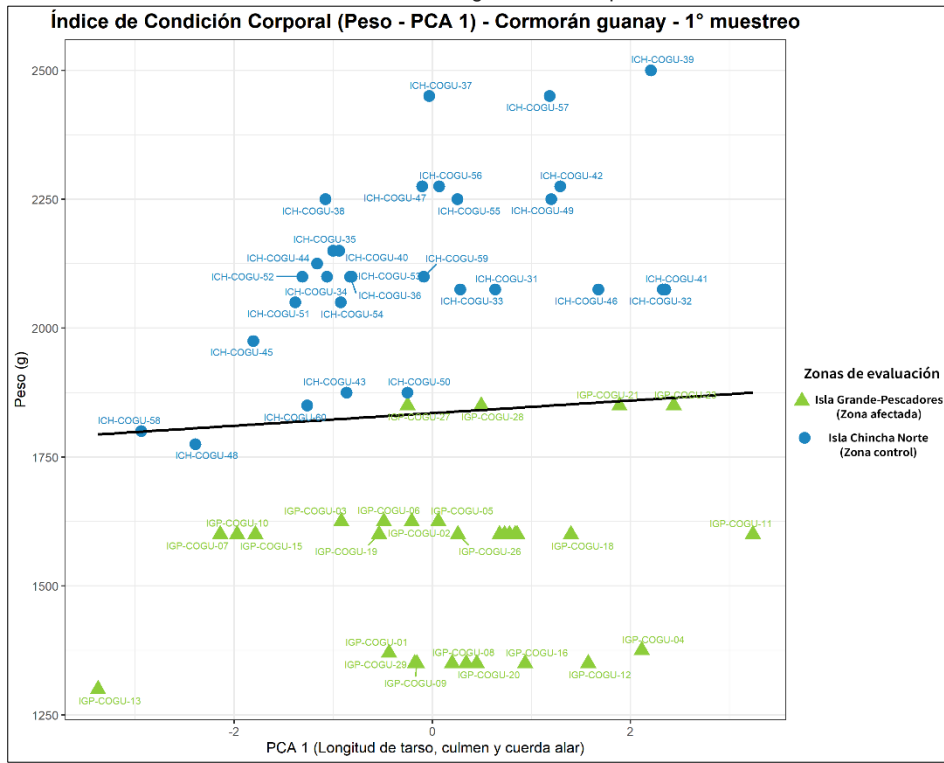
en la

Figura 6.2.Figura 6.7, donde el primer componente explica el 69,6 % de la variación de los datos.

El PCA 1 correspondiente a cada ave se asoció al peso corporal por medio de un análisis de regresión lineal (peso vs PCA 1), el cual se muestra en la Figura 6.8



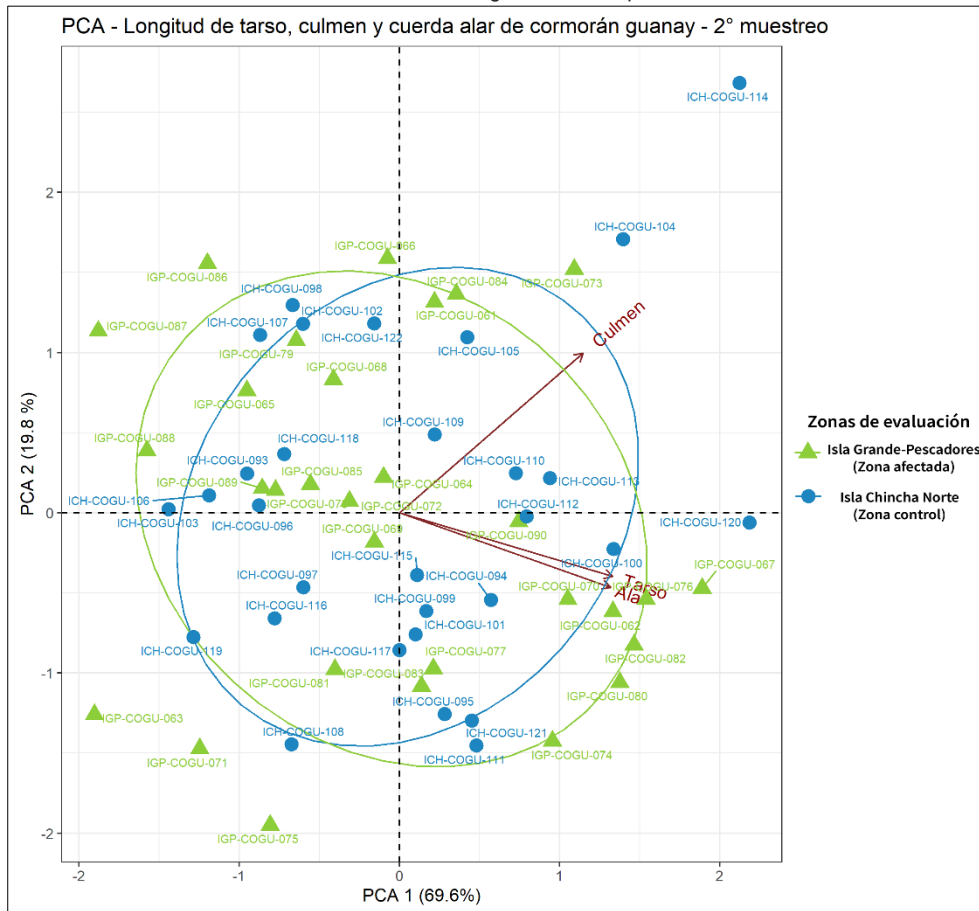
«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»  
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»  
«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»



**Figura 6.3.** En esta figura se puede observar que 19 de los 30 cormoranes guanay evaluados en Isla Grande (Pescadores) y 10 de los 30 cormoranes guanay evaluados en Isla Chincha Norte (control) se encuentran por encima de la línea de regresión.



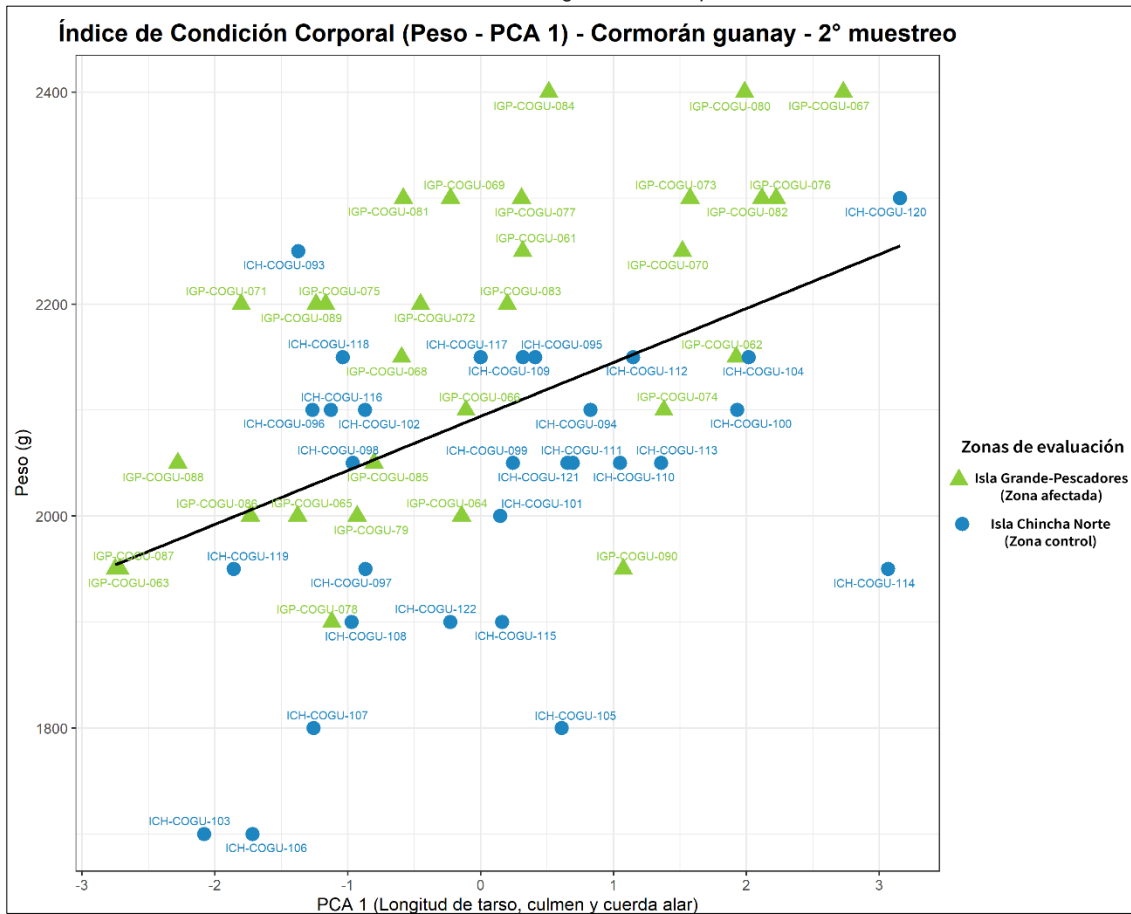
«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»  
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»  
«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»



**Figura 6.7.** Análisis de componentes principales (PCA) de las medidas morfométricas de cormoranes guanay «*Phalacrocorax bougainvillii*» de Isla Chincha Norte e Isla Grande (Pescadores) - julio-agosto 2022



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»  
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»  
«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»



**Figura 6.8.** Índice de Condición Corporal (ICC) del peso y PCA 1 de cormoranes guanay «*Phalacrocorax bougainvillii*» de Isla Chincha Norte e Isla Grande (Pescadores) - julio-agosto 2022

### 6.1.2.3. Perfil hematológico y bioquímica sanguínea

Se tomaron muestras de sangre a 30 individuos adultos de cormorán guanay «*P. bougainvillii*» en Isla Grande Pescadores (zona afectada) y a 30 individuos adultos en Isla Chincha Norte (control) para análisis de bioquímica sanguínea y perfil hematológico. En el caso del perfil hematológico, no se pudo realizar estos análisis a todas las muestras debido a que algunas de ellas presentaron coágulos. El número de muestras por tipo de análisis y por zona de evaluación se detalla en las Tabla 6.6 y Tabla 6.7.

La matriz de correlación de Pearson para todas las variables analizadas indicó una alta asociación entre pares de variables tales como heterófilos-linfocitos, hemoglobina-concentración Hb corpuscular media, leucocitos-heterófilos totales y las proteínas totales-globulinas, entre otros (Figura 6.9). Esto implica que están relacionadas e interactúan entre sí de algún modo.

Los resultados de tendencia central y estadísticas en bioquímica sanguínea se resumen en la Tabla 6.6, y los de perfil hematológico en la Tabla 6.7.

El detalle de los resultados del modelo lineal generalizado, que engloba ambos muestreos (mayo y julio) e islas evaluadas (Isla Grande y Chincha Norte), así como los valores de los factores usados se presenta en la



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»

«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

### Consolidado de bioquímica sanguínea y perfil hematológico (serie blanca y roja) del primer y segundo muestreo (mayo y julio-agosto 2022)

Los resultados de la bioquímica sanguínea y perfil hematológico de los cormoranes guanay no es concluyente. Para la mayoría de los parámetros evaluados existen diferencias significativas entre islas y meses de muestreo, pero también existen diferencias entre las interacciones entre ambos factores, lo que demuestra que los valores promedio pueden ser mayores en una isla para un mes de muestreo, pero menor para el siguiente muestreo. Por ejemplo, el valor de la enzima creatininfosfoquinasa (CPK) fue en promedio mayor en la Isla Chincha Norte que en la Isla Grande (Pescadores), pero solo en mayo 2022; en julio-agosto 2022 se observó un patrón inverso (Tabla 6.8, Figura 6.10). Lo mismo ocurrió con otros parámetros sanguíneos como concentración de globulina, densidad de leucocitos, % heterófilos, % y densidad de linfocitos y densidad de plaquetas (Tabla 6.8, Figura 6.11 Figura 6.12).

De todos los resultados, los más claros de interpretar son el % de eosinófilos, el volumen corpuscular medio y el recuento de reticulocitos (%), donde los valores promedios más altos se encontraron en la Isla Grande (Pescadores) para el porcentaje de eosinófilos y el recuento de reticulocitos, mientras que el volumen corpuscular medio fue más bajo.

Finalmente, en la evaluación de corpúsculos de Heinz, estos se encontraron presentes en 3 muestras en la Isla Grande (Pescadores) y en 4 muestras de la Isla Chincha Norte en el primer muestreo y 1 muestra de la Isla Grande (Pescadores) en el segundo muestreo.





«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»
«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

Tabla 6.8.

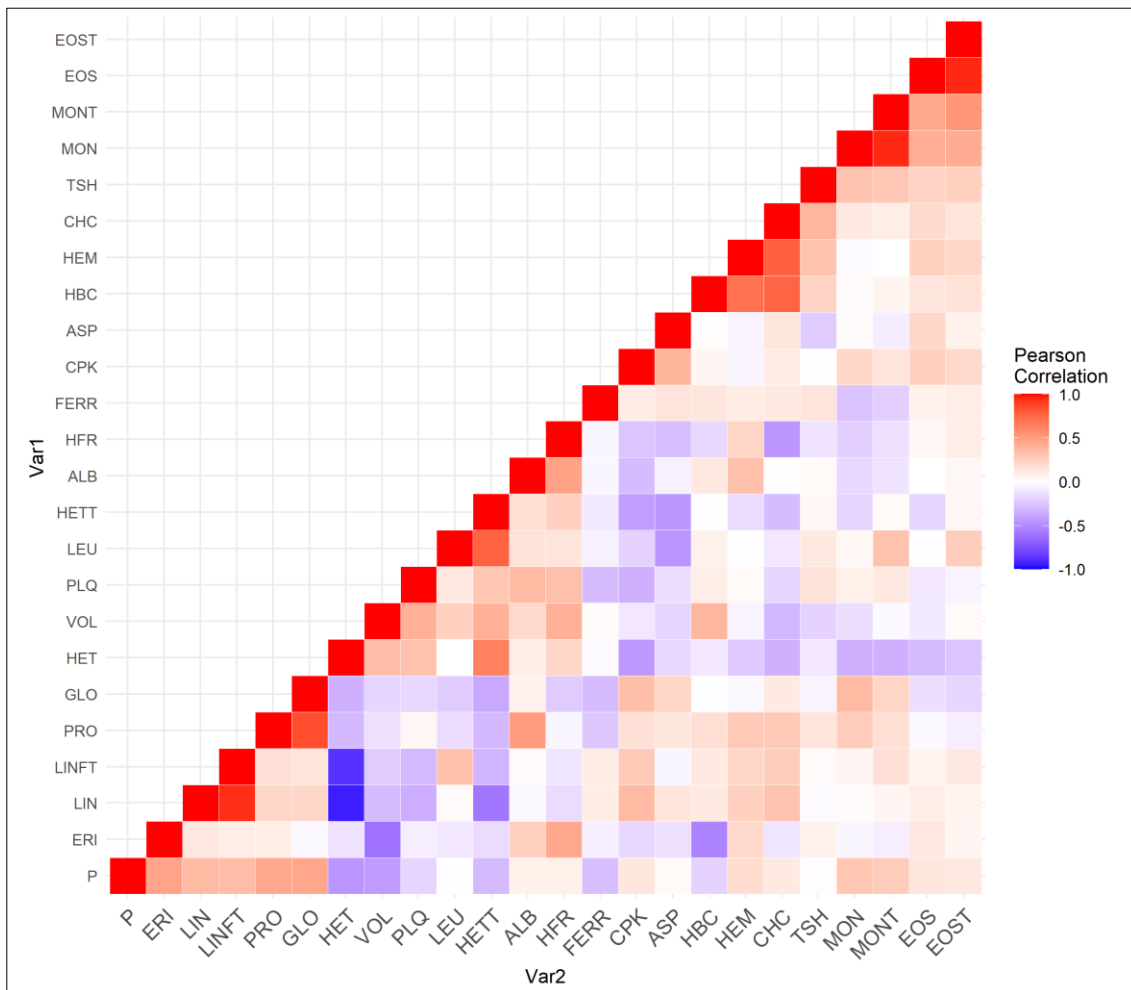


Figura 6.9. Matriz de Correlación de Pearson de las variables de bioquímica sanguínea y perfil hematológico de cormoranes guanayes adultos muestreados en la Isla Grande (Pescadores) e Isla Chincha Norte en julio-agosto 2022

CPK=Creatinfosfoquinasa, P=Fósforo sérico, AST=Aspartato Aminotransferasa, PRO=Proteínas totales, ALB=Albúmina, GLO=Globulina, FERR=Ferritina, LEU=leucocitos, HET= % Heterófilos, LIN=% Linfocitos, MON=% Monocitos, EOS=% Eosinófilos, HETT=Heterófilos totales, LINFT=Linfocitos totales, MONT=Monocitos totales, EOST=Eosinófilos totales, ERI=Eritrocitos, HEM=Hematocrito, HFR=Hemoglobina, VOL=Volumen corpuscular medio, HBC=Hemoglobina corpuscular media, CHC=Concentración de HB corpuscular media, PLQ=Plaquetas, RET=Reticulocitos, TSH=Hormona estimulante de la tiroides.

Tabla 6.6. Bioquímica sanguínea y análisis hormonal en cormorán guanay «Phalacrocorax bougainvillii» de Isla Grande (Pescadores) e Isla Chincha Norte - Julio-agosto 2022

Table with 10 columns: Prueba analítica, Unidad, n, Me, X-bar, s, n, Me, X-bar, s. It compares blood chemistry results between Isla Grande (Zona afectada) and Isla Chincha Norte (Zona control) for variables like CPK, Fósforo sérico, AST, Proteínas totales, Albúmina, Globulina, and Ferritina.



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»

«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

Prueba analítica	Unidad	Isla Grande (Pescadores) Zona afectada				Isla Chincha Norte Zona control			
		n	M <sub>e</sub>	$\bar{X}$	s	n	M <sub>e</sub>	$\bar{X}$	s
Hormonas sanguíneas									
TSH	ng/ml	30	0,3	0,4	0,3	30	0,3	0,4	0,2

n: número de muestras, M<sub>e</sub>: mediana,  $\bar{X}$ : media, s: desviación estándar

Fuente: Anexo 4 (RR-052-2022-STEC: Informes de ensayo).

**Tabla 6.7.** Perfil hematológico en cormorán guanay «*Phalacrocorax bougainvillii*» de la Isla Chincha Norte e Isla Grande (Pescadores) - Julio-agosto 2022

Prueba analítica	Unidad	Isla Grande (Pescadores) Zona afectada				Isla Chincha Norte Zona control			
		n	M <sub>e</sub>	$\bar{X}$	s	n	M <sub>e</sub>	$\bar{X}$	s
Serie blanca									
Leucocitos	N/μl	24	9385	9415,4	1641,1	23	9910	10063,9	1110,8
Heterófilos	%	24	75,5	74,8	8,4	23	80	82,6	8,1
Linfocitos	%	24	20	20,5	7,8	23	16	13,2	7,6
Monocitos	%	24	2	2,7	1,8	23	2	2,7	1,7
Eosinófilos	%	24	1	1,7	1,1	23	1	1,6	1
Basófilos	%	24	0	0,3	1,6	23	0	0	0
Azurófilos	%	24	0	0	0	23	0	0	0
Heterófilos	N/μl	24	6910	7050,5	1473,2	23	7980	8285,3	1003,4
Linfocitos	N/μl	24	1850	1946,3	868,5	23	1430	1344,6	817,3
Monocitos	N/μl	24	195	242,9	151,7	23	200	274,7	189,5
Eosinófilos	N/μl	24	100	150	97,1	23	100	159,4	129,4
Basófilos	N/μl	24	0	25,8	126,1	23	0	0	0
Azurófilos	N/μl	24	0	0	0	23	0	0	0
Serie roja									
Eritrocitos	N/μl	24	2335000	2358333,3	191053,5	23	2260000	2246087	169564,7
Hemoglobina	g/dl	24	17	17,5	2,2	23	17	17,3	0,9
Hematocrito	%	24	50	48,9	3,3	23	51	51,7	3,2
Volumen Corpuscular Medio	fL	24	206,2	207,2	14,5	23	230,1	230,7	8,4
Hb. Corpuscular Media	pg	24	70,8	74,2	10,9	23	76,2	77	3,5
Conc. Hb. Corpuscular Media	g/dl	24	34	35,9	5,4	23	33,3	33,4	0,8
Recuento de Reticulocitos	%	24	4,1	4,1	0,8	23	1,8	1,8	0,6
Serie plaquetaria									
Plaquetas	N/μl	24	18000	16625	2794,6	23	21000	21391,1	2147,7

n: número de muestras, M<sub>e</sub>: mediana,  $\bar{X}$ : media, s: desviación estándar

\* Los datos mostrados incluyen los parámetros analizados, la zona de muestreo y mes de evaluación como variables.

Fuente: Anexo 4 (RR-052-2022-STEC: Informes de ensayos).

**6.1.2.4. Consolidado de bioquímica sanguínea y perfil hematológico (serie blanca y roja) del primer y segundo muestreo (mayo y julio-agosto 2022)**

Los resultados de la bioquímica sanguínea y perfil hematológico de los cormoranes guanay no es concluyente. Para la mayoría de los parámetros evaluados existen diferencias significativas entre islas y meses de muestreo, pero también existen diferencias entre las interacciones entre ambos factores, lo que demuestra que los valores promedio pueden ser mayores en una isla para un mes de muestreo, pero menor para el siguiente muestreo. Por



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»

«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

ejemplo, el valor de la enzima creatininfosfoquinasa (CPK) fue en promedio mayor en la Isla Chincha Norte que en la Isla Grande (Pescadores), pero solo en mayo 2022; en julio-agosto 2022 se observó un patrón inverso (Tabla 6.8, Figura 6.10). Lo mismo ocurrió con otros parámetros sanguíneos como concentración de globulina, densidad de leucocitos, % heterófilos, % y densidad de linfocitos y densidad de plaquetas (Tabla 6.8, Figura 6.11 Figura 6.12).

De todos los resultados, los más claros de interpretar son el % de eosinófilos, el volumen corpuscular medio y el recuento de reticulocitos (%), dónde los valores promedios más altos se encontraron en la Isla Grande (Pescadores) para el porcentaje de eosinófilos y el recuento de reticulocitos, mientras que el volumen corpuscular medio fue más bajo.

Finalmente, en la evaluación de corpúsculos de Heinz, estos se encontraron presentes en 3 muestras en la Isla Grande (Pescadores) y en 4 muestras de la Isla Chincha Norte en el primer muestreo y 1 muestra de la Isla Grande (Pescadores) en el segundo muestreo.

**Tabla 6.8.** Modelo lineal generalizado (GLM) entre zonas de evaluación (Isla Grande-Pescadores e Isla Chincha Norte) y mes de muestreo (mayo y julio/agosto 2022) para el cormorán guanay «*Phalacrocorax bougainvillii*»

Parámetro	Isla Grande-Pescadores Zona afectada			Isla Chincha Norte Zona control			Isla	Mes	Isla x Mes
	Mayo 2022	Julio 2022	Total	Mayo 2022	Agosto 2022	Total			
<b>Bioquímica sanguínea</b>									
Creatinfosfoquinasa (UI)	1208,62 ± 401,38 (26)	1534,3 ± 938,4 (30)	1383,09 ± 751,27 (56)	2174,43 ± 877,52 (22)	1129,9 ± 240,85 (30)	1583,19 ± 794,55 (52)	F <sub>1</sub> = 4,62, P = 0,034	F <sub>1</sub> = 7,58, P = 0,007	F <sub>1</sub> = 27,5, P < 0,0001
Fósforo sérico (mg/dl)	8,56 ± 2,44 (26)	9,77 ± 2,23 (30)	9,21 ± 2,39 (56)	10,19 ± 3,49 (22)	7,69 ± 1,33 (30)	8,77 ± 2,77 (52)	F <sub>1</sub> = 0,24, P = 0,62	F <sub>1</sub> = 1,91, P = 0,17	F <sub>1</sub> = 15,95, P < 0,0001
Aspartato aminotransferasa (UI)	552,04 ± 146,83 (26)	643,4 ± 197,83 (30)	600,98 ± 180,41 (56)	747,4 ± 244 (30)	591,07 ± 115,88 (30)	669,23 ± 205,13 (60)	F <sub>1</sub> = 4,37, P = 0,038	F <sub>1</sub> = 0,90, P = 0,344	F <sub>1</sub> = 13,09, P = 0,004
Proteínas totales (g/dl)	3,6 ± 0,34 (26)	3,89 ± 0,49 (30)	3,76 ± 0,45 (56)	4,3 ± 0,94 (30)	3,77 ± 0,33 (30)	4,04 ± 0,75 (60)	F <sub>1</sub> = 6,87, P = 0,01	F <sub>1</sub> = 0,42, P = 0,273	F <sub>1</sub> = 14,6, P = 0,0003
Albúmina (g/dl)	2,49 ± 0,32 (26)	1,71 ± 0,25 (30)	2,07 ± 0,49 (56)	2,22 ± 0,38 (30)	1,79 ± 0,18 (30)	2 ± 0,37 (60)	F <sub>1</sub> = 3,23 P = 0,075	F <sub>1</sub> = 124,8, P < 0,0001	F <sub>1</sub> = 10,7, P = 0,0014
Globulina (g/dl)	1,09 ± 0,32 (26)	2,16 ± 0,44 (30)	1,66 ± 0,66 (56)	2,07 ± 0,63 (30)	1,98 ± 0,21 (30)	2,03 ± 0,47 (60)	F <sub>1</sub> = 25,16, P < 0,0001	F <sub>1</sub> = 37,68, P < 0,0001	F <sub>1</sub> = 52,11, P < 0,0001
Ferritina (ng/ml)	4,8 ± 0,62 (26)	4,88 ± 0,58 (30)	4,84 ± 0,59 (56)	5,01 ± 0,76 (30)	4,98 ± 0,54 (30)	4,99 ± 0,65 (60)	F <sub>1</sub> = 1,68, P = 0,197	F <sub>1</sub> = 0,04, P = 0,836	F <sub>1</sub> = 0,25, P = 0,616
<b>Hormonas sanguíneas</b>									
TSH (ng/ml)	0,33 ± 0,5 (26)	0,36 ± 0,29 (30)	0,35 ± 0,39 (56)	0,17 ± 0,11 (30)	0,36 ± 0,23 (30)	0,27 ± 0,21 (60)	F <sub>1</sub> = 1,96, P = 0,164	F <sub>1</sub> = 4,0, P = 0,048	F <sub>1</sub> = 2,0, P = 0,16
<b>Serie blanca</b>									
Leucocitos (Cantidad/UI)	9396,67 ± 2431,11 (24)	9415,42 ± 1641,08 (24)	9406,04 ± 2051,9 (48)	6341,2 ± 1446,17 (25)	10063,91 ± 1110,82 (23)	8125 ± 2275,47 (48)	F <sub>1</sub> = 11,6, P = 0,001	F <sub>1</sub> = 28,05, P < 0,0001	F <sub>1</sub> = 27,5, P < 0,0001
Heterófilos (%)	58,83 ± 6,82 (24)	74,79 ± 8,44 (24)	66,81 ± 11,08 (48)	77,16 ± 7,58 (25)	82,57 ± 8,12 (23)	79,75 ± 8,23 (48)	F <sub>1</sub> = 67,99, P < 0,001	F <sub>1</sub> = 45,42, P < 0,0001	F <sub>1</sub> = 11,08, P = 0,0013
Linfocitos (%)	35,33 ± 7,09 (24)	20,5 ± 7,79 (24)	27,92 ± 10,51 (48)	17,28 ± 6,42 (25)	13,17 ± 7,57 (23)	15,31 ± 7,22 (48)	F <sub>1</sub> = 73,95, P < 0,0001	F <sub>1</sub> = 41,18, P < 0,001	F <sub>1</sub> = 13,21, P = 0,0005
Monocitos (%)	3,33 ± 1,99 (24)	2,67 ± 1,83 (24)	3 ± 1,92 (48)	4 ± 3,38 (25)	2,7 ± 1,72 (23)	3,38 ± 2,76 (48)	F <sub>1</sub> = 0,53, P = 0,47	F <sub>1</sub> = 4,22, P = 0,043	F <sub>1</sub> = 0,44, P = 0,50
Eosinófilos (%)	2,5 ± 1,64 (24)	1,71 ± 1,12 (24)	2,1 ± 1,45 (48)	1,44 ± 1,16 (25)	1,57 ± 1,04 (23)	1,5 ± 1,09 (48)	F <sub>1</sub> = 5,44, P = 0,021	F <sub>1</sub> = 1,67, P = 0,199	F <sub>1</sub> = 3,16, P = 0,078
Heterófilos (Cantidad/UI)	5500,42 ± 1406,12 (24)	7050,5 ± 1473,17 (24)	6275,46 ± 1625,75 (48)	5063,16 ± 1153,66 (25)	8285,3 ± 1003,39 (23)	6607,1 ± 1948,6 (48)	F <sub>1</sub> = 2,35, P = 0,129	F <sub>1</sub> = 84,03, P < 0,0001	F <sub>1</sub> = 10,32, P = 0,0018
Linfocitos (Cantidad/UI)	3371,25 ± 1313,52 (24)	1946,25 ± 868,51 (24)	2658,75 ± 1316,02 (48)	1128 ± 582,88 (25)	1344,57 ± 817,27 (23)	1231,77 ± 705,76 (48)	F <sub>1</sub> = 55,88, P < 0,0001	F <sub>1</sub> = 10,08, P = 0,002	F <sub>1</sub> = 18,61, P < 0,0001



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

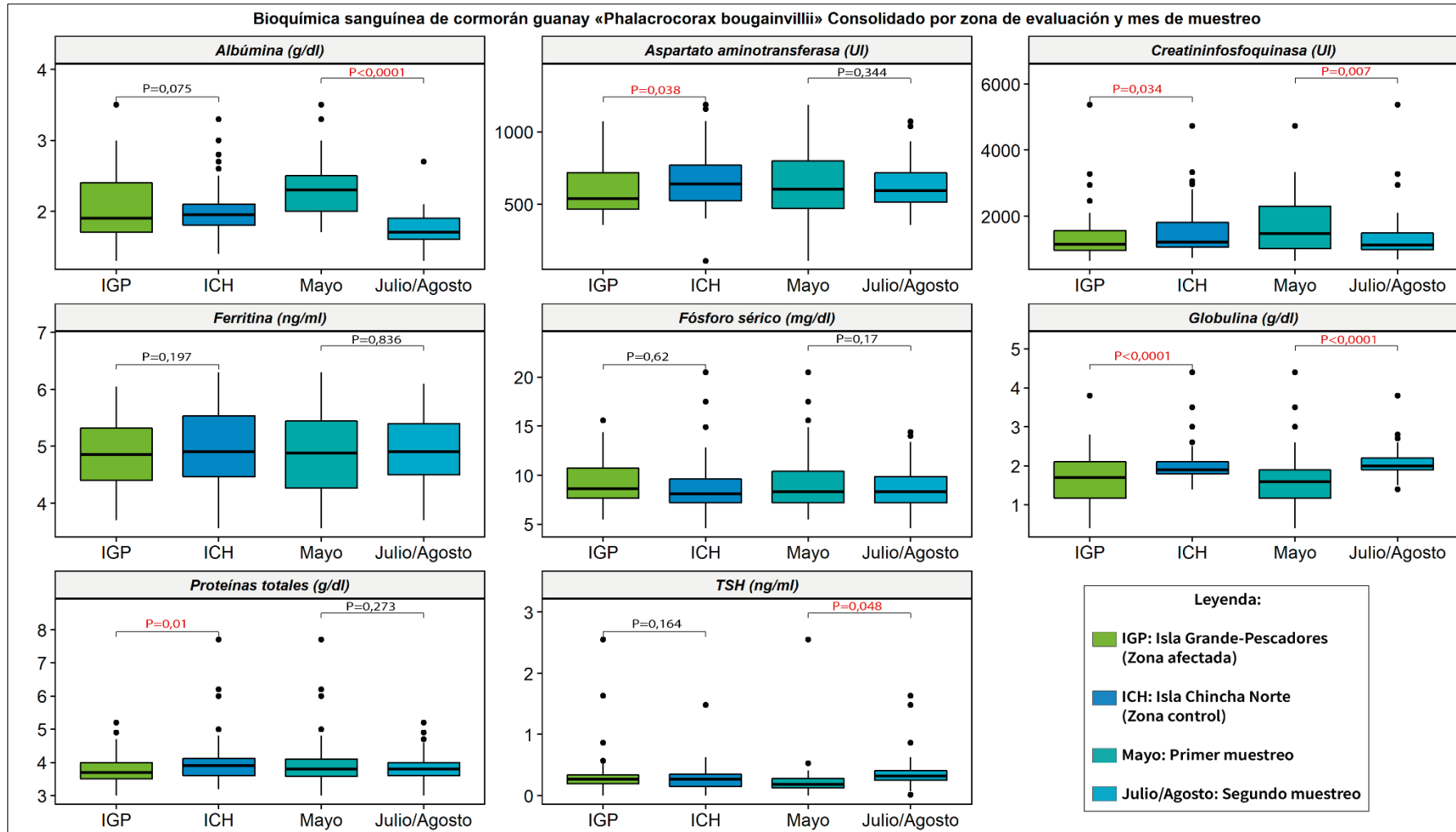
«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»  
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»  
«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

Parámetro	Isla Grande-Pescadores Zona afectada			Isla Chincha Norte Zona control			Isla	Mes	Isla x Mes
	Mayo 2022	Julio 2022	Total	Mayo 2022	Agosto 2022	Total			
Monocitos (Cantidad/UI)	302,5 ± 207,75 (24)	242,92 ± 151,7 (24)	272,71 ± 182,45 (48)	247,2 ± 217,25 (25)	274,65 ± 189,5 (23)	260,35 ± 202,74 (48)	F <sub>1</sub> = 0,09, P = 0,766	F <sub>1</sub> = 0,17, P = 0,685	F <sub>1</sub> = 1,21, P = 0,27
Eosinófilos (Cantidad/UI)	222,5 ± 147,01 (24)	150 ± 97,13 (24)	186,25 ± 128,59 (48)	91,2 ± 99,76 (25)	159,39 ± 129,35 (23)	123,88 ± 118,74 (48)	F <sub>1</sub> = 6,20, P = 0,0145	F <sub>1</sub> = 0,01, P = 0,93	F <sub>1</sub> = 8,26, P = 0,005
Serie roja									
Eritrocitos (Cantidad/UI)	2280416,67 ± 192138,52 (24)	2358333,33 ± 191053,52 (24)	2319375 ± 193593,19 (48)	2148800 ± 164248,8 (25)	2246086,96 ± 169564,66 (23)	2195416,67 ± 172181,97 (48)	F <sub>1</sub> = 11,05, P = 0,0013	F <sub>1</sub> = 5,70, P = 0,019	F <sub>1</sub> = 0,07, P = 0,792
Hemoglobina (g/dl)	17,23 ± 2,71 (24)	17,46 ± 2,16 (24)	17,34 ± 2,43 (48)	16,36 ± 2,05 (25)	17,26 ± 0,86 (23)	16,79 ± 1,65 (48)	F <sub>1</sub> = 1,60, P = 0,208	F <sub>1</sub> = 1,83, P = 0,1798	F <sub>1</sub> = 0,62, P = 0,432
Hematocrito (%)	47,42 ± 3,6 (24)	48,9 ± 3,33 (24)	48,16 ± 3,51 (48)	47,31 ± 4,07 (25)	51,74 ± 3,21 (23)	49,43 ± 4,28 (48)	F <sub>1</sub> = 3,49, P = 0,0648	F <sub>1</sub> = 16,39, P = 0,0001	F <sub>1</sub> = 4,07, P = 0,0465
Volumen corpuscular medio (fL)	209,06 ± 20,87 (24)	207,2 ± 14,52 (24)	208,13 ± 17,81 (48)	220,4 ± 14,09 (25)	230,71 ± 8,36 (23)	225,34 ± 12,69 (48)	F <sub>1</sub> = 31,63, P < 0,0001	F <sub>1</sub> = 1,86, P = 0,176	F <sub>1</sub> = 3,86, P = 0,0525
Hb, corpuscular media (pg)	75,79 ± 11,67 (24)	74,19 ± 10,89 (24)	74,99 ± 11,2 (48)	76,45 ± 11,07 (25)	77,03 ± 3,47 (23)	76,73 ± 8,26 (48)	F <sub>1</sub> = 0,75, P = 0,389	F <sub>1</sub> = 0,06, P = 0,80	F <sub>1</sub> = 0,29, P = 0,592
Conc, Hb, Corpuscular media (g/dl)	36,48 ± 6,46 (24)	35,85 ± 5,4 (24)	36,17 ± 5,9 (48)	34,77 ± 5,54 (25)	33,38 ± 0,8 (23)	34,1 ± 4,05 (48)	F <sub>1</sub> = 4,06, P = 0,0467	F <sub>1</sub> = 0,94, P = 0,334	F <sub>1</sub> = 0,13, P = 0,716
Recuento de reticulocitos (%)	6,48 ± 2,15 (24)	4,08 ± 0,8 (24)	5,28 ± 2,01 (48)	4 ± 0,82 (25)	1,84 ± 0,57 (23)	2,97 ± 1,3 (48)	F <sub>1</sub> = 8487, P < 0,0001	F <sub>1</sub> = 79,45, P < 0,0001	F <sub>1</sub> = 0,22, P = 0,6394
Serie plaquetaria									
Plaquetas (Cantidad/UI)	40625 ± 14076,85 (24)	16625 ± 2794,6 (24)	28625 ± 15743,46 (48)	23800 ± 10420,33 (25)	21391,3 ± 2147,71 (23)	22645,83 ± 7686,65 (48)	F <sub>1</sub> = 10,77, P = 0,0015	F <sub>1</sub> = 51,67, P < 0,0001	F <sub>1</sub> = 34,54, P < 0,0001

Nota: Las concentraciones de cada parámetro se muestran en media ± desviación estándar.  
F<sub>1</sub>: prueba estadística F de Fisher; P: valor de P (los valores en rojo indican diferencias significativas).



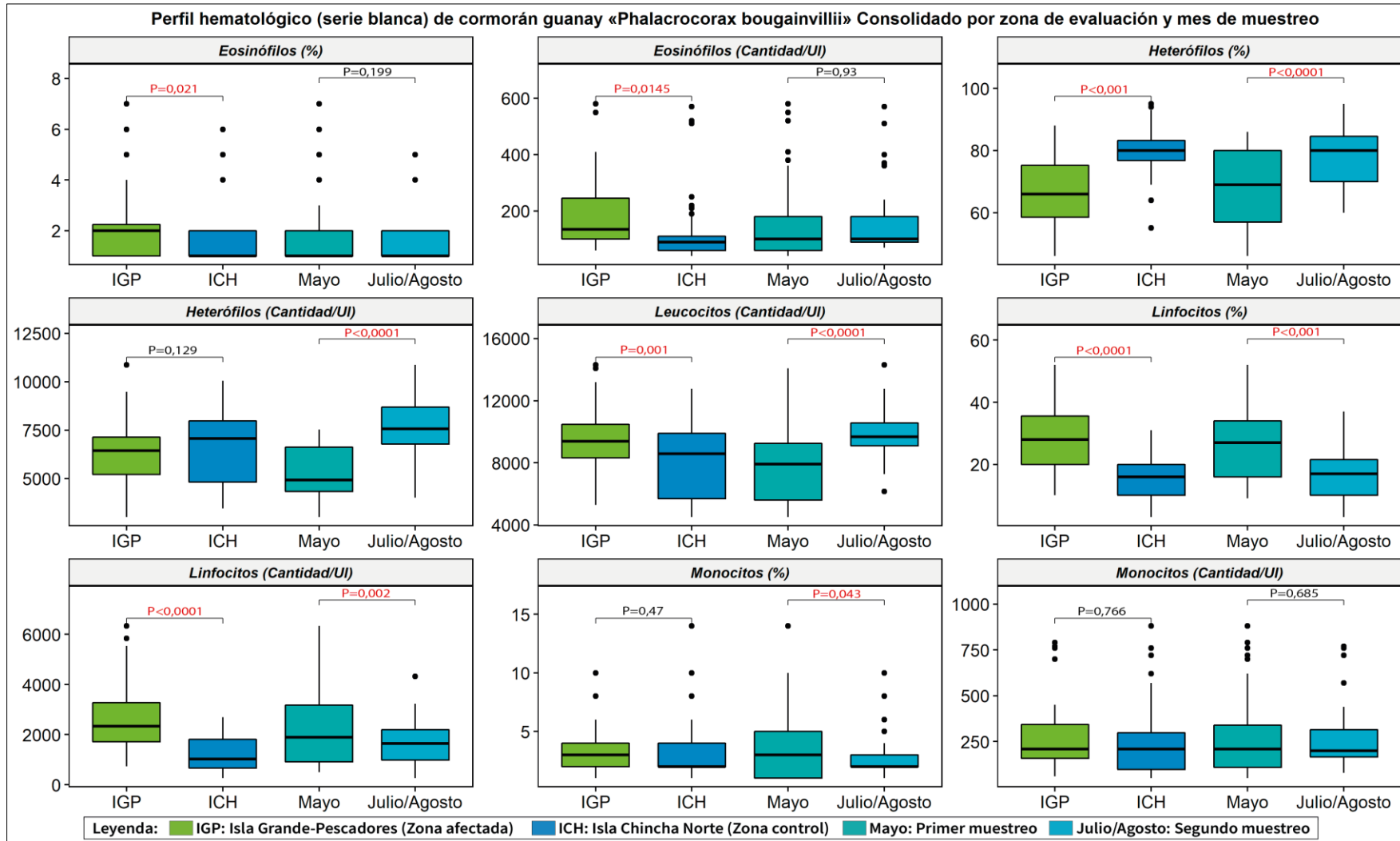
«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»  
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»  
«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»



**Figura 6.10.** Comparación de la distribución de los resultados de bioquímica sanguínea de cormoranes guanay «*Phalacrocorax bougainvillii*» por zona (Isla Grande, Pescadores e Isla Chincha Norte) y por mes de muestreo (mayo y julio-agosto 2022). Los valores en rojo indican diferencias significativas entre variables.



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»  
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»  
«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

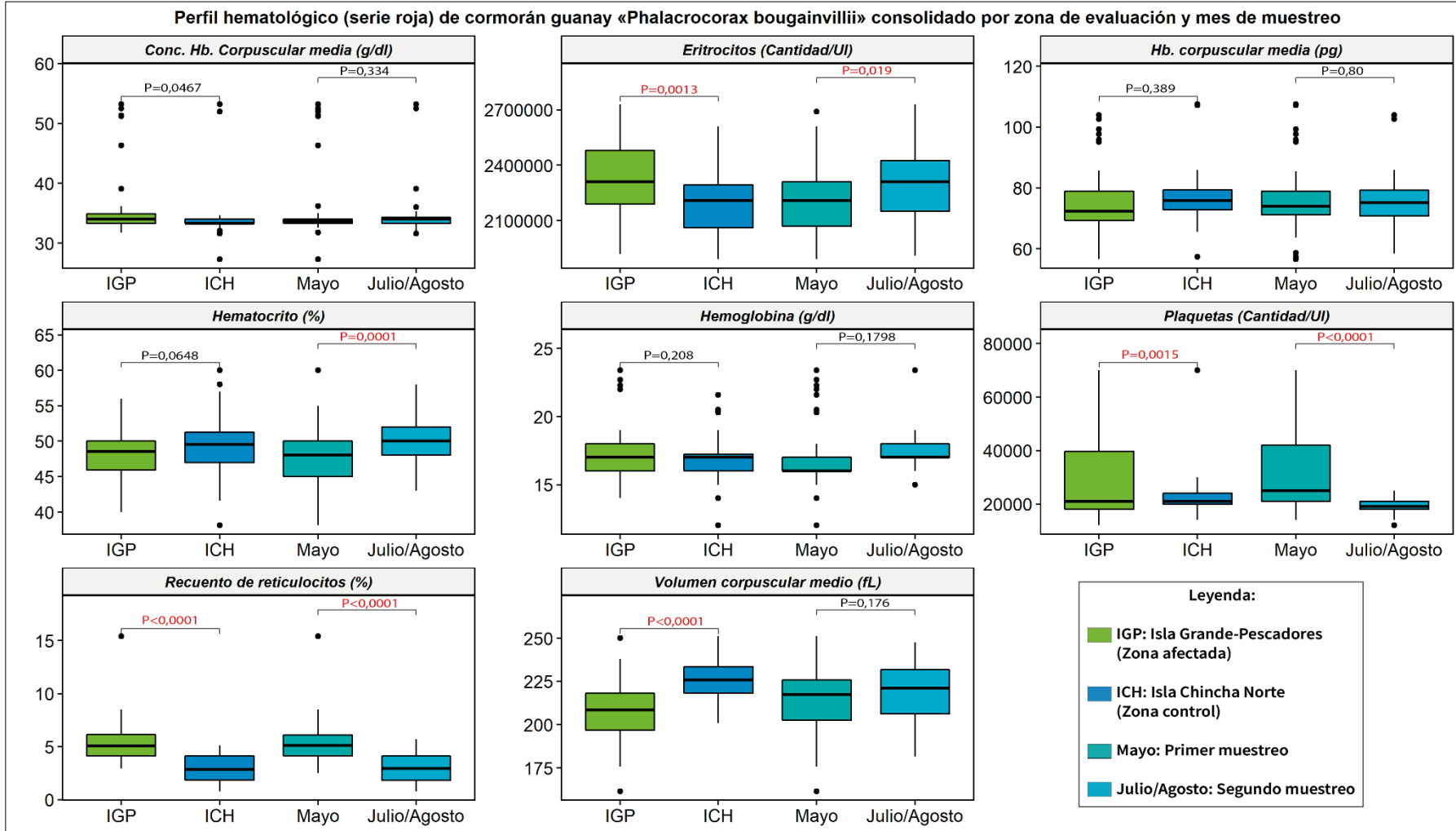


**Figura 6.11.** Comparación de la distribución de los resultados de perfil hematológico - serie blanca de cormoranes guanay «*Phalacrocorax bougainvillii*» por zona (Isla Grande, Pescadores e Isla Chincha Norte) y por mes de muestreo (mayo y julio-agosto 2022)

Los valores en rojo indican diferencias significativas entre variables.



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»  
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»  
«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»



**Figura 6.12.** Comparación de la distribución de los resultados de perfil hematológico - serie roja de cormoranes guanay «*Phalacrocorax bougainvillii*» por zona (Isla Grande, Pescadores e Isla Chincha Norte) y por mes de muestreo (mayo y julio-agosto 2022)  
Los valores en rojo indican diferencias significativas entre variables





**6.1.2.5. Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)**

Se analizaron 25 muestras de plasma sanguíneo de cormorán guanay «*P. bougainvillii*» provenientes de Isla Grande (Pescadores) y 10 de Isla Chincha Norte (control). De los 15 hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) analizados, se detectaron 4: fenantreno, fluoranteno, naftaleno y pireno, encontrándose diferencias significativas en 2 de ellos: en fenantreno ( $p = 0,00015$ ) y pireno ( $p = 9,1e-06$ ) (Figura 6.13). No se pudieron realizar comparaciones estadísticas confiables para fluoranteno y naftaleno debido al bajo número de la muestra. El fenantreno y pireno fueron detectados en todas las muestras analizadas, mientras que el fluoranteno fue detectado en 20 de las 25 muestras de Isla Grande (Pescadores) y 2 de las 10 muestras de Isla Chincha Norte. Por otro lado, el naftaleno no fue detectado en Isla Grande (Pescadores), pero sí en 3 muestras de Isla Chincha Norte (Tabla 6.9). En el Anexo 4 (RR-066-2022-STEC) se encuentra el detalle de todos los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) determinados.

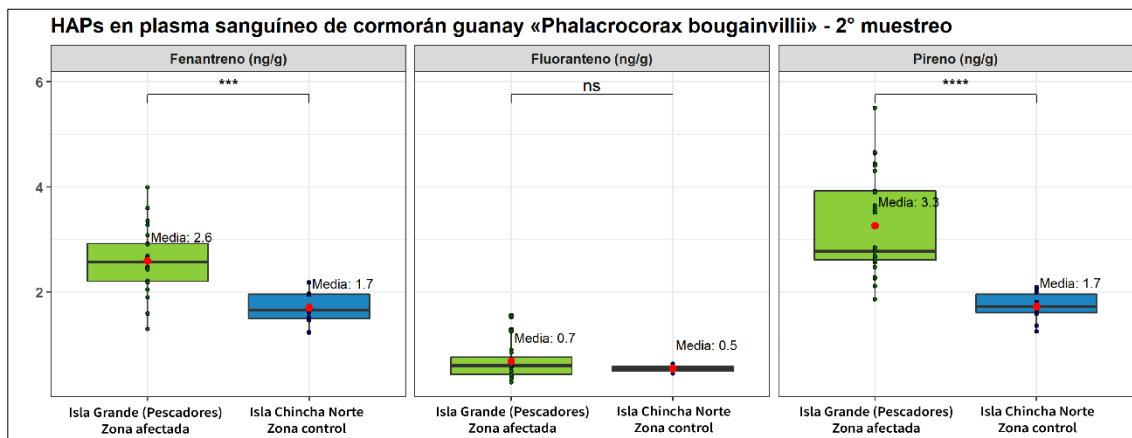
**Tabla 6.9.** Concentraciones de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) en cormorán guanay «*Phalacrocorax bougainvillii*» de la Isla Grande (Pescadores) e Isla Chincha Norte - Segundo muestreo, julio-agosto 2022

Prueba analítica	Unidad	Isla Grande, Pescadores) (Zona afectada)				Isla Chincha Norte (Zona control)				LOQ	W	p
		n	Me	$\bar{X}$	s	n	Me	$\bar{X}$	s			
HAPs												
Fenantreno	ng/g	25	2,6	2,6	0,6	10	1,7	1,7	0,3	0,2	230	0,00015
Fluoranteno	ng/g	20	0,6	0,7	0,3	2	0,5	0,5	0,1	0,2	-	-
Naftaleno	ng/g	0	-	-	-	3	0,3	0,3	0	0,2	-	-
Pireno	ng/g	25	2,8	3,3	1,0	10	1,7	1,7	0,3	0,2	247	9,1e-06

Nota: En la tabla se muestran solo los HAPs que fueron detectados.

n: número de muestras en que se detectó HAPs, Me: mediana,  $\bar{X}$ : media, s: desviación estándar, LOQ: límite de cuantificación, w: prueba de Mann Whitney, p: valor de p.

Fuente: Anexo 4 (RR-066-2022-STEC: Informes de ensayo).



**Figura 6.13.** Comparación de la distribución de los resultados de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) en plasma sanguíneo de cormoranes guanay «*Phalacrocorax bougainvillii*» de Isla Grande (Pescadores) e Isla Chincha Norte - julio-agosto 2022

Nota: \*\*\*:  $p \leq 0,001$ , \*\*\*\*:  $p \leq 0,0001$ , ns:  $p > 0,05$  (no significativo).



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»
«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

6.1.2.6. Tiempos de captura, toma de muestra y liberación de aves

No se observan diferencias entre los tiempos entre captura-liberación y toma de muestra-liberación, pero sí entre los tiempos de captura-toma de muestra, siendo mayor el tiempo empleado en Isla Grande, Pescadores (Tabla 6.10, Figura 6.14).

Tabla 6.10. Tiempo de captura y toma de muestras sanguínea hasta tiempo de liberación de cormorán guanay «Phalacrocorax bougainvillii» de la Isla Grande (Islote Grupo de Pescadores) e Isla Chincha Norte - Segundo muestreo, julio-agosto 2022

Table with 12 columns: Tiempos, Unidad, Isla Grande (Pescadores) Zona afectada (n, Me, X-bar, s), Isla Chincha Norte Zona control (N, Me, X-bar, s), W, p. Rows include: Desde la captura hasta la liberación, Desde la captura a la toma de muestra de sangre, Desde la toma de muestra de sangre hasta liberación, Desde la liberación hasta la captura del próximo individuo.

n: número de muestras, Me: mediana, X-bar: media, s: desviación estándar, W: prueba de Mann Whitney, p: valor de p.

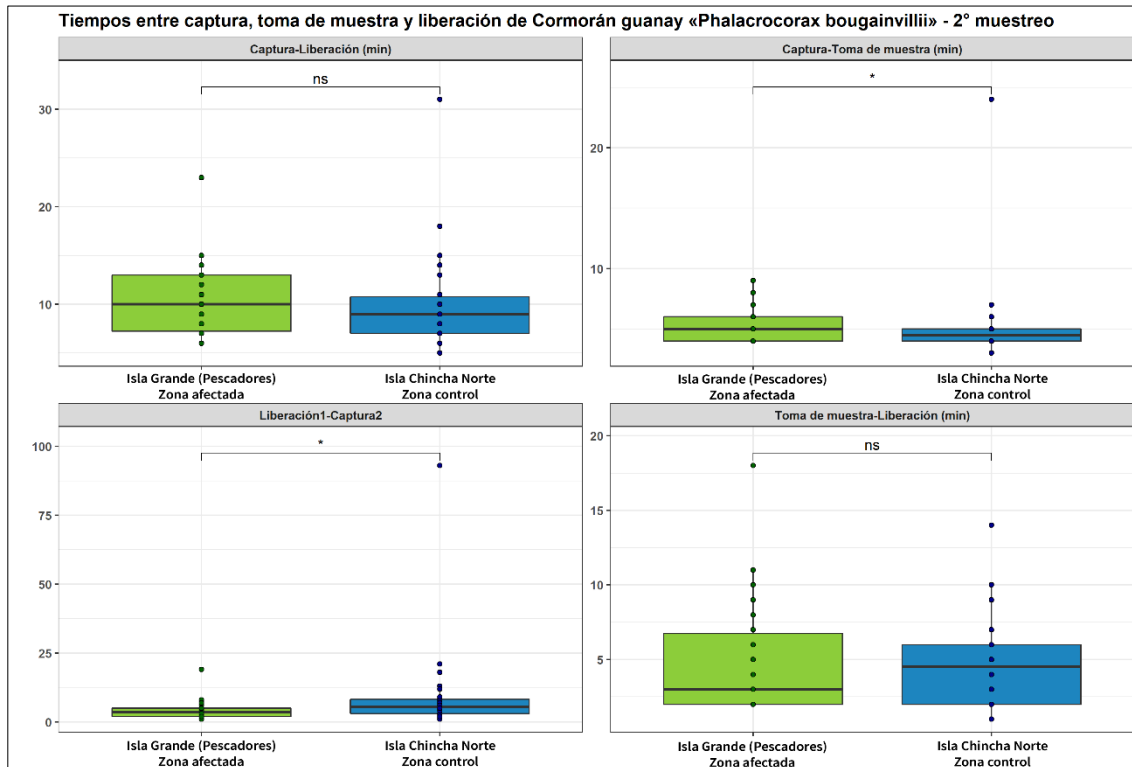


Figura 6.14. Comparación de la distribución de los tiempos empleados para la evaluación de cormoranes guanay «Phalacrocorax bougainvillii» de Isla Grande (Pescadores) e Isla Chincha Norte - julio-agosto 2022

Nota: \*: p<=0,05, ns: p>0,05 (no significativo)

**6.2. Concentraciones de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs), perfil hematológico y bioquímica sanguínea en sangre de adultos de ostrero americano «*Haematopus palliatus*» entre julio y octubre 2022 en las playas El Solitario, Santa Rosa Grande y Carros Grandes (zona afectada por los derrames de petróleo crudo de la refinería La Pampilla) y playa Wakama (zona control)****6.2.1. Peso y medidas morfométricas**

Así como en la evaluación de cormoranes guanay, en ostreros americanos tampoco se realizó distinción entre sexos para el peso corporal y medidas morfométricas debido a que esta especie no presenta dimorfismo sexual, sino que los valores mostrados corresponden a un conjunto de medidas de aves capturadas al azar, en donde posiblemente se encuentren machos y hembras en proporción desconocida.

Debido a que las variables presentaron distribuciones normales y homogeneidad de varianzas (a excepción de la longitud de tarso) se utilizó a la prueba T como prueba para determinar diferencias. En el caso de la longitud de tarso-metatarso se utilizó la prueba no paramétrica Mann-Whitney. No se observaron diferencias significativas en las medidas morfométricas lineales y peso (Tabla 6.11, Figura 6.15).

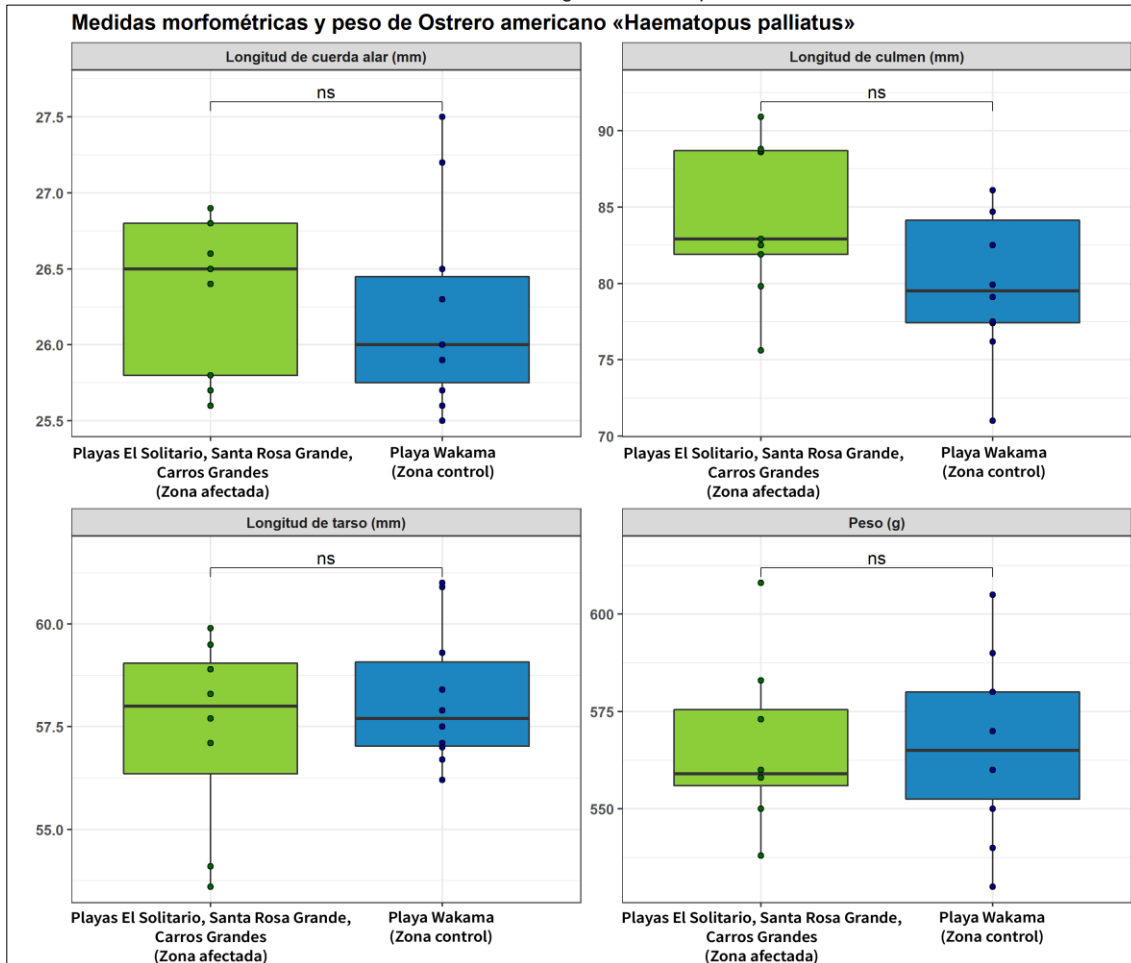
**Tabla 6.11.** Medidas morfométricas y peso de ostreros americanos en la zona afectada por los derrames de petróleo crudo (playas El Solitario, Santa Rosa Grande y Carros Grandes, n = 8 aves) y la zona control (playa Wakama, n = 10 aves)

VARIABLES	Playas El Solitario, Santa Rosa Grande y Carros Grandes (Zona afectada)	Playa Wakama (Zona control)	Prueba estadística	p
Peso (g)	566 ± 21,73	566,5 ± 23,1	t = -0,05	0,96
Culmen (mm)	82 ± 5,1	79,9 ± 4,7	t = 1,99	0,06
Tarso-metatarso (mm)	59,6 ± 6,9	58,2 ± 1,7	W = 47,40	0,87
Cuerda alar (mm)	26,3 ± 0,5	26,2 ± 0,7	t = 0,45	0,65

Los resultados se muestran como media ± desviación estándar, t = prueba T, p = valor de p, W = Mann Whitney



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»  
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»  
«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»



**Figura 6.15.** Comparación de los pesos y medidas morfométricas de ostreros americanos «*Haematopus palliatus*» de playas de la zona afectada por los derrames de petróleo crudo (El Solitario, Santa Rosa Grande y Carros Grande) y playa Wakama (control)  
Nota: ns:  $p > 0,05$  (no significativo)

### 6.2.2. Índice de condición corporal (ICC)

El índice de condición corporal permite estandarizar los valores de peso corporal de las aves en relación a su tamaño, de tal forma que permita realizar comparaciones entre zonas de evaluación. Para reducir el número de variables correlacionadas a un índice lineal corporal, se elaboró un Análisis de Componentes Principales (PCA), el cual puede



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»  
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»  
«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»  
observarse en la

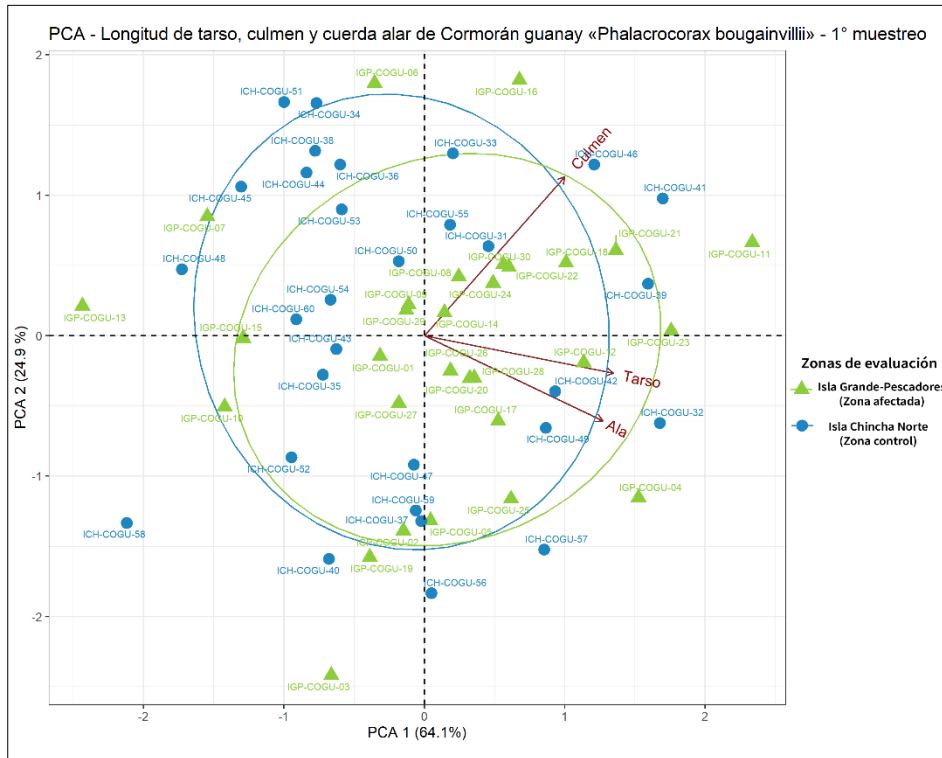
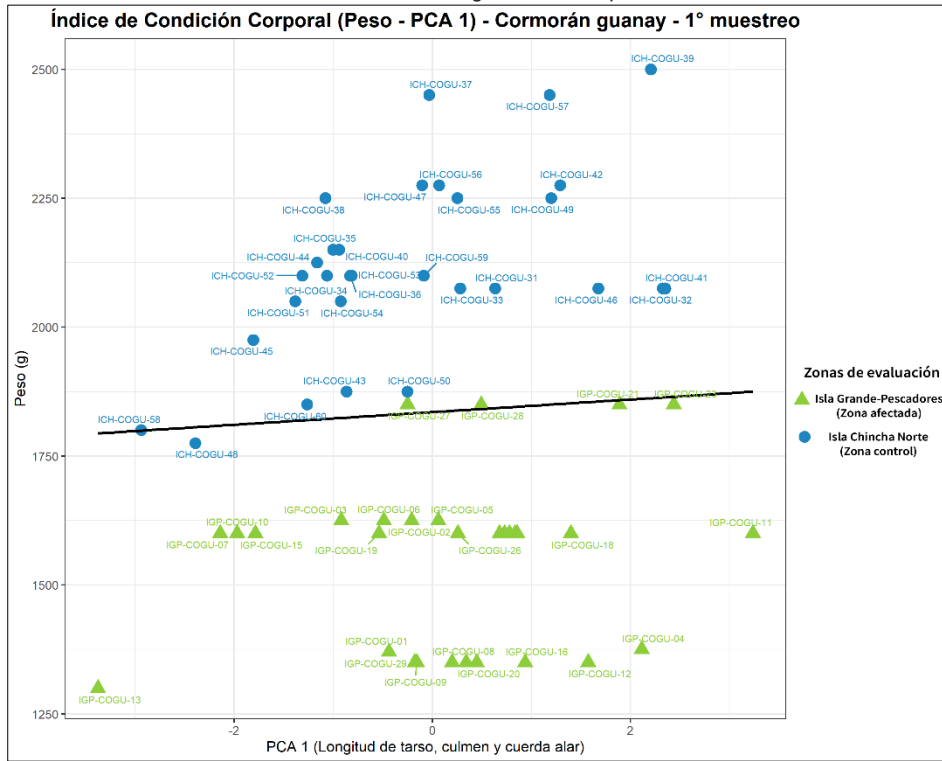


Figura 6.2. Figura 6.16, donde el primer componente explica el 64,6 % de la variación de los datos.

El PCA 1 correspondiente a cada ave se asoció al peso corporal por medio de un análisis de regresión lineal (peso vs PCA 1), el cual se muestra en la Figura 6.17



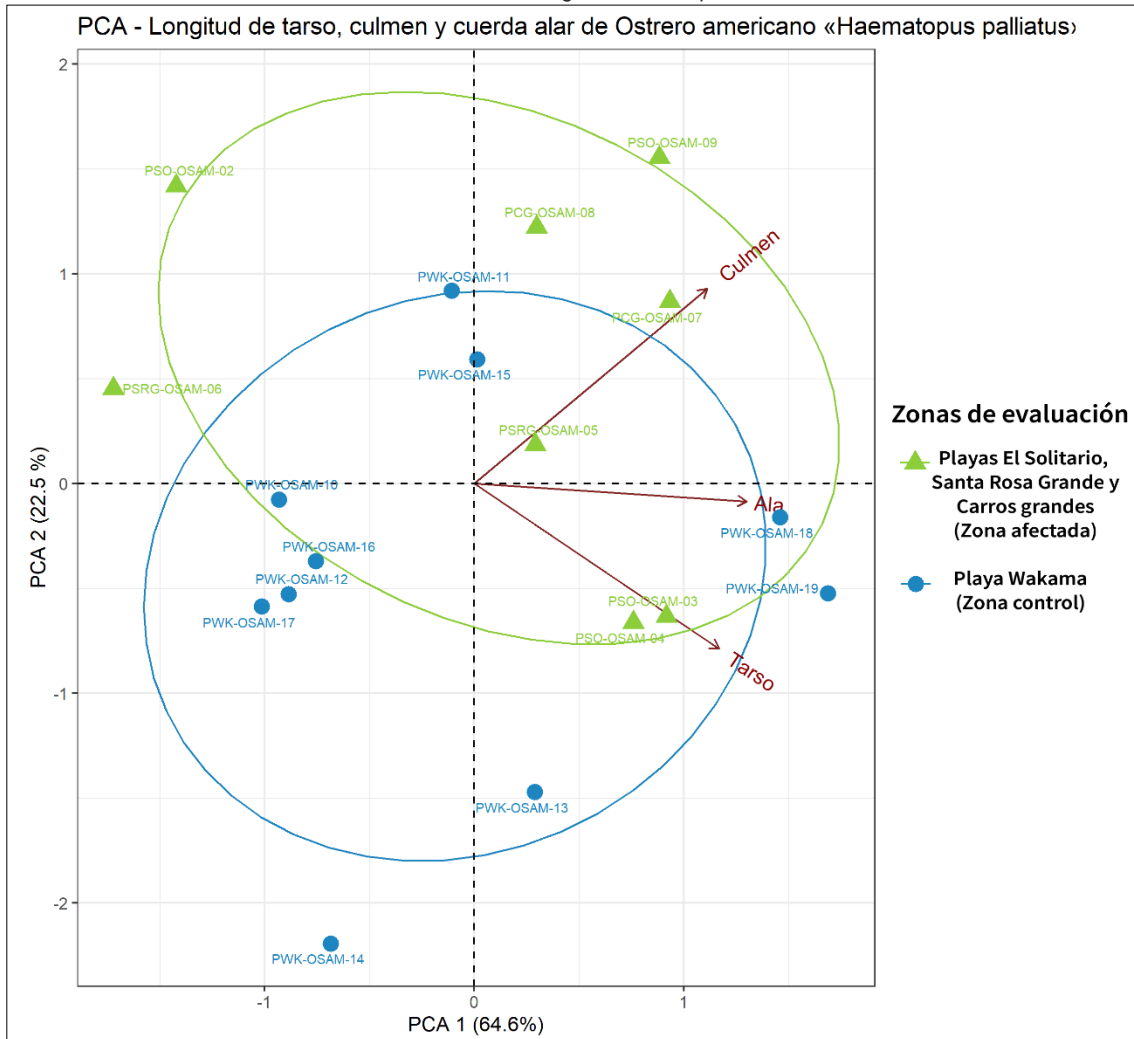
«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»  
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»  
«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»



**Figura 6.3.** En esta figura se puede observar que 5 de las 8 muestras de la zona afectada se encuentran por debajo de la línea de regresión, mientras que, las muestras de la zona control se encuentran repartidas igualmente a ambos lados de la línea de regresión.



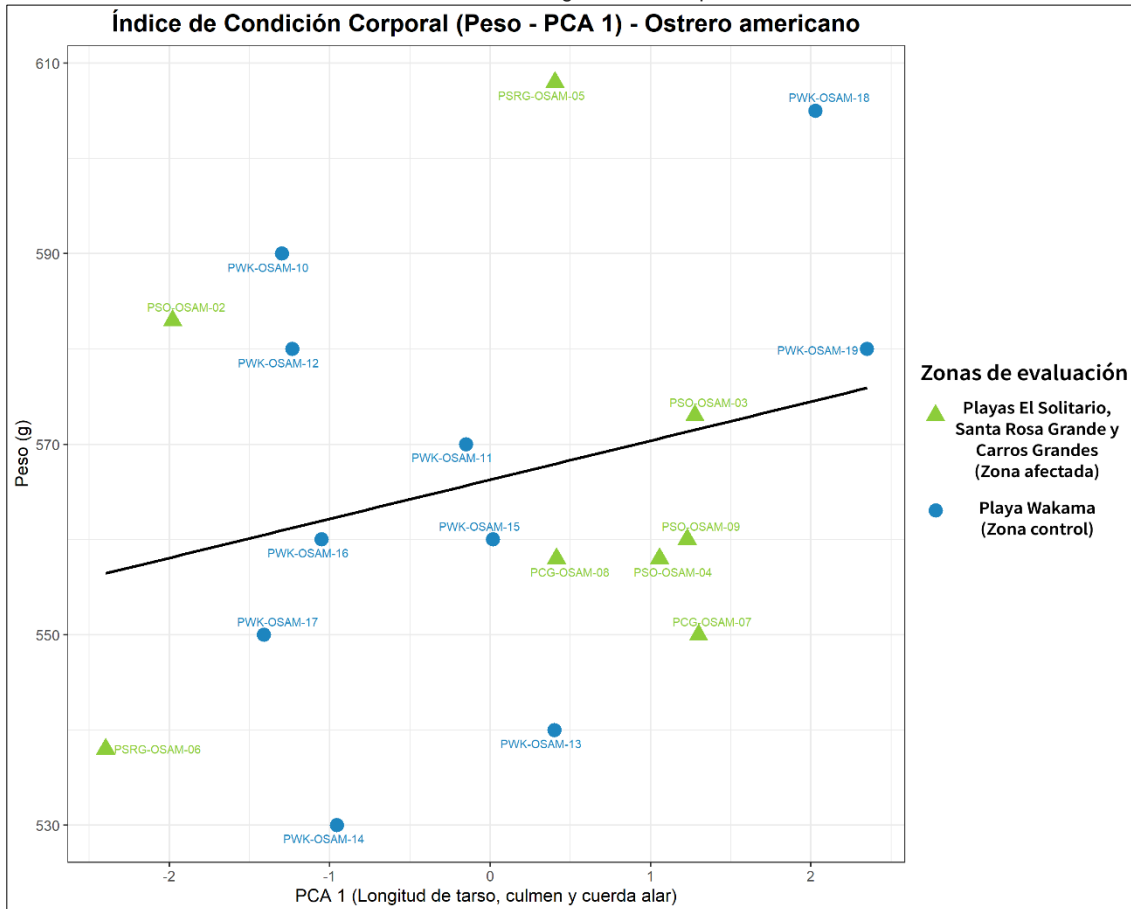
«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»  
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»  
«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»



**Figura 6.16.** Análisis de componentes principales (PCA) de las medidas morfométricas de ostreros americanos «*Haematopus palliatus*» de playas de la zona afectada por los derrames de petróleo crudo (El Solitario, Santa Rosa Grande y Carros Grandes) y playa Wakama (control)



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»  
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»  
«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»



**Figura 6.17.** Índice de Condición Corporal (ICC) del peso y PCA 1 de ostreros americanos «*Haematopus palliatus*» de playas de la zona afectada por los derrames de petróleo crudo (El Solitario, Santa Rosa Grande y Carros Grandes) y playa Wakama (control)

### 6.2.3. Perfil hematológico y bioquímica sanguínea

No se pudo realizar análisis de perfil hematológico y bioquímica sanguínea de todos los ostreros americanos debido a la poca muestra de sangre disponible. A diferencia de los cormoranes guanay que pesan 2000 g, aproximadamente, y se le puede extraer hasta 5 ml de sangre, los ostreros americanos pesan entre 500 g y 600 g, y no se les puede extraer una cantidad de sangre mayor al 1 % a 2% de su peso corporal o 2 ml como máximo. Se realizaron análisis de bioquímica sanguínea y perfil hematológico en 6 y 7 muestras de ostrero americano, respectivamente. El detalle de estos análisis se muestra en las Tabla 6.12 y Tabla 6.13.

La diferencia en el número de muestras se debe a los microcoágulos presentes en 1 muestra, que no permitió realizar análisis de perfil hematológico.

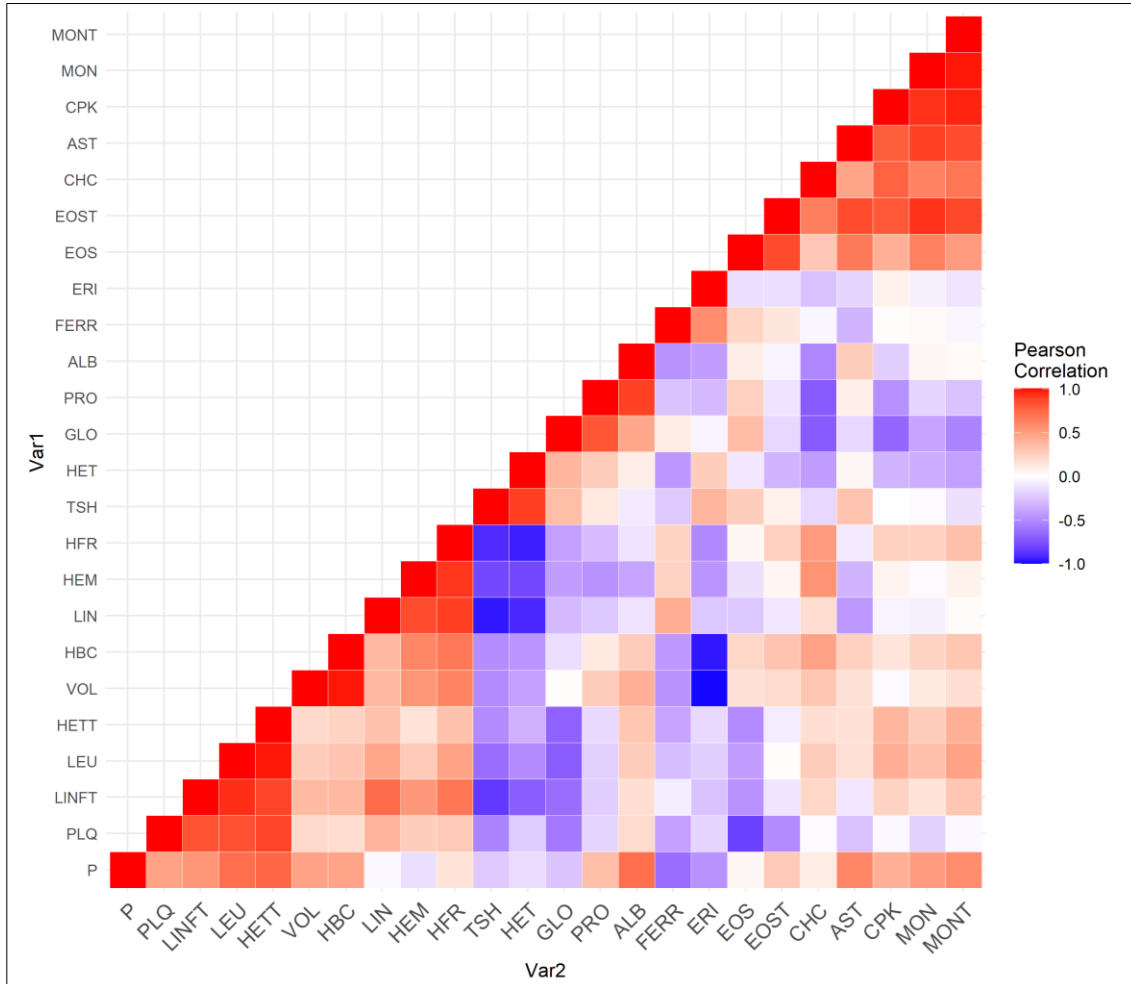
La matriz de correlación de Pearson para todas las variables indicó una alta asociación entre pares de variables, tales como hemoglobina - TSH, hemoglobina - heterófilos (%), linfocitos (%) - TSH, linfocitos - heterófilos (%), hemoglobina corpuscular media (HBC) – eritrocitos, volumen corpuscular medio – eritrocitos, linfocitos totales – leucocitos, CPK – monocitos, entre otros (Figura 6.18). Esto implica que existe mucha redundancia en los datos y pruebas analizadas.





«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»  
 «Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»  
 «Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

Los resultados de tendencia central y estadísticas en bioquímica sanguínea se resumen en la Tabla 6.12, y los de perfil hematológico en la Tabla 6.13.



**Figura 6.18.** Matriz de Correlación de Pearson de las variables de bioquímica sanguínea y perfil hematológico de ostreros americanos muestreados en playas de la zona afectada por los derrames de petróleo crudo (El Solitario, Santa Rosa Grande y Carros Grandes)

CPK=Creatininfosfoquinasa, P=Fósforo sérico, AST=Aspartato Aminotransferasa, PRO=Proteínas totales, ALB=Albumina, GLO=Globulina, FERR=Ferritina, LEU=leucocitos, HET= % Heterófilos, LIN=% Linfocitos, MON=% Monocitos, EOS=% Eosinófilos, HETT=Heterófilos totales, LINFT=Linfocitos totales, MONT=Monocitos totales, EOST=Eosinófilos totales, ERI=Eritrocitos, HEM=Hematocrito, HFR=Hemoglobina, VOL=Volumen corpuscular medio, HBC=Hemoglobina corpuscular media, CHC=Concentración de HB corpuscular media, PLQ=Plaquetas, RET=Reticulocitos, TSH=Hormona estimulante de la tiroides.

**Tabla 6.12.** Bioquímica sanguínea y análisis hormonal de ostreros americanos «*Haematopus palliatus*» de playas de la zona afectada por los derrames de petróleo crudo (El Solitario, Santa Rosa Grande y Carros Grandes-ZRA)

Prueba analítica	Unidad	Playas El Solitario, Santa Rosa Grande y Carros Grandes-ZRA (Zona afectada)			
		n	Me	$\bar{X}$	s
Bioquímica sanguínea					
CPK	U/l	7	751	946,9	657,2
Fósforo sérico	mg/dl	7	8,4	9,1	3,5
AST	U/l	7	351	359,6	64,2
Proteínas totales	g/dl	7	4,9	5,1	0,8



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»

«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

Prueba analítica	Unidad	Playas El Solitario, Santa Rosa Grande y Carros Grandes-ZRA (Zona afectada)			
		n	Me	$\bar{X}$	s
Albúmina	g/dl	7	2,5	2,9	1
Globulina	g/dl	7	2,3	2,2	0,7
Ferritina	ng/ml	7	4,7	4,6	0,6
Análisis hormonal					
TSH	ng/ml	7	0,3	0,3	0,1

n: número de muestras, Me: mediana,  $\bar{X}$ : media, s: desviación estándar  
Fuente: Anexo 4 (RR-052-2022-STEC: Informes de ensayo).

La distribución de los resultados de la bioquímica sanguínea y perfil hematológico se muestran mediante diagramas de cajas. En estos diagramas no se incluyó la cantidad y porcentaje de basófilos y azurófilos, por no encontrarse en las muestras analizadas (Figura 6.19, Figura 6.20, Figura 6.21).

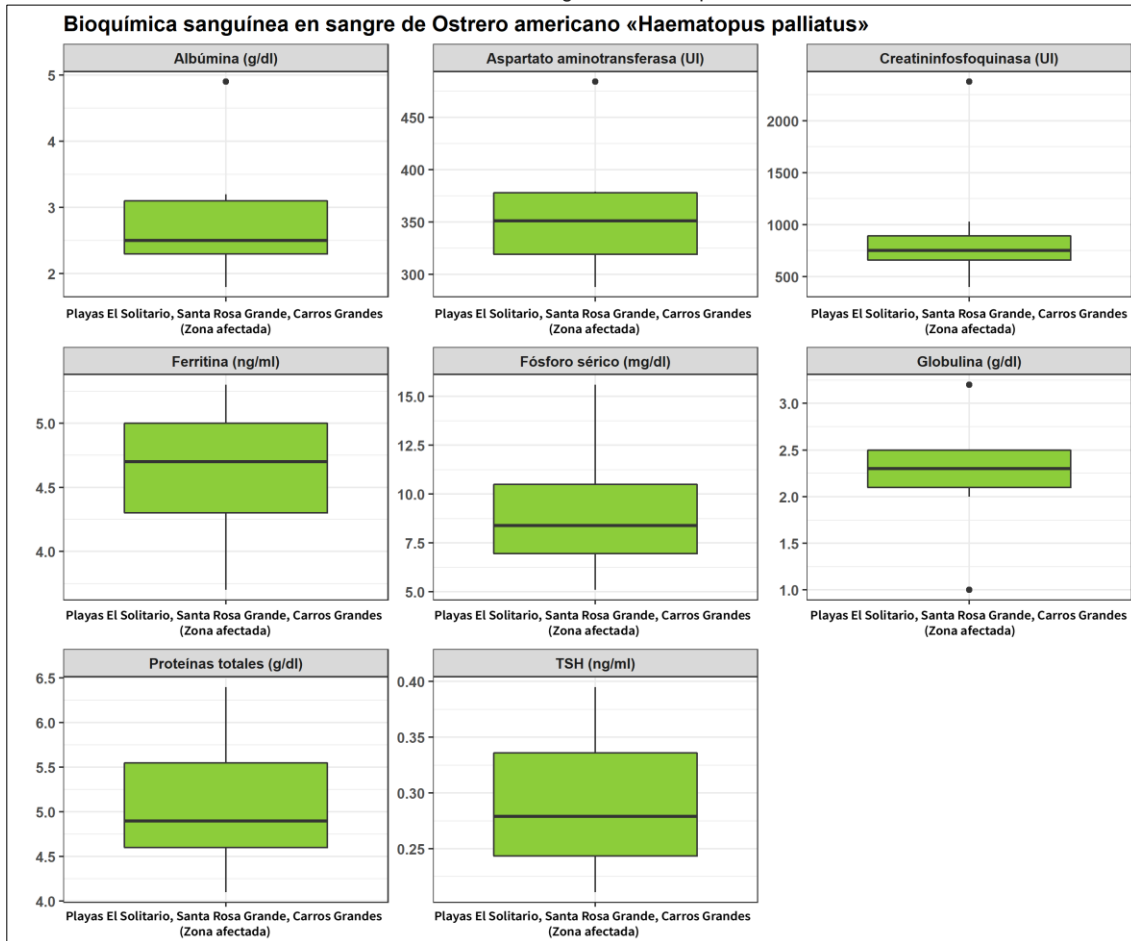
**Tabla 6.13.** Perfil hematológico en ostreros americanos «*Haematopus palliatus*» en playas de la zona afectada por los derrames de petróleo crudo (El Solitario, Santa Rosa Grande y Carros Grandes)

Prueba analítica	Unidad	Playas El Solitario, Santa Rosa Grande y Carros Grandes (Zona afectada)			
		n	Me	$\bar{X}$	s
Análisis de serie blanca					
Leucocitos	N/ $\mu$ l	6	9920	12036,7	4858,9
Heterófilos	%	6	72,5	73,7	6,8
Linfocitos	%	6	22,5	22,8	6,5
Monocitos	%	6	1,5	2,3	2,3
Eosinófilos	%	6	1	1,2	0,8
Basófilos	%	6	0	0	0
Azurófilos	%	6	0	0	0
Heterófilos	N/ $\mu$ l	6	7325	8733,3	3170,5
Linfocitos	N/ $\mu$ l	6	2515	2871,7	1651,7
Monocitos	N/ $\mu$ l	6	170	307,5	405,3
Eosinófilos	N/ $\mu$ l	6	95	124,2	107,4
Basófilos	N/ $\mu$ l	6	0	0	0
Azurófilos	N/ $\mu$ l	6	0	0	0
Análisis de serie roja					
Eritrocitos	N/ $\mu$ l	6	2870000	3276666	1089599
Hemoglobina	g/dl	6	15,5	15,7	1,4
Hematocrito	%	6	49	48,5	3,5
Volumen Corpuscular Medio	fL	6	172,4	158,6	38,7
Hb. Corpuscular Media	pg	6	56,7	52,4	13,3
Conc. Hb. Corpuscular Media	g/dl	6	32,7	33	1,5
Recuento de Reticulocitos	%	6	4	3,8	0,8
Plaquetas	N/ $\mu$ l	6	18000	18500	3391,2

n: número de muestras, Me: mediana,  $\bar{X}$ : media, s: desviación estándar  
Fuente: Anexo 4 (RR-052-2022-STEC: Informes de ensayo).



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»  
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»  
«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

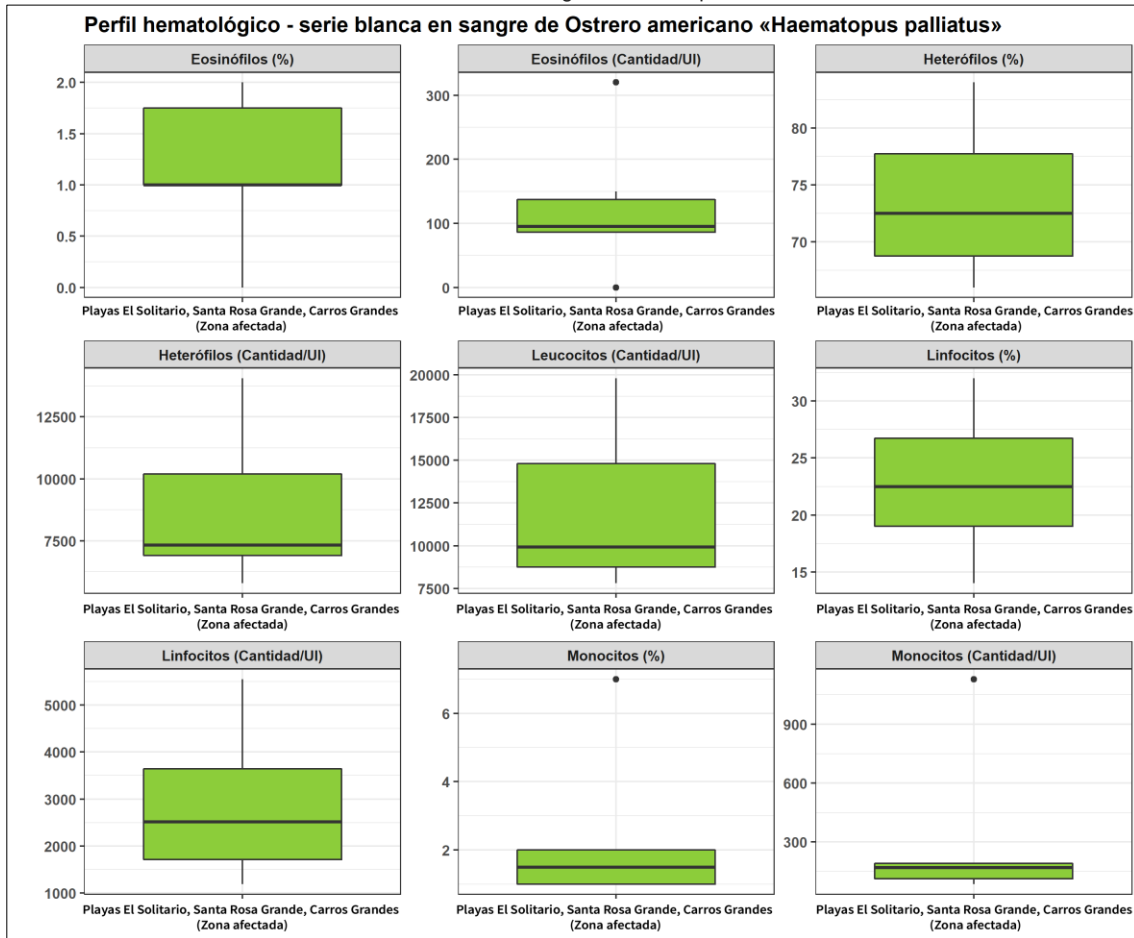


**Figura 6.19.** Bioquímica sanguínea y análisis hormonal de ostreros americanos «*Haematopus palliatus*» de playas de la zona afectada por los derrames de petróleo crudo (El Solitario, Santa Rosa Grande y Carros Grandes)

Respecto a la evaluación de corpúsculos de Heinz, estos se encontraron presentes en 1 muestra colectada en la playa El Solitario, Ancón, Lima.



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»  
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»  
«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»



**Figura 6.20.** Perfil hematológico - serie blanca, de ostreros americanos «*Haematopus palliatus*» de playas de la zona afectada por los derrames de petróleo crudo (El Solitario, Santa Rosa Grande y Carros Grandes)



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»  
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»  
«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

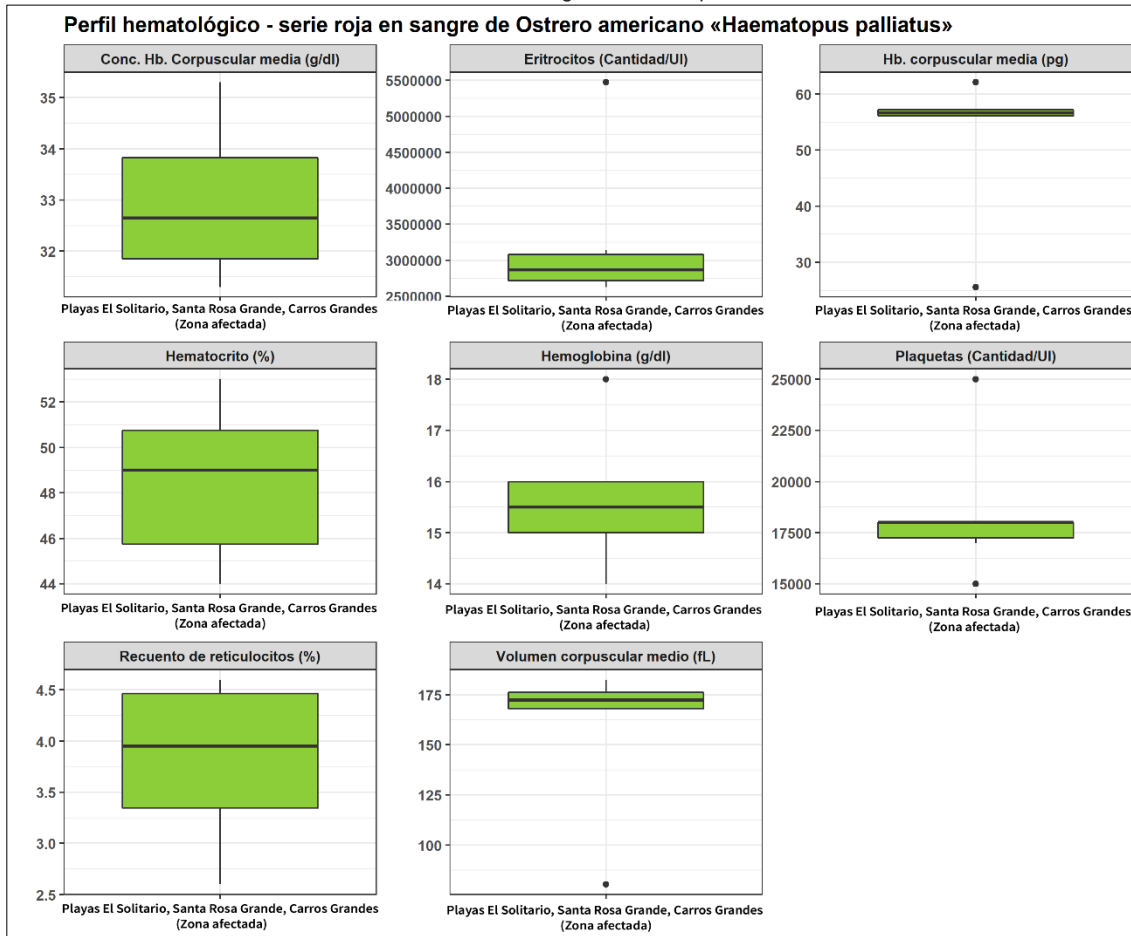


Figura 6.21. Perfil hematológico - serie roja, de ostreros americanos «Haematopus palliatus» de playas de la zona afectada por los derrames de petróleo crudo (El Solitario, Santa Rosa Grande y Carros Grandes)

Durante la evaluación de ostreros americanos en la playa Carros Grandes, Ancón, Lima, se capturó una gaviota dominicana «Larus dominicanus» que no podía volar, a la cual también se le tomó muestras de sangre para análisis de bioquímica sanguínea. La bioquímica sanguínea de este individuo puede observarse en la Tabla 6.14, mientras que, el perfil hematológico (serie blanca y roja) se presenta en la Tabla 6.15.

Tabla 6.14. Bioquímica sanguínea y análisis hormonal de gaviota dominicana «Larus dominicanus» de playa Carros Grandes, Ancón, Lima

Prueba analítica	Unidad	Playa Carros Grandes, Ancón	
		n	Concentración
Bioquímica sanguínea			
CPK	U/l	1	3460
Fósforo sérico	mg/dl	1	6,3
AST	U/l	1	890
Proteínas totales	g/dl	1	5,2
Albumina	g/dl	1	2,9
Globulina	g/dl	1	2,3
Ferritina	ng/ml	1	5,1
Análisis hormonal			



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»

«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

Prueba analítica	Unidad	Playa Carros Grandes, Ancón	
		n	Concentración
TSH	ng/ml	1	0,124

n: número de muestras, Me: mediana,  $\bar{X}$ : media, s: desviación estándar.  
Fuente: Anexo 4 (informes de ensayo: 052-2022-STEC).

**Tabla 6.15.** Perfil hematológico de gaviota dominicana «*Larus dominicanus*» de playa Carros Grandes, Ancón, Lima

Prueba analítica	Unidad	Playa Carros Grandes, Ancón	
		n	Concentración
Análisis de serie blanca			
Leucocitos	N/ $\mu$ l	1	8200
Heterófilos	%	1	74
Linfocitos	%	1	20
Monocitos	%	1	4
Eosinófilos	%	1	2
Basófilos	%	1	0
Azurófilos	%	1	0
Heterófilos	N/ $\mu$ l	1	6070
Linfocitos	N/ $\mu$ l	1	1650
Monocitos	N/ $\mu$ l	1	320
Eosinófilos	N/ $\mu$ l	1	160
Basófilos	N/ $\mu$ l	1	0
Azurófilos	N/ $\mu$ l	1	0
Análisis de serie roja			
Eritrocitos	N/ $\mu$ l	1	2630000
Hemoglobina	g/dl	1	17
Hematocrito	%	1	52
Volumen Corpuscular Medio	fL	1	197,7
Hb. Corpuscular Media	pg	1	64,6
Conc. Hb. Corpuscular Media	g/dl	1	32,7
Recuento de Reticulocitos	%	1	2,46
Plaquetas	N/ $\mu$ l	1	12000

n: número de muestras, Me: mediana,  $\bar{X}$ : media, s: desviación estándar.  
Fuente: Anexo 4 (RR-052-2022-STEC: Informes de ensayo).

#### 6.2.4. Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)

Se analizaron 9 muestras, de plasma sanguíneo de ostrero americano «*H. palliatus*» provenientes de la zona afectada por los derrames de petróleo crudo de la refinera La Pampilla considerando la Zona Reservada Ancón (playa Carros Grandes, n=2), playa del distrito Ancón (playa El Solitario, n=5) y playa del distrito Santa Rosa (playa Santa Rosa Grande, n=2,) y 10 de la playa Wakama (distrito San Vicente de Cañete, zona control). De los 15 hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) analizados, se detectaron 4: fenantreno, fluoranteno, naftaleno y pireno, encontrándose diferencias significativas en 2 de ellos: en fenantreno ( $p = 0,05$ ) y pireno ( $p = 0,017$ ) (Figura 6.22). El fenantreno y pireno fueron detectados en todas las muestras analizadas, mientras el naftaleno fue detectado en 6 de 9 muestras de la zona afectada y 6 de muestras 10 de la zona control (playa Wakama). Por otro lado, el fluoranteno solo fue detectado en 3 muestras de la zona afectada (Tabla 6.16).



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»
«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

Tabla 6.16. Concentraciones de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) en ostrero americano «Haematopus palliatus» de playas de la zona afectada por los derrames de petróleo crudo y playa Wakama (control)

Table with 13 columns: Prueba analítica, Unidad, n, Me, X-bar, s, n, Me, X-bar, s, LOQ, W, p. Rows include Fenantreno, Fluoranteno, Naftaleno, and Pireno.

Nota: En la tabla se muestran solo los HAPs que fueron detectados. n: número de muestras en que se detectó HAPs, Me: mediana, X-bar: media, s: desviación estándar, LOQ: límite de cuantificación, w: prueba de Mann Whitney, p: valor de p. Fuente: Anexo 4 (RR-066-2022-STEC y RR-071-2022-STEC, Informes de ensayos).

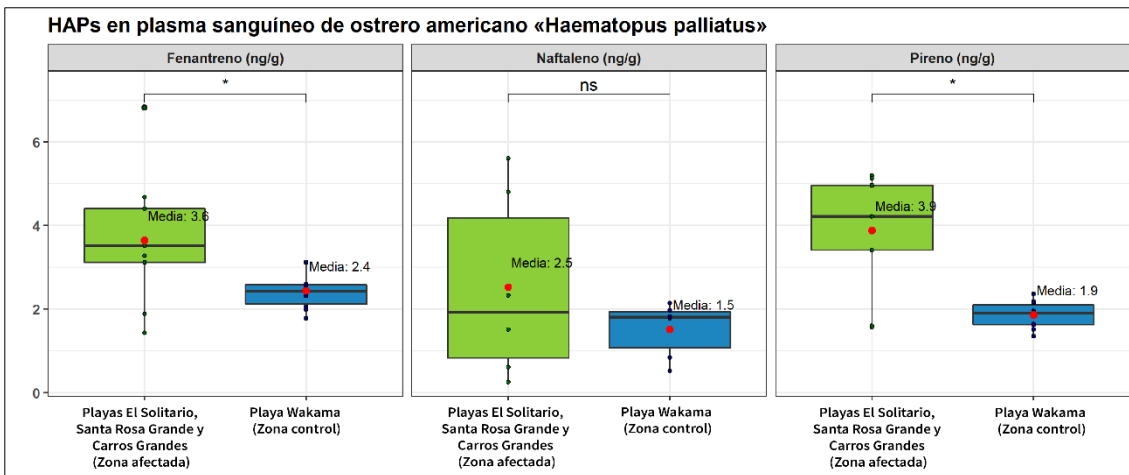


Figura 6.22. Comparación de la distribución de los resultados de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) en plasma sanguíneo de ostrero americano «Haematopus palliatus» de playas de la zona afectada por los derrames de petróleo crudo (El Solitario, Santa Rosa Grande y Carros Grandes) y playa Wakama (control)

A la gaviota dominicana «Larus dominicanus» capturada en la playa Carros Grandes (ZRA), también se le realizó análisis de HAPs en plasma sanguíneo. En esta ave se detectó fenantreno (1,47 ng/g), naftaleno (2,88 ng/g) y pireno (1,16 ng/g) los cuales se detallan en el reporte de resultados RR-066-2022-STEC (Anexo 4).

A nivel de playas evaluadas, la playa El Solitario registró la mayor concentración de HAPs. Asimismo, en la Figura 6.23 se puede observar que las concentraciones de HAPs promedio son mayores en las 3 playas de la zona afectada en comparación con el control.



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»  
 «Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»  
 «Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

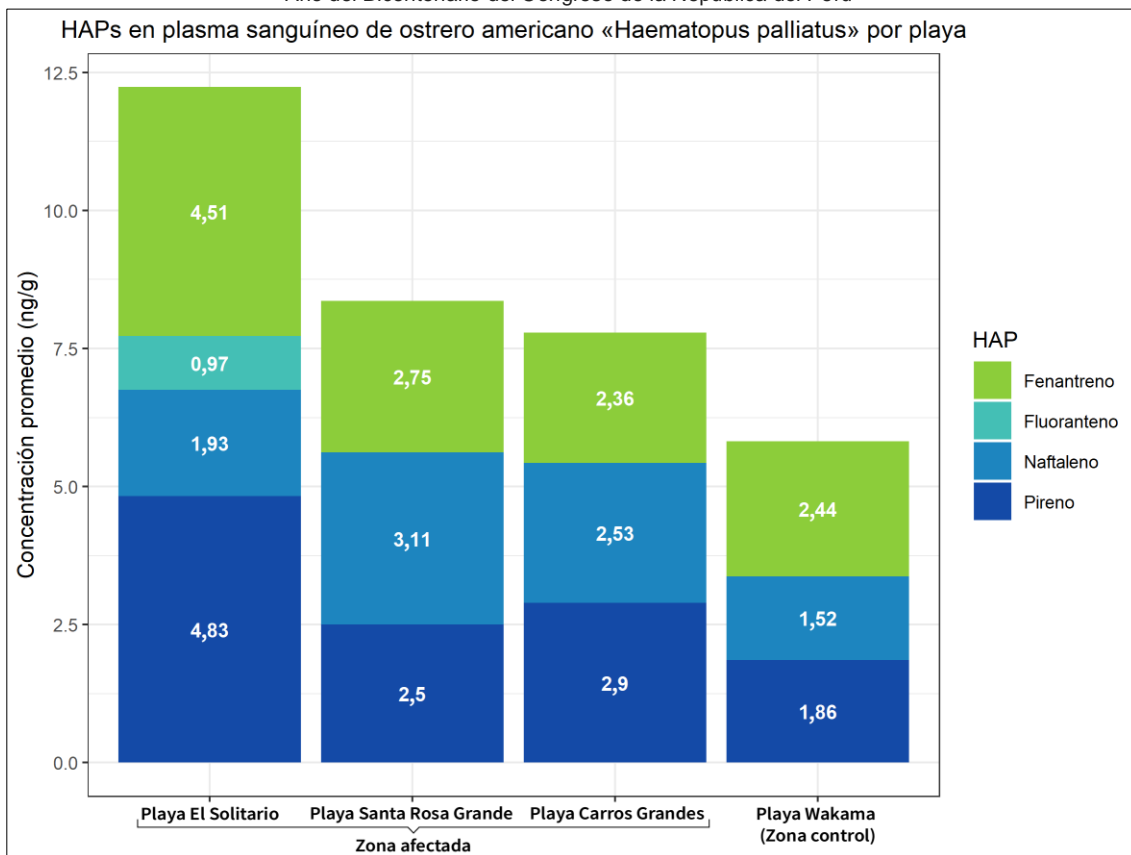


Figura 6.23. Concentración de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) en plasma sanguíneo de ostrero americano «*Haematopus palliatus*» por playa evaluada

6.2.5. Tiempos de captura, toma de muestra y liberación de aves

No se observan diferencias en los tiempos entre instalación de trampa-captura, captura-liberación, toma de muestra-liberación y captura-toma de muestra entre zonas de evaluación (Tabla 6.17, Figura 6.24).

Tabla 6.17. Tiempo de captura y toma de muestras sanguínea hasta tiempo de liberación de ostreros americanos «*Haematopus palliatus*» de playas de la zona afectada (El Solitario, Santa Rosa Grande y Carros Grandes) por los derrames de petróleo crudo y playa Wakama (zona control)

Tiempos	Unidad	Playas El Solitario, Santa Rosa Grande y Carros Grandes (Zona afectada)				Playa Wakama (Zona control)				W	p
		n	Me	$\bar{X}$	S	N	Me	$\bar{X}$	S		
Desde la captura hasta la liberación	min	9	25	25,2	11	10	20,5	22,3	10,6	51,5	0,62
Desde la captura a la toma de muestra de sangre	min	9	9	9,7	3,9	10	6,5	9,1	6,4	57,5	0,32
Desde la toma de muestra de sangre	min	9	19	15,6	9,2	10	10,5	13,2	9,3	49,5	0,74

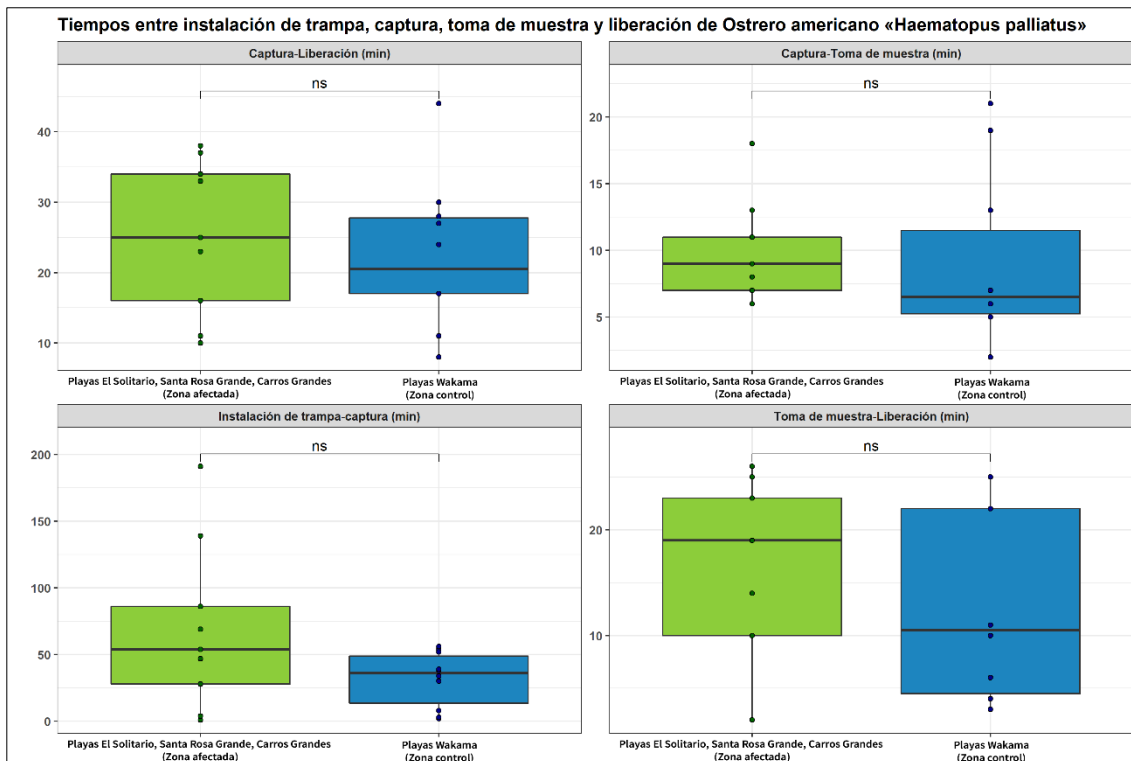




«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»  
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»  
«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

Tiempos	Unidad	Playas El Solitario, Santa Rosa Grande y Carros Grandes (Zona afectada)				Playa Wakama (Zona control)				W	p
		n	Me	$\bar{X}$	S	N	Me	$\bar{X}$	S		
hasta liberación											
Desde la instalación de la trampa hasta la captura	min	9	68,8	54	62,6	10	36	31,6	20,7	60,5	0,22

n: número de muestras, Me: mediana,  $\bar{X}$ : media, s: desviación estándar.



**Figura 6.24.** Comparación de la distribución de los tiempos empleados para la evaluación de ostreros americanos «*Haematopus palliatus*» de playas de la zona afectada por los derrames de petróleo crudo (El Solitario, Santa Rosa Grande y Carros Grandes) y zona control (playa Wakama)

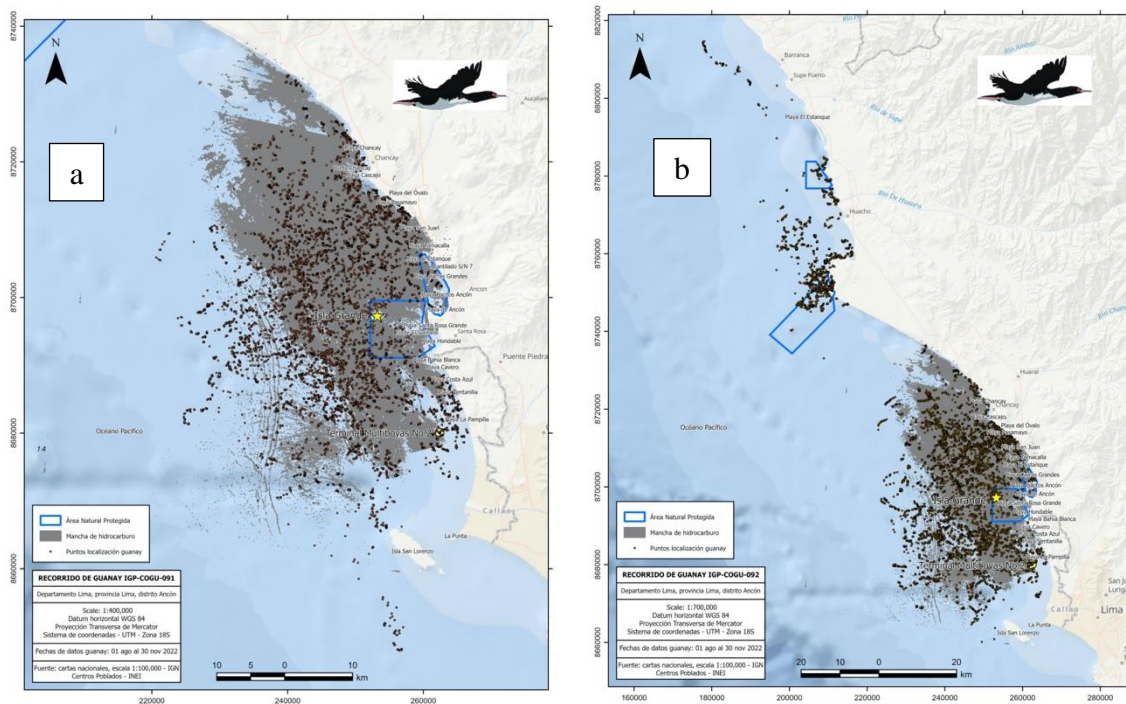
Nota: ns: p>0,05 (no significativo)



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»  
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»  
«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

### 6.3. Movimientos en el mar y áreas de alimentación de los cormoranes guanayes reproductivos «*Phalacrocorax bougainvillii*» de la Isla Grande del Islote Grupo de Pescadores entre agosto y noviembre 2022 para enmarcar los resultados de concentraciones de HAPs, perfil hematológico y bioquímica sanguínea dentro un área marina de uso frecuente por las aves

Entre 1 agosto y 30 noviembre 2022 los GPS de los 2 cormoranes guanayes reproductivos (en estado de crianza de pichones) registraron un total de 34094 y 39550 posiciones de localización o coordenadas, respectivamente (280 a 324 posiciones por día; Figura 6.25). Las aves se desplazaron mayormente en los alrededores de la isla Grande de Pescadores llegando al sur hasta la isla San Lorenzo, por el norte hasta Chancay y recorridos de hasta 20 km tanto por el este como el oeste (Figura 6.25).



**Figura 6.25.** Posiciones de localización de 2 cormoranes guanayes (*Phalacrocorax bougainvillii*) de la isla Grande de Pescadores (estrella amarilla) con transmisores GPS entre el 1 de agosto y 30 noviembre 2022 (a) Ave 192757-091 y (b) Ave 192758-092

Nota: La extensión de la mancha de petróleo del derrame de Ventanilla del 15 enero 2022 se muestra en gris. Las áreas naturales protegidas se enmarcan en color azul.

Durante el período de estudio, el número total de viajes de alimentación registrado fue de 217 y 154 para las aves con GPS 192757-091 y 192758-092, respectivamente (Figura 6.26). Los 2 cormoranes guanayes con GPS tuvieron una rutina diaria de desplazamiento en el mar, es decir, salieron de la isla para alimentarse día a día durante el período de estudio, realizando entre 1 y 3 viajes de alimentación por día con una duración modal de 3 h (N = 371). En todos los casos, las 2 aves regresaron a la isla a pernoctar. En promedio, la distancia máxima de alimentación desde la isla fue de 18,5 km (DS = 7 – 9 km, rango = 5,2 – 69,1 km).

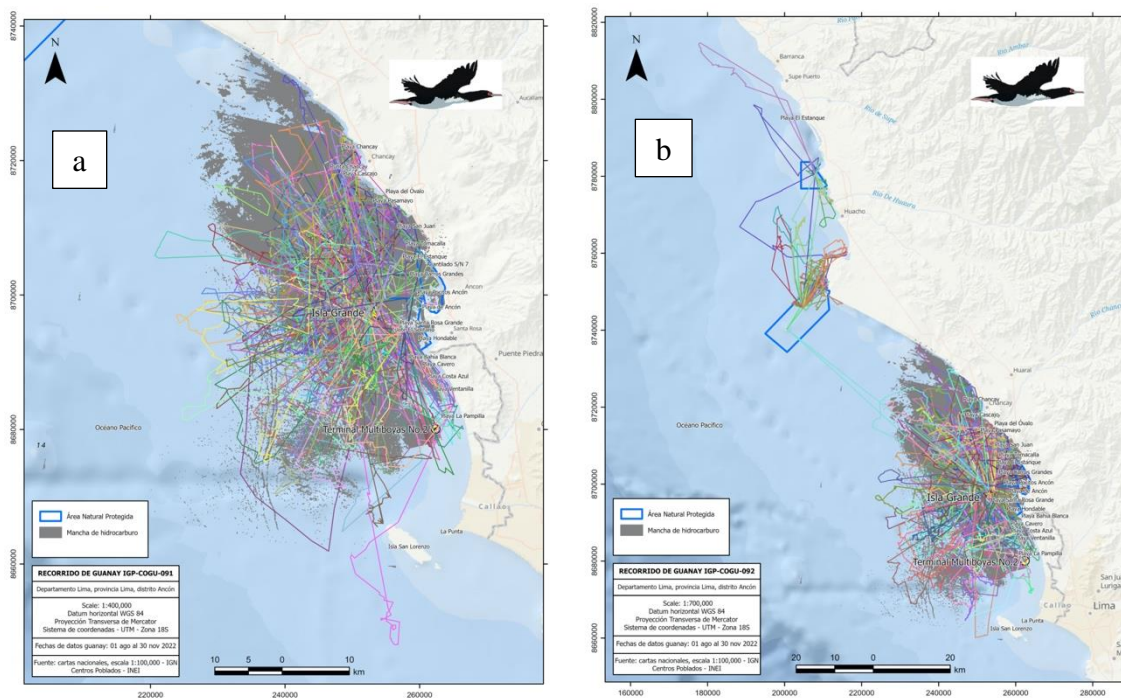
El área de alimentación de los cormoranes de la Isla Grande de Pescadores abarcó una gran extensión. El uso de área marina del cormorán 192757-091 fue de 2332 km<sup>2</sup>, mientras que del cormorán 192758-092 fue de 5194 km<sup>2</sup> (Figura 6.26). Esta diferencia radica en que el segundo cormorán dejó la isla Grande de Pescadores a inicios de noviembre, dirigiéndose



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»  
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»  
«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

hacia el norte, pernoctando por varios días en la isla Mazorca, Huampanú, Punta Salina e Isla Don Martín, esta última ubicada a 100 km de la isla Grande de Pescadores (Figura 6.25b y Figura 6.26b). Desde esta localidad, el ave realizó viajes de alimentación con rangos que abarcaron la zona de Barranca. Esta ave se encuentra aún en la isla Don Martín (Figura 6.26b; 30 noviembre 2022). Un análisis más exhaustivo del uso de hábitat revela que el centro de las actividades de alimentación de ambas aves (25% y 50% de las localizaciones según análisis de kernel) fue principalmente en los alrededores de la Isla Grande de Pescadores con preferencias al norte, sur y oeste de la isla (Figura 4a y 4b). Asimismo, el ave 192758-092 también estuvo alimentándose en los alrededores de Punta Salinas una vez que se desplazó hacia al norte.

El área de alimentación recurrente de los guanayes de la Isla Grande de Pescadores se superpuso casi completamente al área de la mancha de petróleo registrada con imágenes satelitales de CONIDA días después del derrame de petróleo (Figura 6.25, Figura 6.26 Figura 6.27).



**Figura 6.26.** Trayectorias de viajes de alimentación de cormoranes guanayes (*Phalacrocorax bougainvillii*) de la isla Grande de Pescadores con transmisores de localización GPS entre el 1 de agosto y 30 noviembre 2022: a. Ave 192757-091 y b. Ave 192758-092

Nota: Cada color en el conjunto de trayectorias representa el desplazamiento diario. La extensión de la mancha de petróleo del derrame de Ventanilla del 15 enero 2022 se muestra en gris. Las áreas naturales protegidas se enmarcan en color azul.



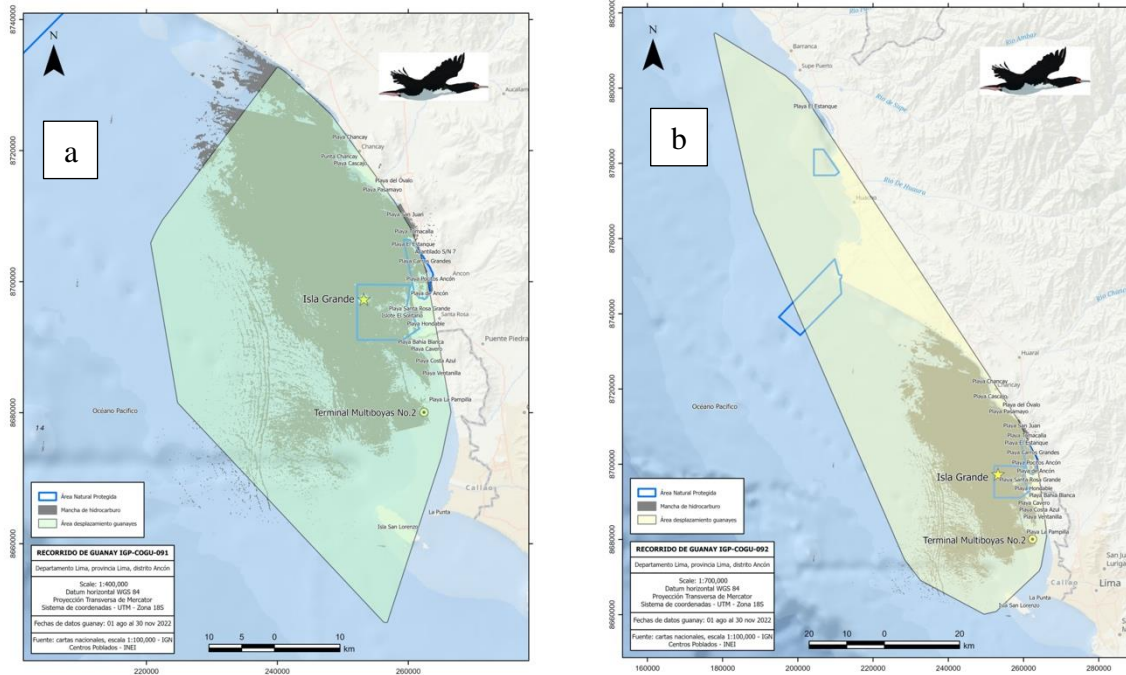
PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

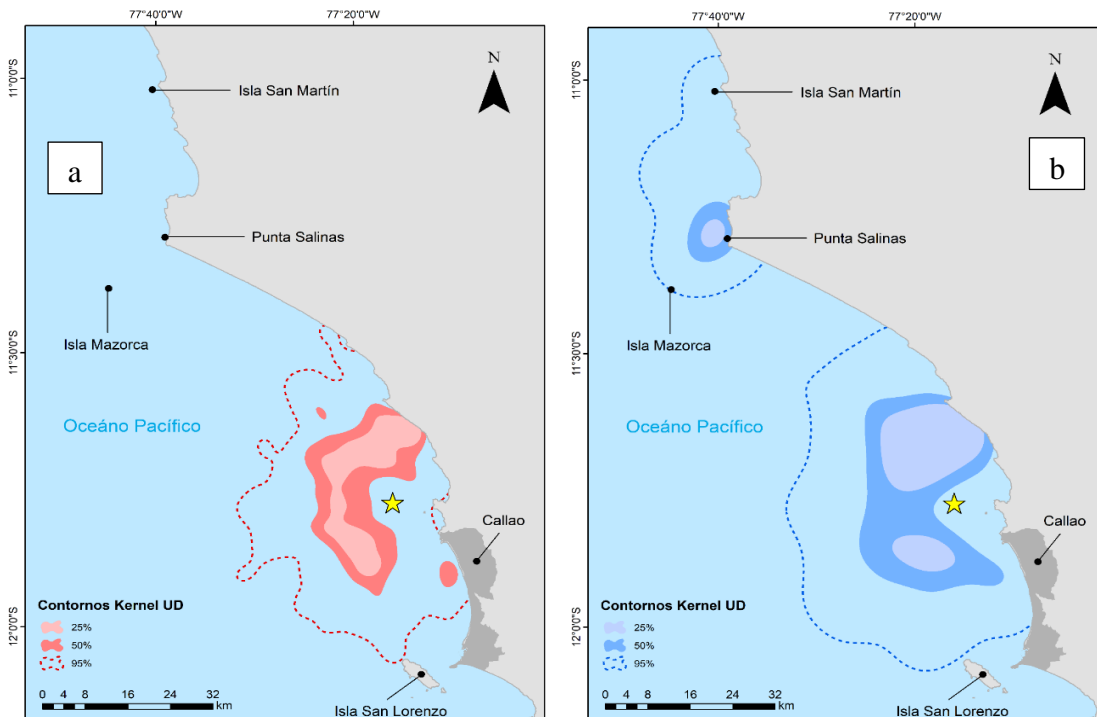
STEC: Subdirección Técnica Científica

«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»  
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»  
«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»



**Figura 6.27.** Áreas (Polígono Convexos Mínimos) de desplazamiento de cormoranes guanay (*Phalacrocorax bougainvillii*) de la isla Grande de Pescadores con transmisores de localización GPS entre el 1 de agosto y 30 noviembre 2022: a. ave 192757-091 y b. ave 192758-092

Nota: Cada color en el conjunto de trayectorias representa el desplazamiento diario. La extensión de la mancha de petróleo del derrame de Ventanilla del 15 enero 2022 se muestra en gris. Las áreas naturales protegidas se enmarcan en color azul.



**Figura 6.28.** Mapa de contornos de densidad de Kernel según distribución de utilización (UD) al 95% (uso general), 50% (uso principal) y al 25% (área central)

Nota: Isla Grande de Pescadores está señalada por la estrella amarilla. Contornos creados con puntos GPS de movimiento sobre el mar del guanay (a) ave con transmisor 192757-091 y (b) ave con transmisor 192758-092



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»

«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

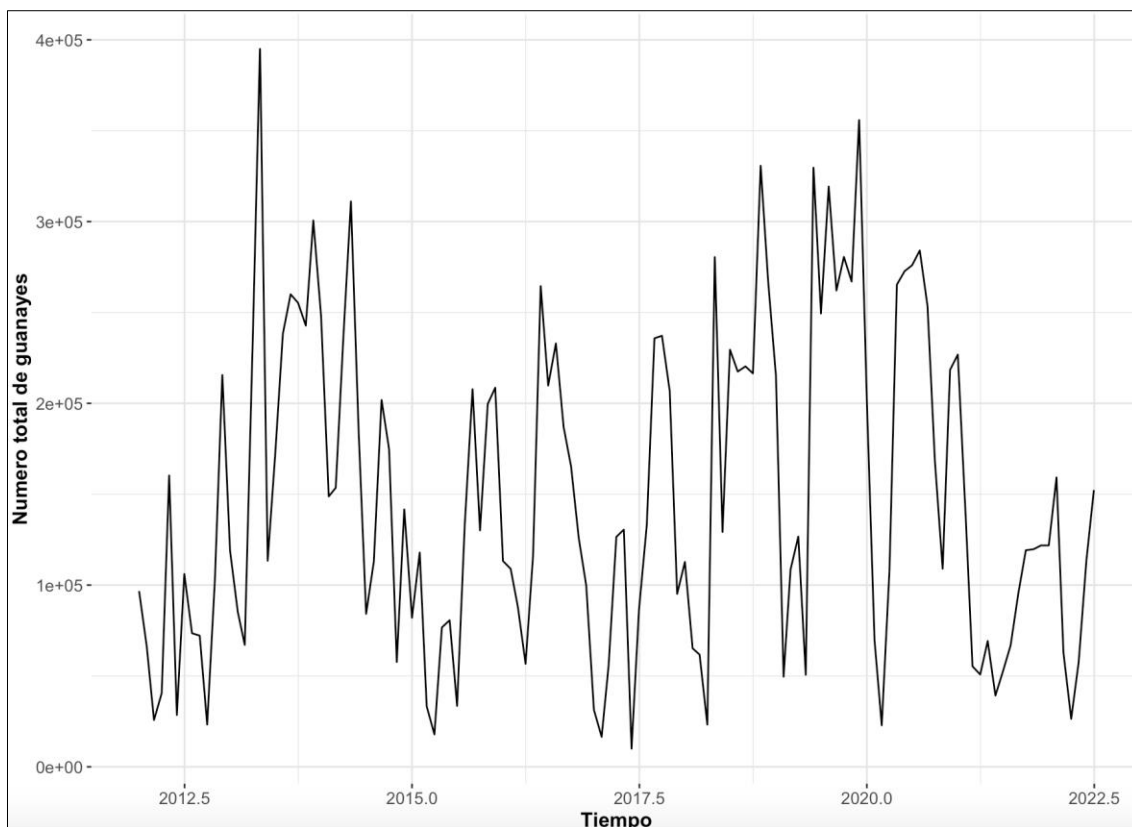
#### 6.4. Tendencias poblacionales de cormoranes guanayes «*Phalacrocorax bougainvillii*» y piqueros peruanos «*Sula variegata*» de la Isla Grande, Pescadores e Isla Chincha Norte, y ostreros americanos «*Haematopus palliatus*» de la Zona Reservada Ancón y Reserva Nacional de Paracas antes, durante y después de los derrames de petróleo de la refinería La Pampilla

##### 6.4.1. Aves marinas

De la información secundaria proporcionada por Agro Rural, se analizaron 127 meses de datos del número mensual de guanayes y piqueros de la Isla Grande del Islo Grupo de Pescadores (años 2012 - 2022).

##### 6.4.1.1. Cormorán guanay «*Phalacrocorax bougainvillii*» - Isla Grande, Pescadores

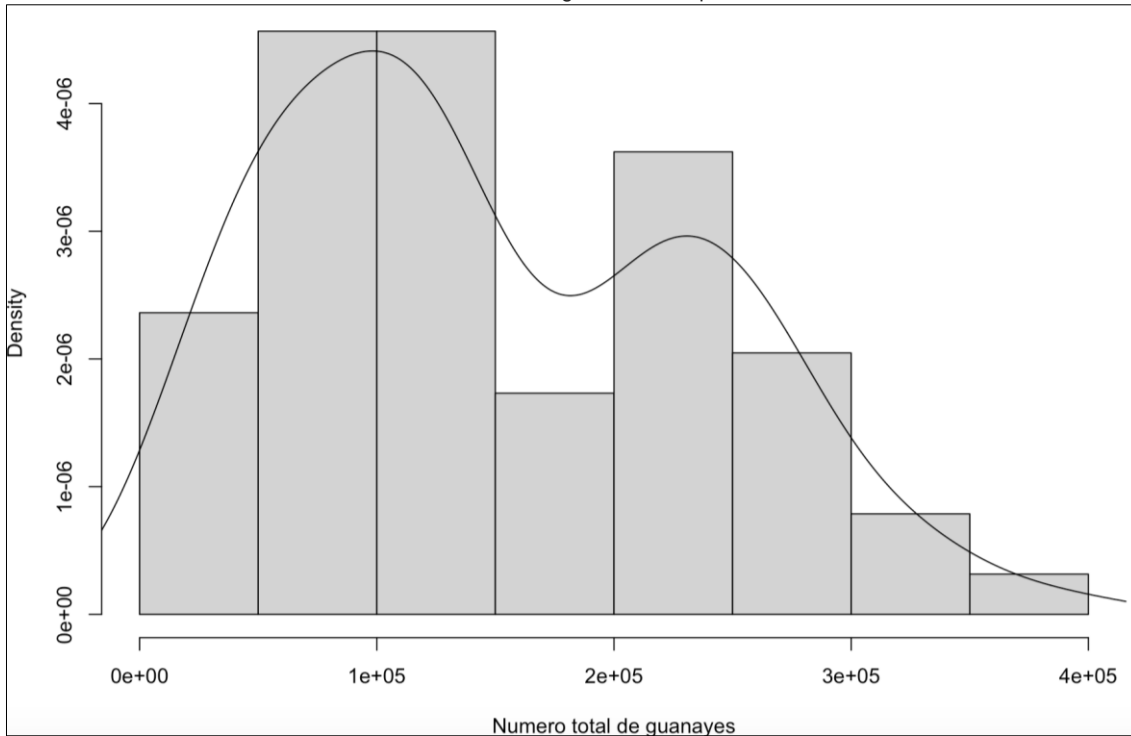
El número de guanayes en este período osciló entre 10000 a 395000 individuos (mayo 2013). La distribución de frecuencia del número de aves indica que para guanayes la población mayormente estuvo por debajo de 300000 individuos, con una distribución bimodal con picos de 100000 y 250000 individuos (Figura 6.29, Figura 6.30).



**Figura 6.29.** Variación mensual en el número de guanayes reproductivos y no reproductivos en la Isla Grande de Pescadores período 2012-2022



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»  
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»  
«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

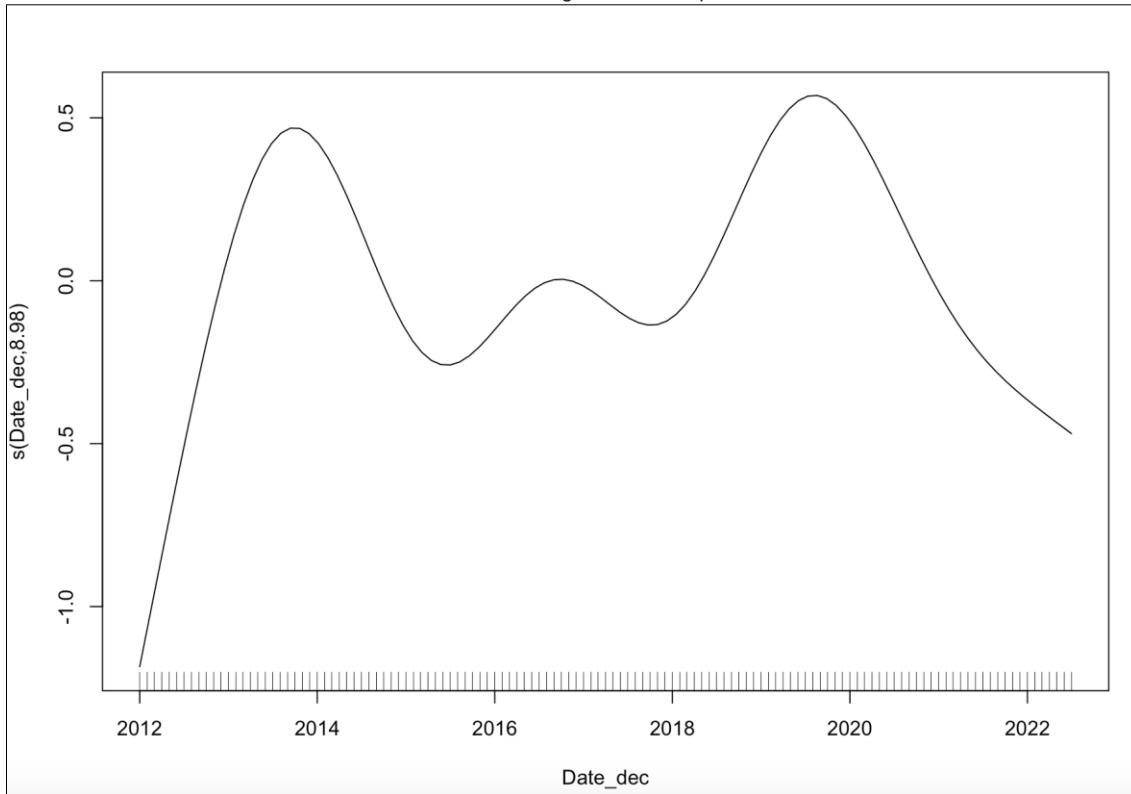


**Figura 6.30.** Distribución de frecuencias del número mensual de guanayes en la Isla Grande de Pescadores entre 2012 y 2022

Los datos de conteo se ajustaron a funciones de *smoothing spline* utilizando modelos generales aditivos (GAM). Los resultados del modelo indicaron que el ajuste fue significativo ( $P < 0,0001$  con los siguientes parámetros:  $k' = 9,0$ ;  $edf = 8,983$ ;  $k\text{-index} = 0,6$ ). El modelo solo explicó el 29,1 % de la variación entre el número de aves y los años. Para el caso del guanay, la función de ajuste *s* mostro que, a partir de 2019, el número de guanayes en la isla Grande de Pescadores ha sufrido un descenso significativo en comparación con los años previos. (Figura 6.31).



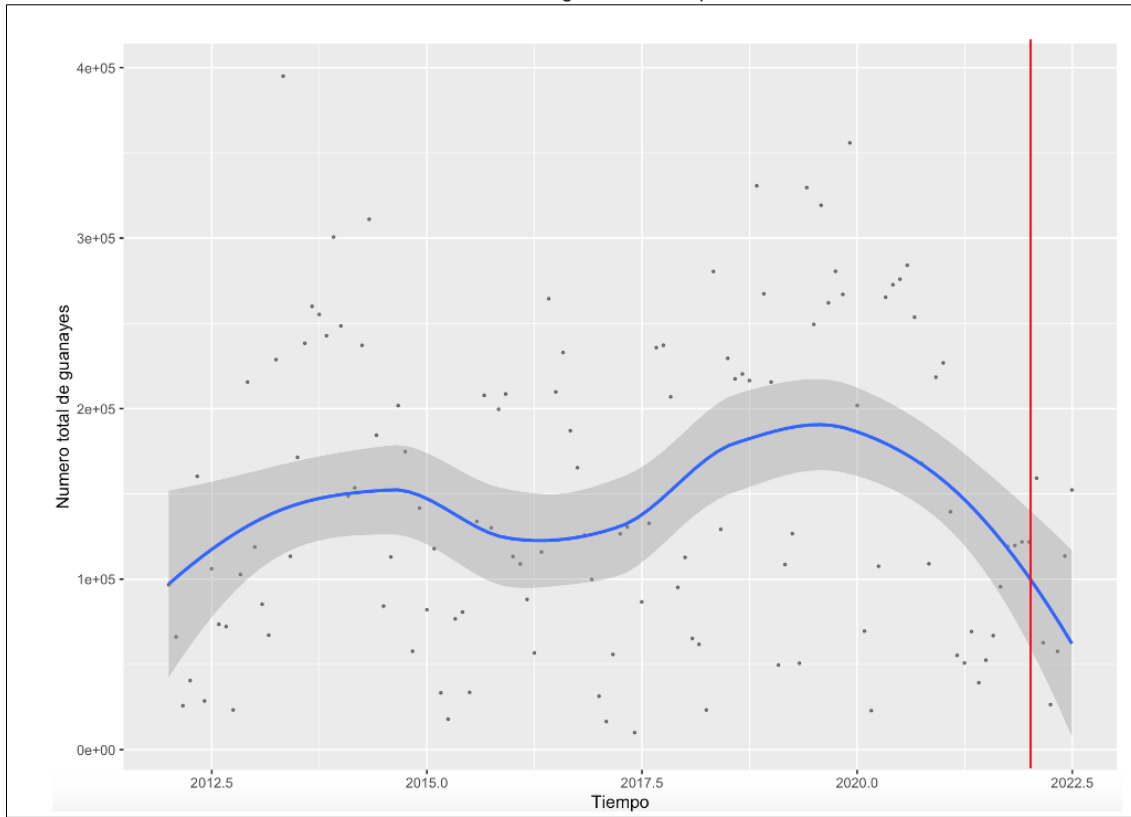
«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»  
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»  
«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»



**Figura 6.31.** Modelo de ajuste GAM para los datos mensuales del número de guanayes en Isla Grande Pescadores entre 2012 y 2022

Nota: El eje Y representa los valores de  $s$  (*smoothing spline fit*).

No se aprecia cambios demográficos significativos en el número de aves como consecuencia del derrame de petróleo, ya que el descenso poblacional se inició en 2019 (Figura 6.32). Otro aspecto importante de mencionar es que la Figura 6.29. muestra valores mínimos recurrentes en el número de cormoranes, los cuales no son exclusivos para el año de derrame de petróleo. Estos mínimos también se observan en otros años y parece corresponder al término de los períodos reproductivos.



**Figura 6.32.** Modelo de ajuste GAM para los datos mensuales del número de guanayes en Isla Grande Pescadores entre 2012 y 2022

Nota: La línea vertical roja representa el mes del derrame de petróleo

#### 6.4.1.2. Cormorán guanay «*Phalacrocorax bougainvillii*» - Isla Chincha Norte

El número de guanayes «*Phalacrocorax bougainvillii*» en este período osciló entre 0 a 545040 individuos (junio 2020). La distribución de frecuencia del número de aves indicó que para guanayes la población mayormente estuvo por debajo de 50 000 individuos, con una distribución Poisson (Figura 6.33 y Figura 6.35).

Los datos de conteo se ajustaron a funciones de *smoothing spline* utilizando modelos generales aditivos (GAM). Los resultados del modelo indica que el ajuste fue significativo ( $P < 0,0001$  con los siguientes parámetros:  $k' = 9,0$ ;  $edf = 9$ ;  $k\text{-index} = 0,71$ ). El modelo solo explicó el 34,2 % de la variación entre el número de aves y los años. Para el caso del guanay, la función de ajuste *s* mostró que, a partir de 2020, el número de guanayes en la isla Chincha Norte ha sufrido un descenso significativo (Figura 6.34Figura 6.36).





«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»  
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»  
«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

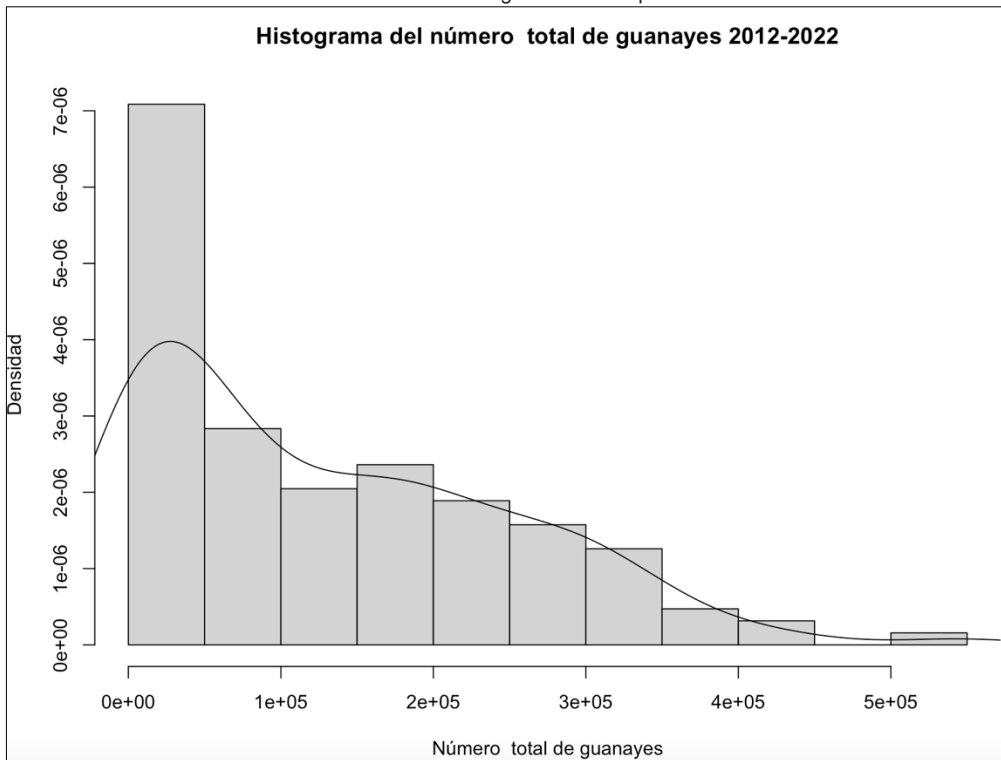


Figura 6.33. Distribución de frecuencias del número mensual de guanayas en la Isla Chincha Norte entre 2012 y 2022

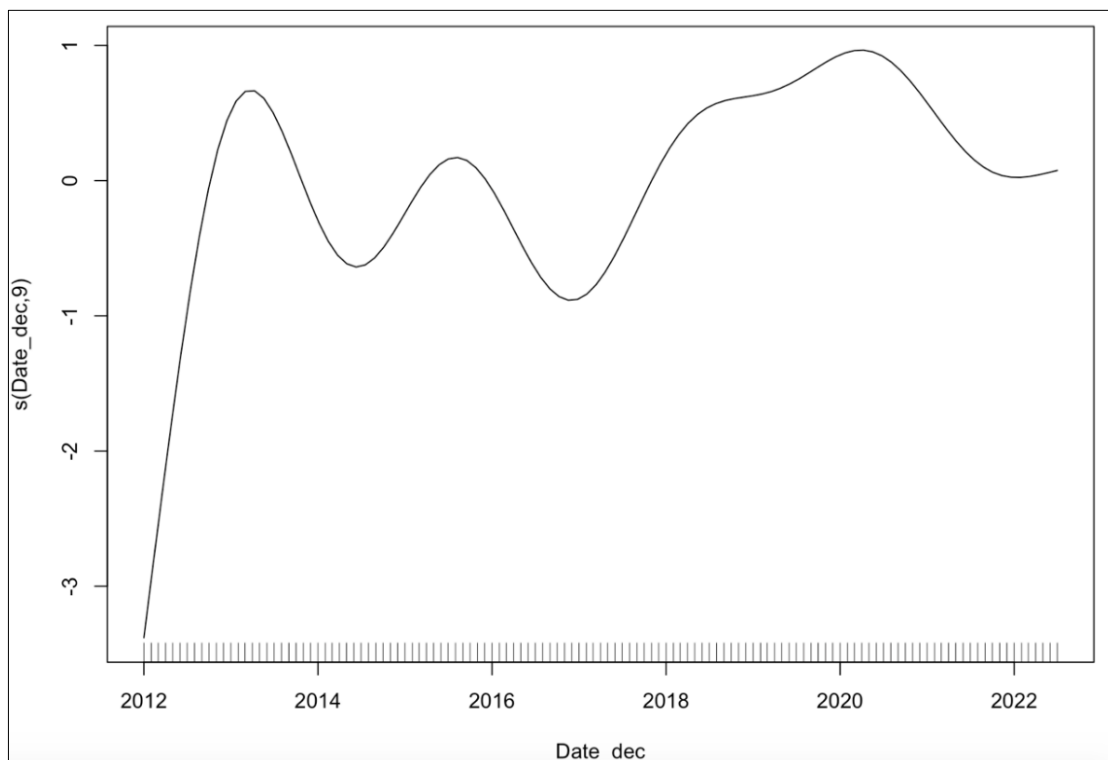


Figura 6.34. Modelo de ajuste GAM para los datos mensuales del número de guanayas en Isla Chincha Norte entre 2012 y 2022

Nota: El eje Y representa los valores de  $s$  (smoothing spline fit).



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»  
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»  
«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

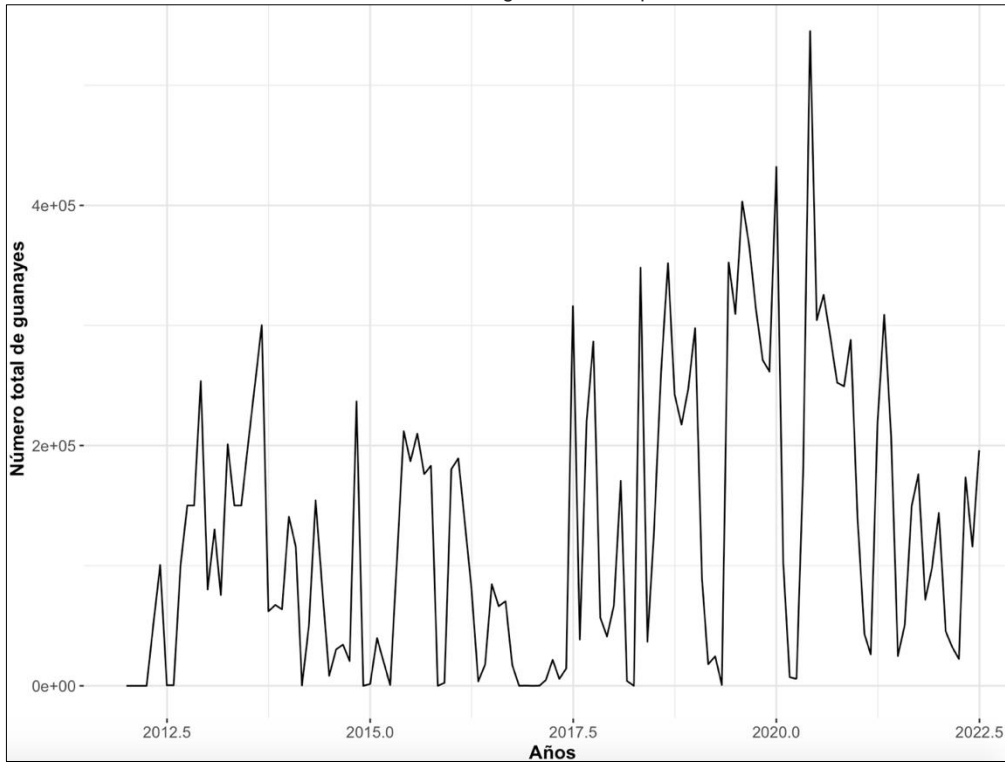


Figura 6.35. Variación mensual en el número de guanayes reproductivos y no reproductivos en la Isla Chincha Norte período 2012-2022

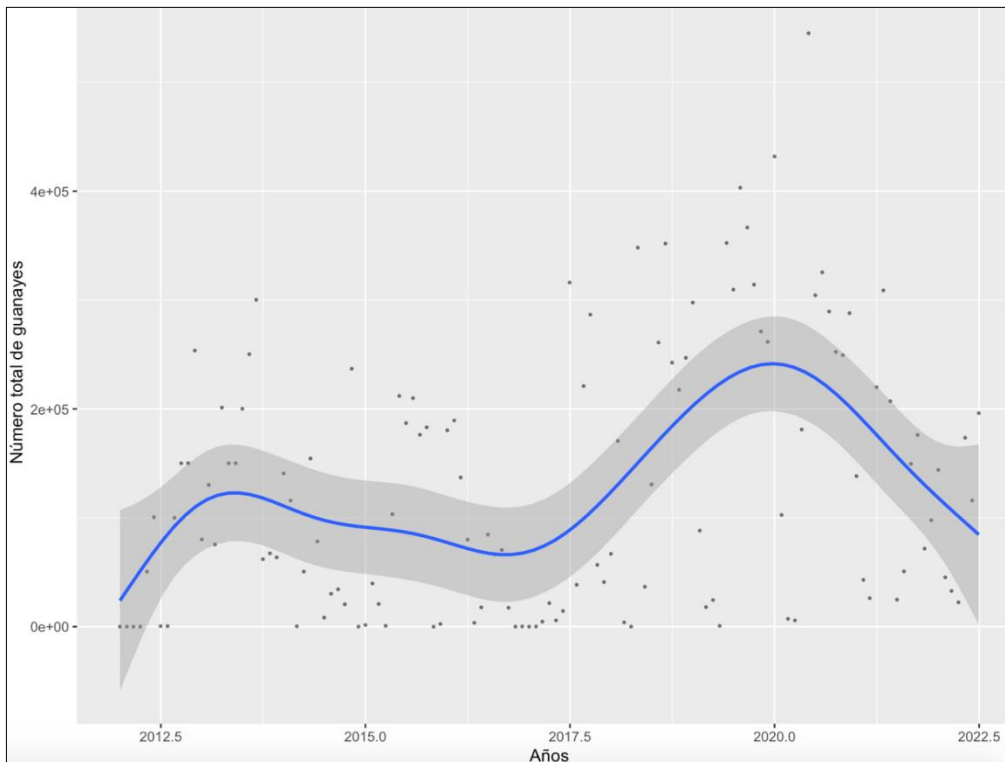


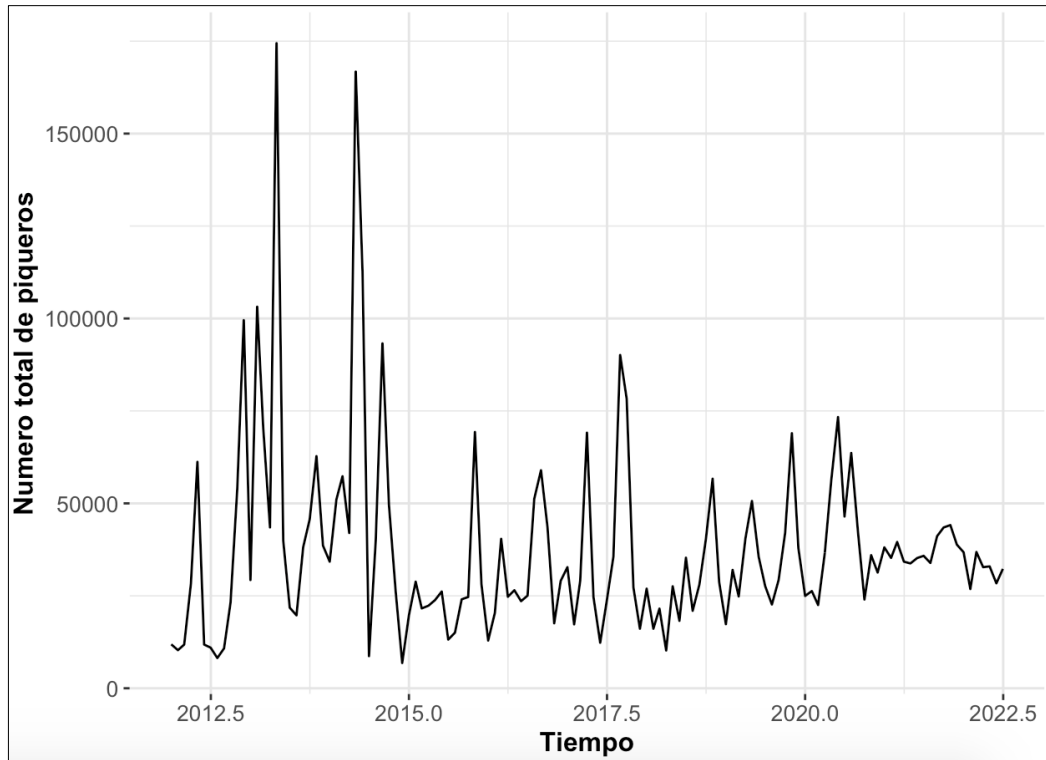
Figura 6.36. Modelo de ajuste GAM para los datos mensuales del número de guanayes en Isla Chincha Norte entre 2012 y 2022



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»  
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»  
«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

### 6.4.1.3. Piquero peruano «*Sula variegata*» - Isla Grande, Pescadores

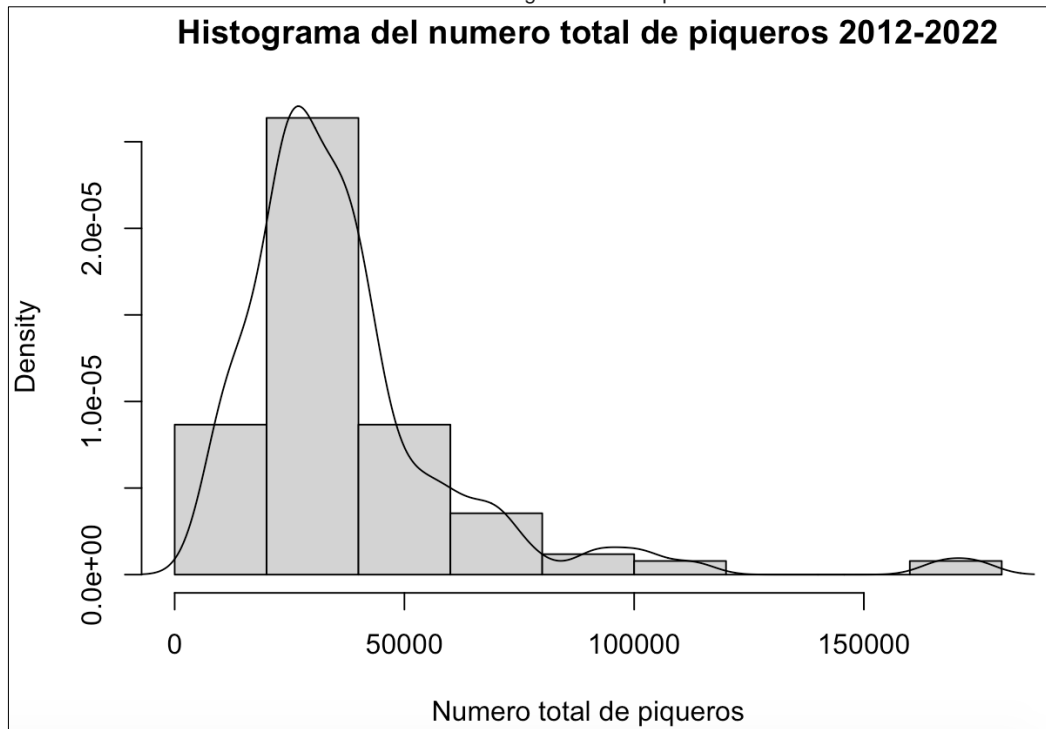
El número de piqueros varió entre 6833 (diciembre 2014) a 174450 individuos (mayo 2013; Figura 6.37). La población mayormente estuvo por debajo de los 100000 individuos, con una distribución de frecuencia de datos multimodal (Figura 6.38).



**Figura 6.37.** Variación mensual en el número de piqueros reproductivos y no reproductivos en la Isla Grande de Pescadores período 2012-2022



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»  
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»  
«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

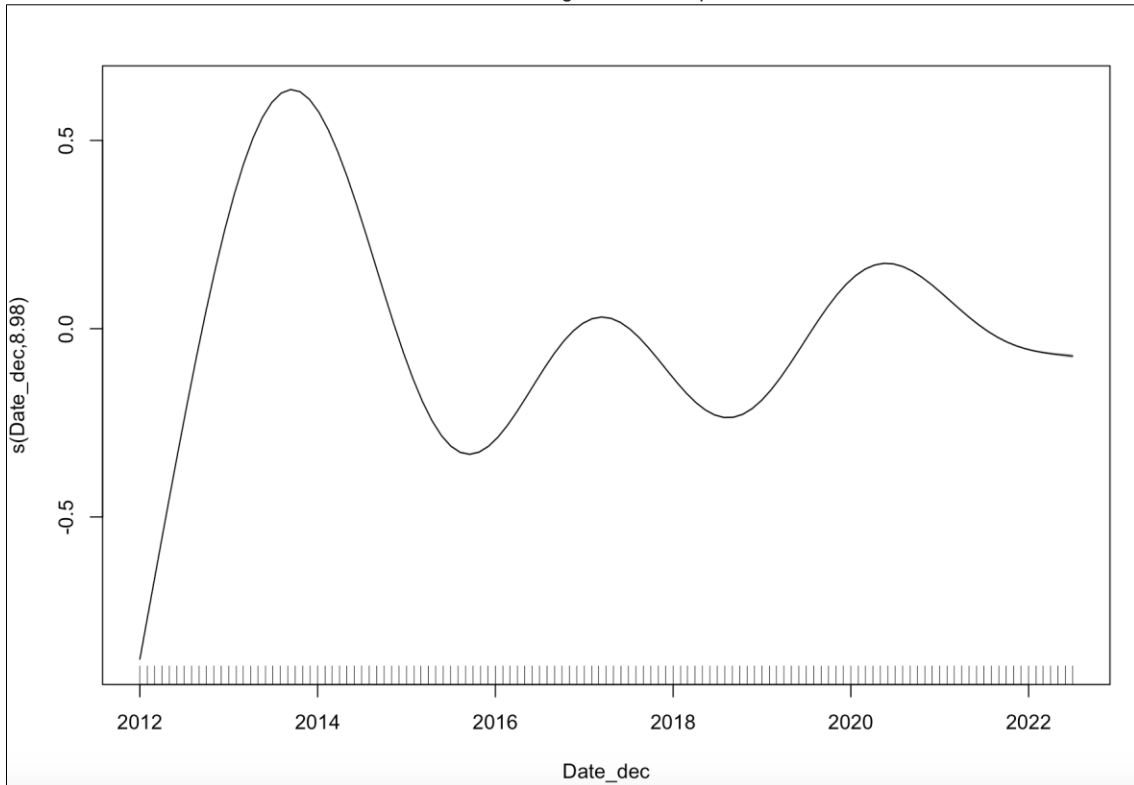


**Figura 6.38.** Distribución de frecuencias del número mensual de guanayes en la Isla Grande de Pescadores entre 2012 y 2022

Los datos de conteo se ajustaron a funciones de *smoothing spline* utilizando modelos generales aditivos (GAM). Los resultados del modelo indicaron que el ajuste fue significativo ( $P = 0,01$  con los siguientes parámetros:  $k' = 9,0$ ;  $edf = 8,98$ ;  $k\text{-index} = 0,59$ ). El modelo explicó el 22,5 % de la variación entre el número de aves y los años. Para el caso del piquero, la función de ajuste *s* mostro que, a partir del 2013, el número de aves disminuyó significativamente volviendo a mostrar ligeros incrementos durante el 2017 y 2019 (Figura 6.39).



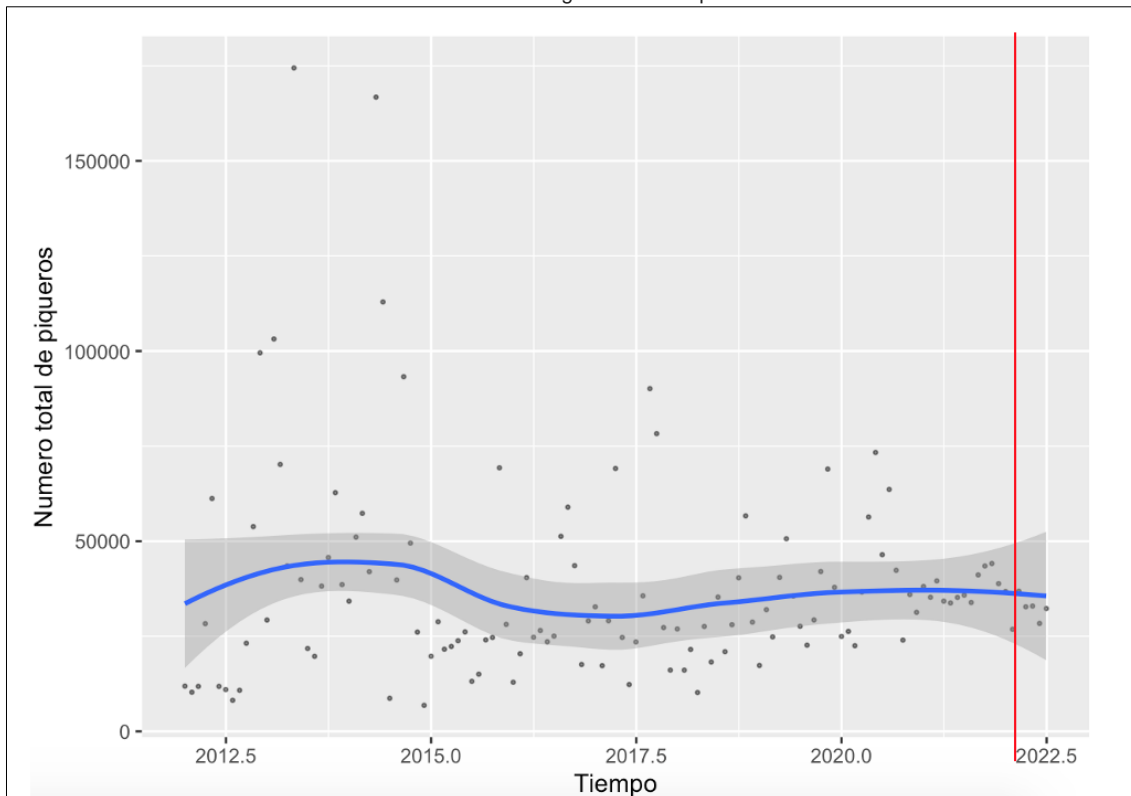
«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»  
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»  
«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»



**Figura 6.39.** Modelo de ajuste GAM para los datos mensuales del número de piqueros en Isla Grande (Pescadores) entre 2012 y 2022

Nota: El eje Y representa los valores de  $s$  (*smoothing spline fit*)

Asimismo, no se apreció cambios demográficos significativos en el número de aves como consecuencia del derrame de petróleo (Figura 6.40).



**Figura 6.40.** Modelo de ajuste GAM para los datos mensuales del número de piqueros en Isla Grande Pescadores entre 2012 y 2022

Nota: La línea vertical roja representa el mes del derrame de petróleo

#### 6.4.1.4. Piquero peruano «*Sula variegata*» - Isla Chincha Norte

El número de piqueros varió entre 3866 (julio 2014) a 801720 individuos (setiembre 2018; Figura 6.43). La población mayormente estuvo por debajo de los 100000 individuos, con una distribución de frecuencia de datos Poisson (Figura 6.41).

Los datos de conteo se ajustaron a funciones de *smoothing spline* utilizando modelos generales aditivos (GAM). Los resultados del modelo indicaron que el ajuste fue significativo ( $P < 0,001$  con los siguientes parámetros:  $k' = 9,0$ ;  $edf = 8,99$ ;  $k\text{-index} = 0,6$ ). El modelo explicó el 38,6 % de la variación entre el número de aves y los años. Para el caso del piquero, la función de ajuste *s* mostro que, a partir del 2019, el número de aves disminuyó significativamente manteniendo una población estable desde agosto del 2020 (Figura 6.42 y Figura 6.44).



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»  
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»  
«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

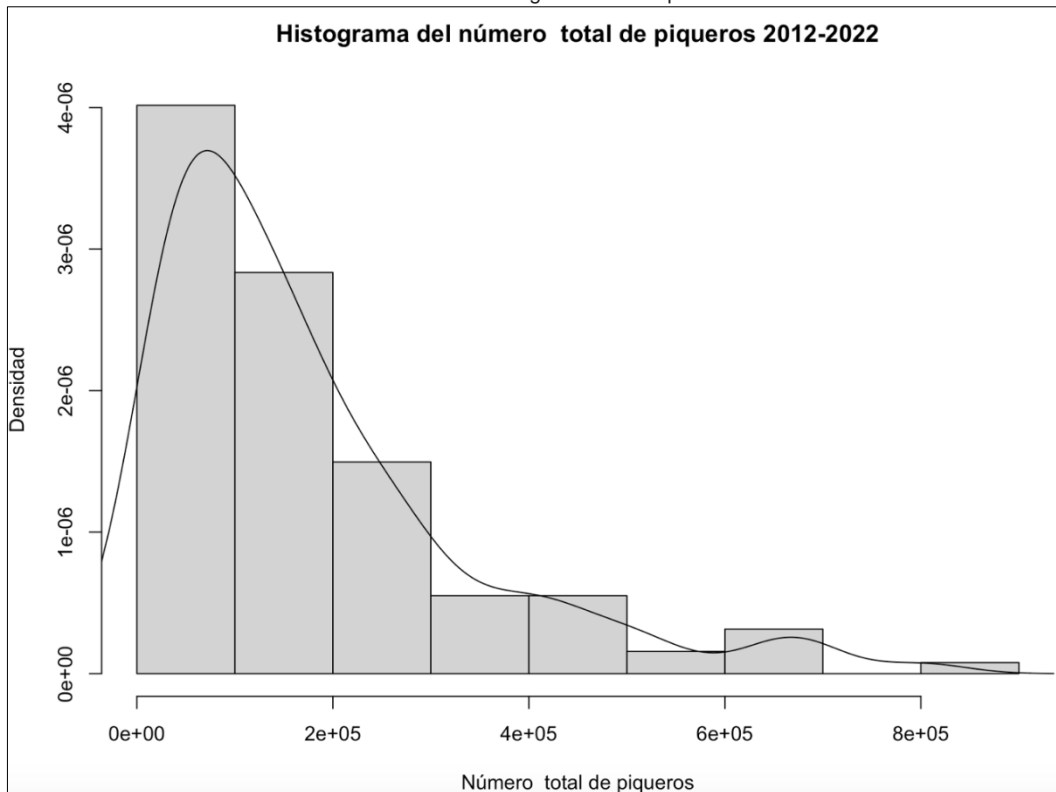


Figura 6.41. Distribución de frecuencias del número mensual de piqueros en la Isla Chincha Norte entre 2012 y 2022

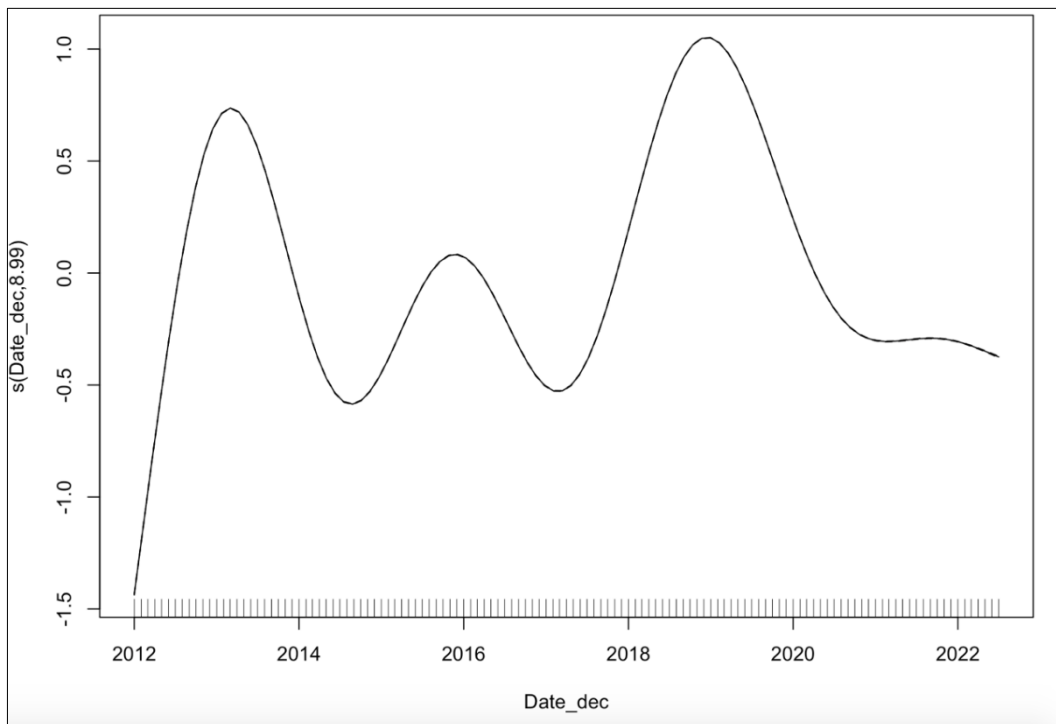


Figura 6.42. Modelo de ajuste GAM para los datos mensuales del número de piqueros en Isla Chincha Norte entre 2012 y 2022. El eje Y representa los valores de  $s$  (*smoothing spline fit*)



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»  
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»  
«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

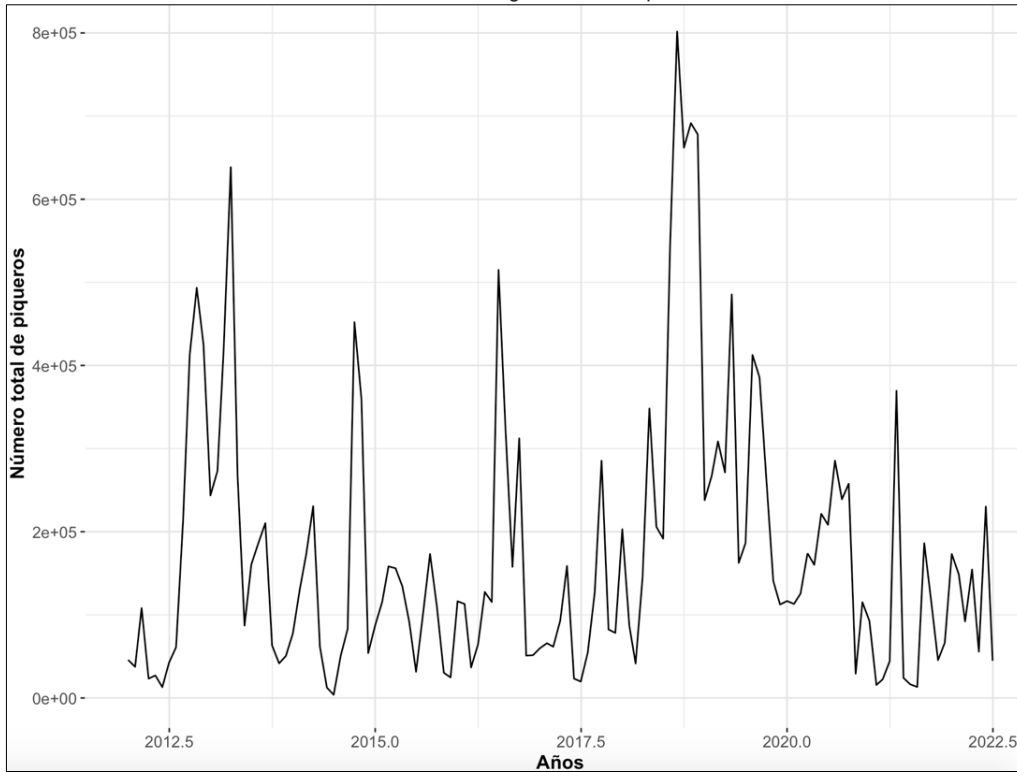


Figura 6.43. Variación mensual en el número de piqueros reproductivos y no reproductivos en la Isla Chincha Norte período 2012-2022

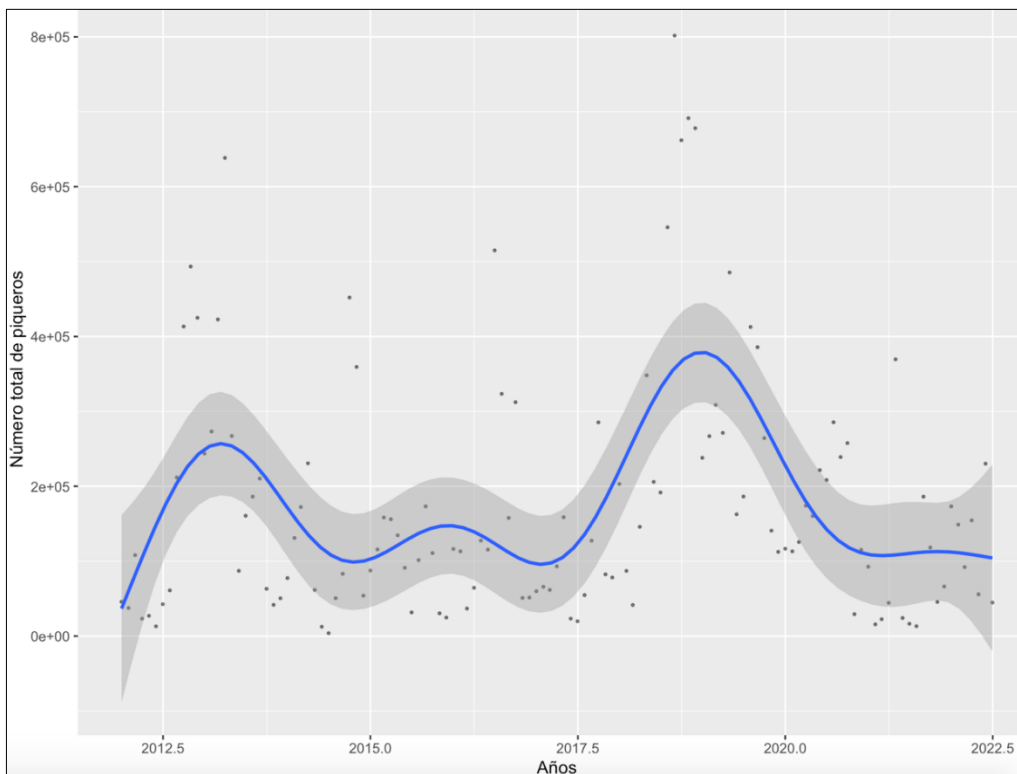


Figura 6.44. Modelo de ajuste GAM para los datos mensuales del número de piqueros en Isla Chincha Norte entre 2012 y 2022.



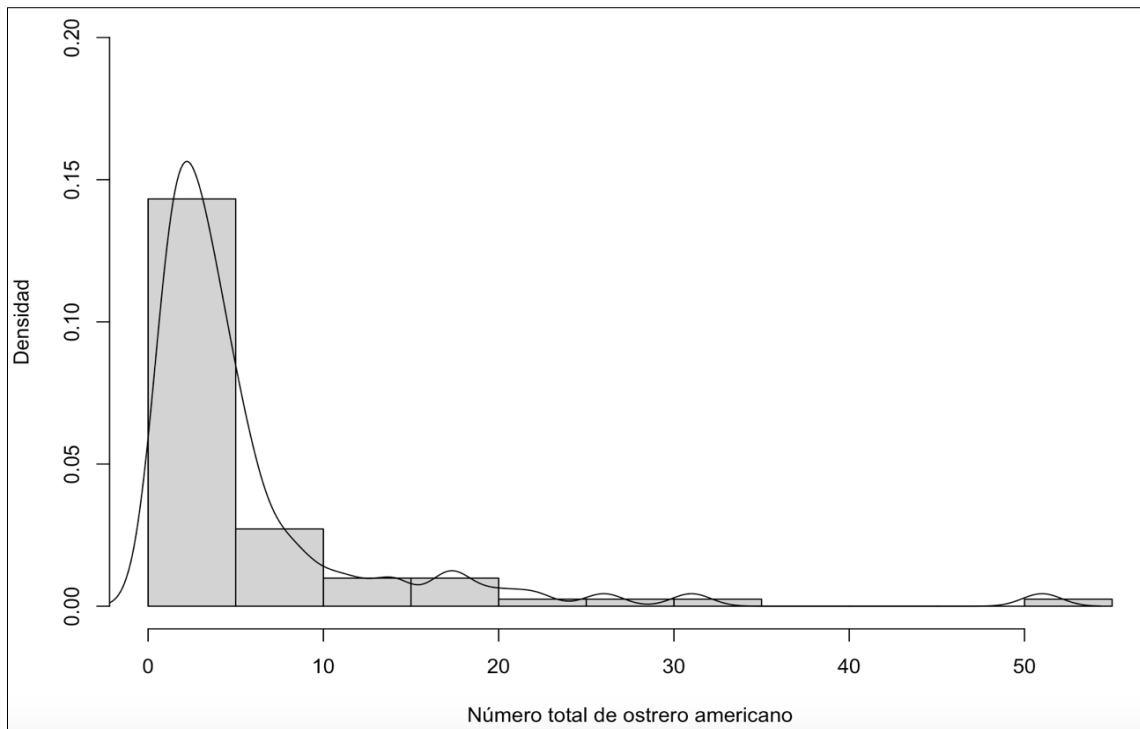


### 6.4.2. Aves costeras

Se analizaron 81 datos para la Zona Reservada Ancón de conteos correspondiente a los ostreros americanos «*Haematopus palliatus*», proporcionada por el SERNANP de la Zona Reservada Ancón<sup>20</sup>, en el periodo comprendido entre julio de 2020 a mayo de 2022. Los conteos realizados no fueron sistemáticos, pudiendo tener entre 1 a 4 conteos en un mismo día en diferentes sectores. En la Reserva Nacional Paracas se analizaron 65 meses de conteos de ostrero americano entre enero de 2017 a mayo de 2022, proporcionado por el SERNANP de la Reserva Nacional de Paracas<sup>21</sup>, estos conteos fueron consecutivos en el periodo señalado.

#### 6.4.2.1. Ostrero americano «*Haematopus palliatus*» de la Zona Reservada Ancón

La población mayormente estuvo por debajo de los 10 individuos por sector o playa monitoreada, con una distribución de frecuencia de datos sesgada hacia la derecha (Figura 6.45 y Figura 6.46). El número de ostreros dentro de la Zona Reservada Ancón varió entre 2 a 31 individuos antes del derrame y entre 1 y 51 después del derrame (Figura 6.46).



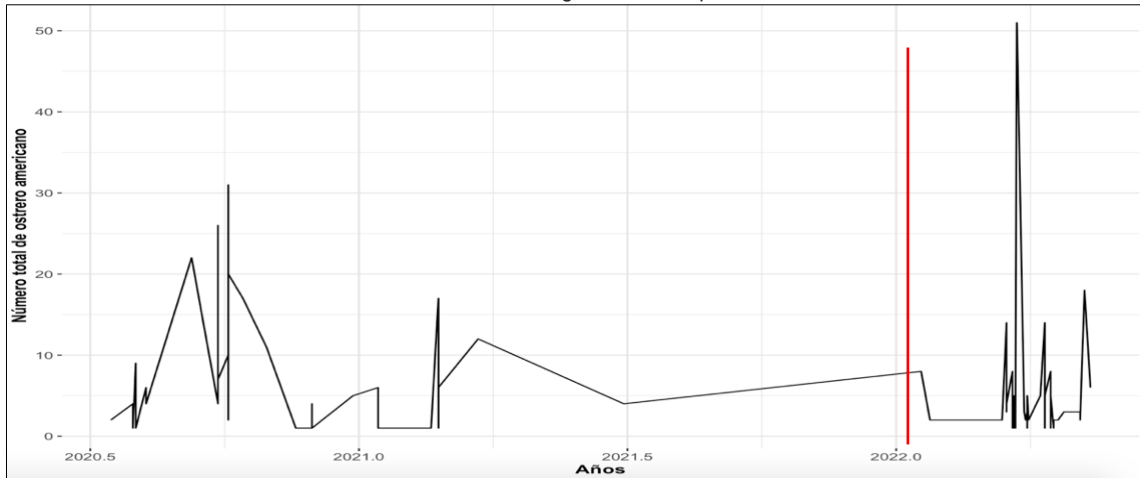
**Figura 6.45.** Distribución y densidad del número de ostreros americanos en la Zona Reservada Ancón entre los años 2020 y 2022

<sup>20</sup> Oficio N.º 191-2022-SERNANP-ZRA-J.

<sup>21</sup> Oficio N.º 417-2022-SERNANP-RNP/J.



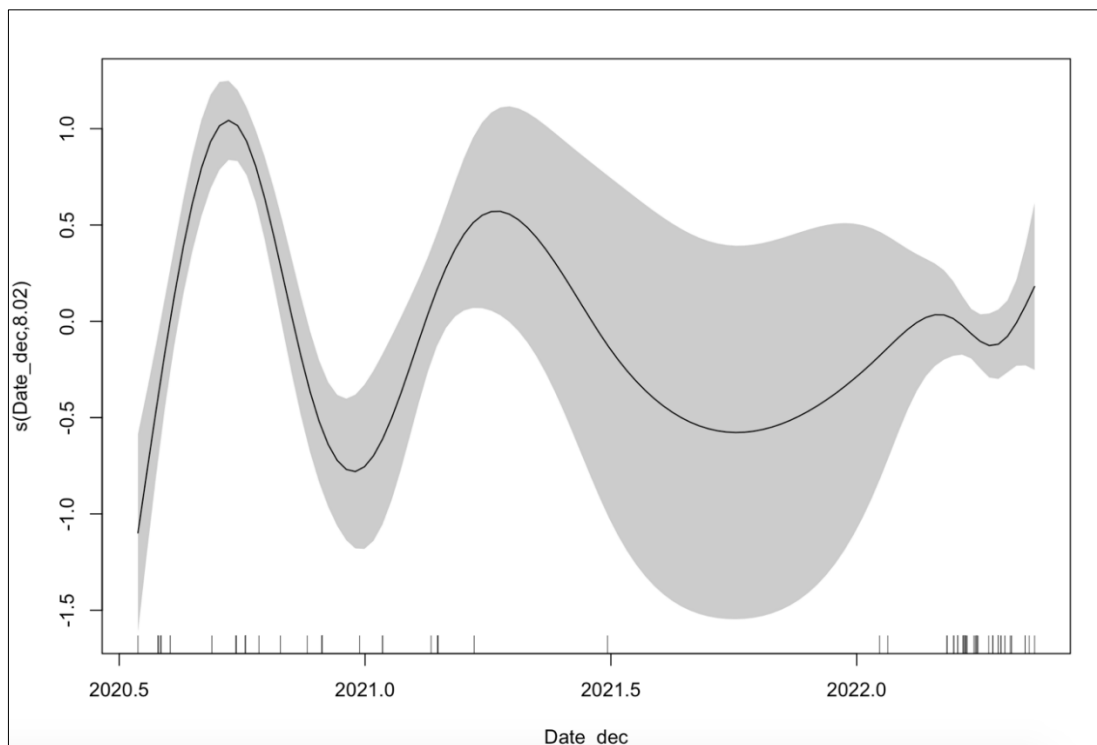
«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»  
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»  
«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»



**Figura 6.46.** Variación del número de ostreros americanos en la Zona Reservada de Ancón periodo 2020-2022

Nota: La línea vertical roja representa el mes del derrame de petróleo.

Los datos de los conteos brindados para la Zona Reservada Ancón se ajustaron a funciones de «*smoothing spline*» utilizando modelos generales aditivos (GAM). Los resultados del modelo indicaron que el ajuste fue significativo ( $P < 0,0001$  con los siguientes parámetros:  $k' = 9,0$ ;  $edf = 8,2$ ;  $k\text{-index} = 1,2$ ; Figura 6.47 y Figura 6.48). El modelo solo explicó el 24,6 % de la variación entre el número de aves y los años.

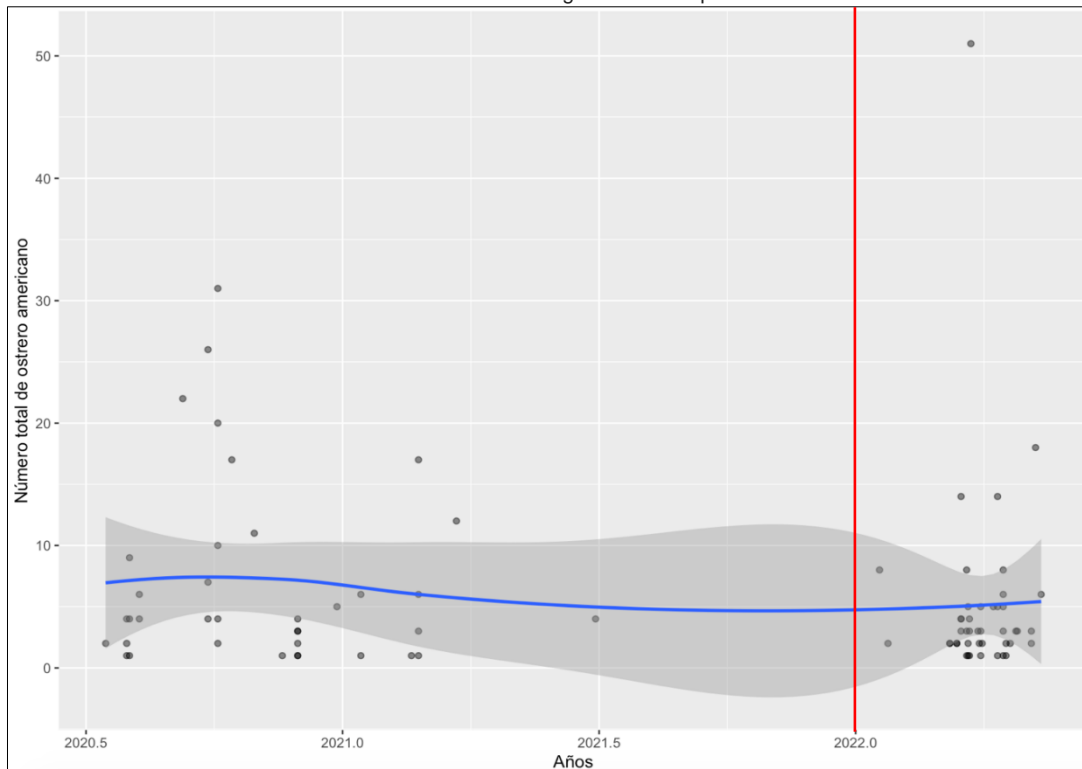


**Figura 6.47.** Modelo de ajuste GAM para los datos del número de ostreros americanos en la Reserva Nacional de Paracas entre los años 2017-2022

Nota: El eje Y representa los valores de  $s$  (*smoothing spline fit*).



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»  
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»  
«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»



**Figura 6.48.** Modelo de ajuste GAM para los datos del número de ostreros americanos en la Zona Reservada Ancón entre los años 2020-2022

Nota: La línea vertical roja representa el mes del derrame de petróleo.

#### 6.4.2.2. Ostrero americano «*Haematopus palliatus*» de la Reserva Nacional de Paracas

El número de ostreros americanos dentro de la Reserva Nacional de Paracas en el periodo comprendido entre enero 2017 y mayo 2022 ( $n = 65$ ) varió entre 216 a 634 individuos (julio 2019). La población mayormente estuvo por debajo de los 400 individuos (Figura 6.49 y Figura 6.50).

Los datos de los conteos brindados por la Reserva Nacional de Paracas se ajustaron a funciones de «*smoothing spline*» utilizando modelos generales aditivos (GAM). Los resultados del modelo indicaron que el ajuste fue significativo ( $P < 0,0001$  con los siguientes parámetros:  $k' = 9,0$ ;  $edf = 8,78$ ;  $k\text{-index} = 1,17$ ; Figura 6.51 y Figura 6.52). El modelo solo explicó el 9,42 % de la variación entre el número de aves y los años.



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»  
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»  
«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

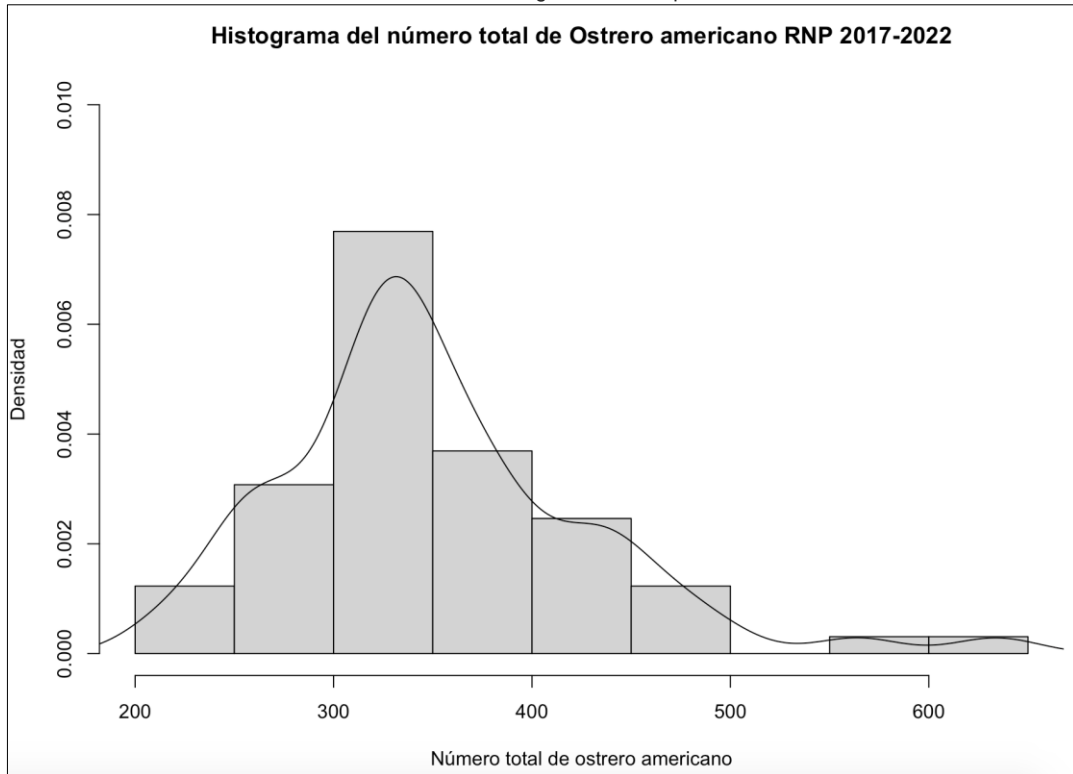


Figura 6.49. Distribución y densidad del número de ostreros americanos en la Reserva Nacional de Paracas entre los años 2020 y 2022

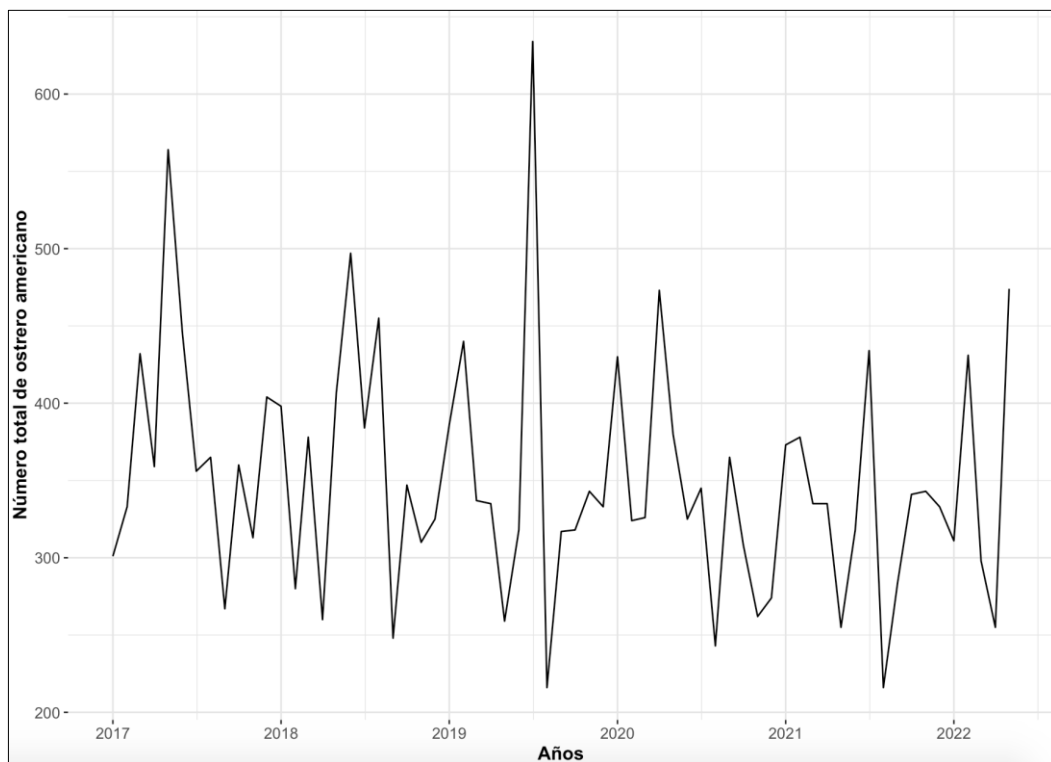
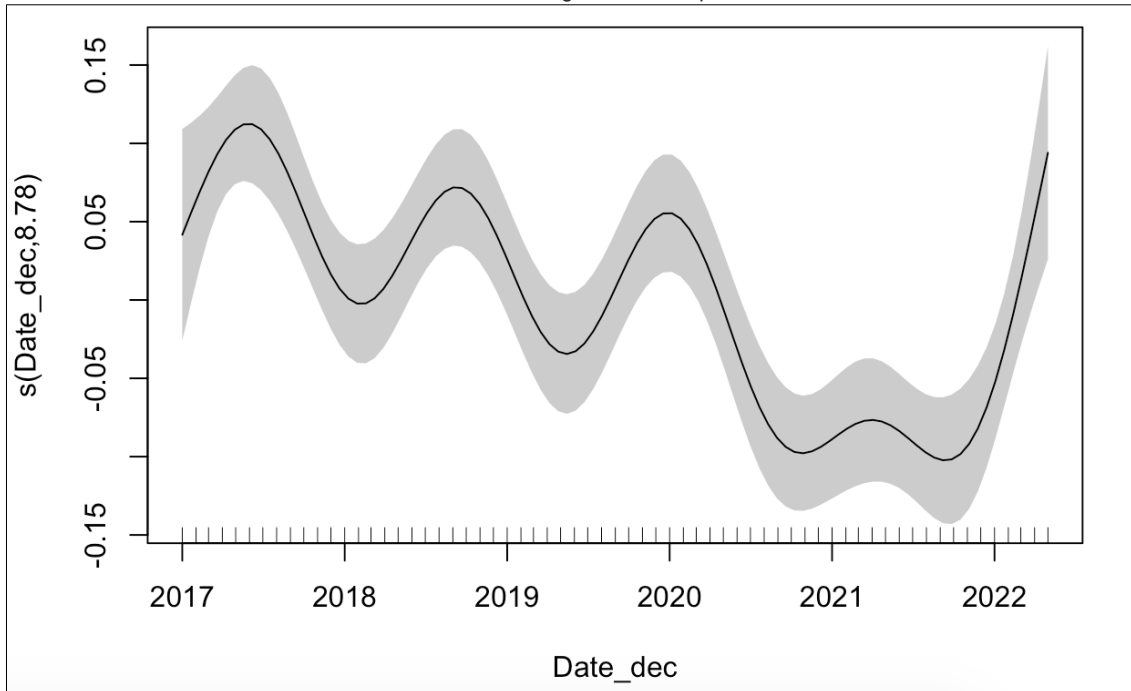


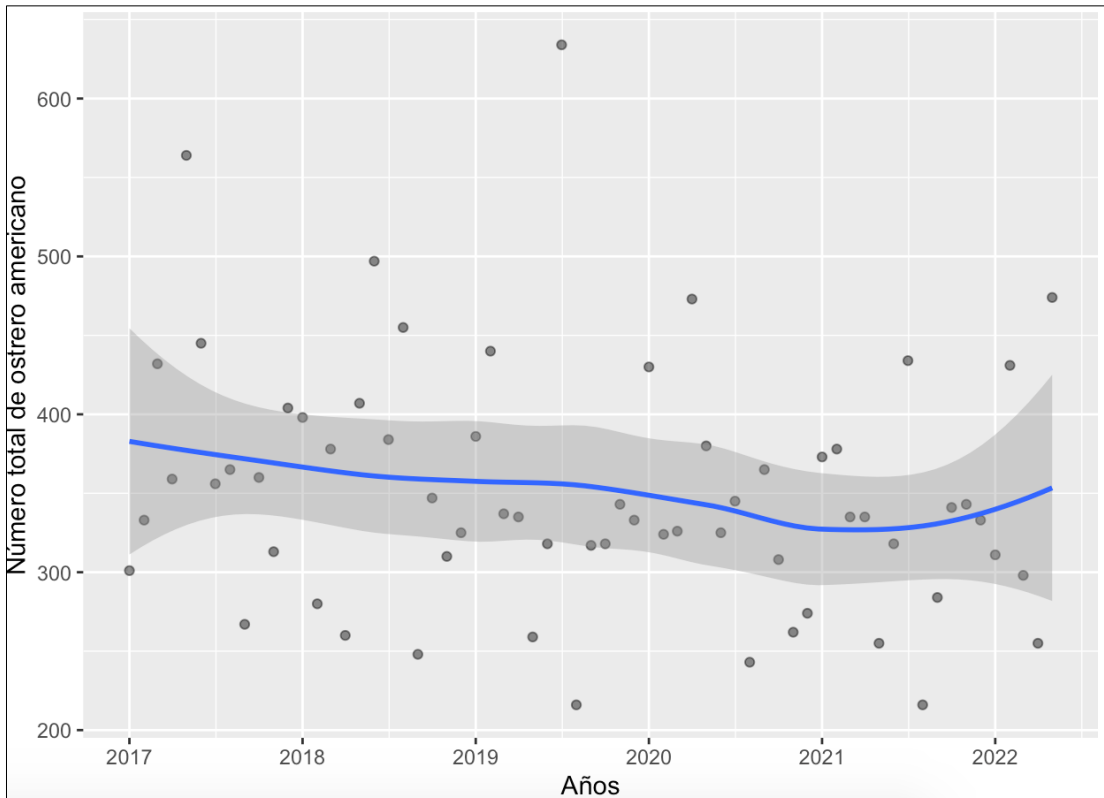
Figura 6.50. Variación del número de ostreros americanos en la Reserva Nacional de Paracas periodo 2017-2022



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»  
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»  
«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»



**Figura 6.51.** Modelo de ajuste GAM para los datos del número de ostreros americanos en la Reserva Nacional de Paracas entre los años 2017-2022  
Nota: El eje Y representa los valores de  $s$  (*smoothing spline fit*).



**Figura 6.52.** Modelo de ajuste GAM para los datos del número de ostreros americanos en la Reserva Nacional de Paracas entre los años 2017-2022



## 7. DISCUSIÓN

### 7.1. Peso, medidas morfométricas, índice de condición corporal (ICC), y tiempos empleados en la evaluación del cormorán guanay «*Phalacrocorax bougainvillii*»

Los cormoranes guanay de la Isla Grande-Pescadores (zona afectada por el derrame de petróleo) evaluados en mayo de 2022 (primer muestreo) presentaron índices de condición corporal (peso corporal calibrado al tamaño del ave) más bajo que aquellos de la Isla Chincha Norte (zona control). Sin embargo, la diferencia en la precisión de la balanza utilizada en la isla Grande de Pescadores, no permite discriminar si realmente existió un menor índice corporal en este grupo de aves o si la diferencia se debió a la precisión de la balanza. Por tal razón, la interpretación de estos resultados debe hacerse con cautela. Los índices de condición corporal en aves pueden medirse de diversas formas y tratan de expresar la acumulación de grasa subcutánea en diferentes individuos (Johnson *et al.* 1985; Labocha y Hayes, 2012). Una de las causas puede ser una pobre nutrición o acumulación de grasas producto de una baja disponibilidad de su principal presa, la anchoveta peruana «*Engraulis ringens*» (Jahncke *et al.* 1997). Sin embargo, esta condición no fue extrema debido a que en la inspección veterinaria externa de los individuos no se observaron aves caquéticas. Para el caso de los guanayes de la zona afectada, las aves se encontraron en una fase avanzada previa a la puesta de huevos, caracterizado por el comportamiento de los adultos (más fáciles de capturar porque están protegiendo sus nidos) porque la puesta de huevos ya estaba iniciando. Esta condición de las aves probablemente se traduce en un mayor tiempo de inversión en la colonia provocando periodos de ayuno. Por el contrario, en Isla Chincha Norte (zona de control) las aves acababan de ocupar la colonia y eran mucho más difíciles de capturar (más sensibles a la caseta móvil), ya que aún no habían establecido sus nidos. Esto podría explicar el mayor tiempo promedio empleado durante el día para capturar cada individuo en esa zona ( $18,86 \pm 18,15$  min) en comparación con el tiempo empleado en Isla Grande-Pescadores ( $5,11 \pm 6,33$  min). Las aves en Chincha Norte posiblemente salen a alimentarse en varias oportunidades durante el día. En cuanto al segundo muestreo, no se observaron diferencias significativas entre las medidas morfológicas, pero sí en el peso de dichas aves, mayor para Isla Grande-Pescadores; sin embargo, en ninguna de las islas se observaron aves caquéticas. Al evaluar el Índice de Condición Corporal (ICC) se observa que algunos individuos de Isla Pescadores (19) e Isla Chincha Norte (10), se encuentran por encima de la línea de regresión y las demás por debajo, por lo que, las aves en esta zona afectada en este segundo muestreo evaluado están con mayor peso que las de Isla Chincha Norte, probablemente debido a que en Isla Chincha estaban en fase reproductiva, donde las aves tienden a quedarse en sus nidos con ayunos más prolongados, a diferencia de lo que ocurrió en el mes de mayo en esta isla, que aún estaban formando sus colonias; pues se reporta que las condiciones de la masa muscular varían según el tiempo de incubación y los factores ambientales (Jacobs *et al.* 2010).

Respecto a los resultados de los métodos de captura y tiempos de manipulación, para los tiempos de captura diurna hasta la liberación del cormorán guanay en el primer muestreo, se registró un mayor valor promedio para la Isla Grande-Pescadores ( $11,53 \pm 3,67$  min) en comparación a la Isla Chincha Norte ( $10,50 \pm 3,52$  min), porque el equipo se fue acoplando con mayor eficacia para realizar las capturas en menor tiempo, lo que se evidencia en el segundo muestreo, en Isla Grande-Pescadores el tiempo fue de  $10,40 \pm 3,80$  min, mientras que, en Isla Chincha Norte fue  $9,90 \pm 5,00$  min. Sin embargo, en ninguno de los muestreos se obtuvo diferencias significativas.

Lo que concierne a la captura nocturna puede resultar en una alternativa cuando los guanayes no se encuentran en etapa reproductiva y pre-reproductiva, ya que fuera de estas etapas es difícil su captura diurna pues no permanecen en los nidos y son sensibles a



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»

«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

cualquier tipo de perturbación. Debido a que no es necesario el uso de caseta se puede examinar a las aves con mayor comodidad; sin embargo, requiere más esfuerzo físico porque se recorre mayor distancia desde el lugar de captura al lugar donde se realiza la toma de datos. Además, durante la captura nocturna la temperatura ambiental disminuye, lo cual suele causar vasoconstricción periférica en las aves y, por tanto, un menor acceso a la vena tarsal para la colecta de sangre. Esto se puede prevenir calentando la extremidad previa a la venopunción. Tanto en la captura diurna como en la nocturna es necesario que el personal esté capacitado y coordinado para evitar la perturbación a las aves.

## 7.2. Bioquímica sanguínea y perfil hematológico de cormorán guanay «*Phalacrocorax bougainvillii*»

En esta sección se discute de forma global los datos de la Isla Grande-Pescadores (zona afectada) e Isla Chincha Norte (Zona control) durante los 2 muestreos realizados, el primero en mayo 2022 y el segundo en julio-agosto 2022 a fin de analizar los meses y las islas en simultáneo. Para el cormorán guanay se tiene valores referenciales para algunos de los parámetros, reportados por Weber (2003) y Watson *et al.* (2021), donde publicaron valores referenciales de conteo total y diferencial de leucocitos, conteo de eritrocitos, hematocrito, concentración plasmática de proteínas totales, albúmina y globulinas, concentración plasmática de enzimas AST, CPK y concentración de fósforo inorgánico, los cuales se detallan en la Tabla 7.1.

**Tabla 7.1.** Valores hematológicos y de bioquímica sanguínea referenciales disponibles para el cormorán guanay «*Phalacrocorax bougainvillii*»

Parámetro	Sub - parámetro	Cormorán guanay « <i>Phalacrocorax bougainvillii</i> »							
		Aves en cautiverio <sup>1</sup>			Punta San Juan de Marcona, Perú <sup>2</sup>				
		$\bar{X}$	Min-máx.	N.º ind.	$\bar{X}$	s	$M_e$	Min-máx.	10mo-90no percentil
CPK (U/l)		1015	682-2120	99	-	-	2624	272-10847	1457-4313
AST (U/l)		481	292-1352	99	-	-	404	241-1219	295,7-559,1
Fosforo (mg/dl)		2,4	1-6,6	100	-	-	5,3	2,7-21,5	3,7-8,28
Proteínas totales (g/dl)	Proteínas totales (g/dl)	4,1	2,9-5,6	40	4,1	0,4	-	2,6-5,2	-
	Albumina (g/dl)	1,5	1,1-1,8	40	1,18	0,19	-	0,82-1,61	0,94-1,47
	Globulina (g/dl)	2,4	1,9-3,4	-	-	-	-	-	-
Hematocrito (%)		45	37-58	98	-	-	51	31-58	47-55
Leucocitos (N/ul)	Leucocitos (N/ul)	1212 2	2500-26380	94	-	-	1060 0	4300-78630	7100-20000
	Heterófilos (N/ul)	7848	1950-19785	94	-	-	5260	2100-23200	3500-7980
	Linfocitos (N/ul)	3069	1120-8775	94	-	-	3440	530-55040	1500-9500
	Monocitos (N/ul)	886	0-5667	94	-	-	520	0-2360	150-1430
	Eosinófilos (N/ul)	383	0-448	94	-	-	830	0-8970	170-2400
	Basófilos (N/ul)	-	-	94	-	-	0	0-1170	0-250

n: número de muestras,  $M_e$ : mediana,  $\bar{X}$ : media, s: desviación estándar, Min: valor mínimo, máx: valor máximo

1: Weber (2003).

2: Watson *et al.* (2021).

Asimismo se tiene valores de bioquímica sanguínea y hematología para otras especies de cormoranes reportados en la literatura, como el cormorán imperial «*Phalacrocorax atriceps*» (Gallo *et al.* 2013), cormorán de Galápagos «*Phalacrocorax harrisi*» (Travis *et al.* 2006), cormorán carinegro «*Phalacrocorax fuscescens*» (Melrose *et al.* 2006), cormorán pelágico



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Organismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica  
Científica

«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»

«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

«*Phalacrocorax pelagicus*» (Newman *et al.* 1997), cormorán grande «*Phalacrocorax carbo*» (Balasch *et al.* 1974), los cuales se detallan en la Tabla 7.2.





PERÚ

Ministerio  
del AmbienteOrganismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFASTEC: Subdirección Técnica  
Científica

«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»

«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

**Tabla 7.2.** Valores hematológicos y de bioquímica sanguínea referenciales para otras especies de cormoranes «*Phalacrocorax spp.*»

Parámetro	<i>Phalacrocorax atriceps</i> – Patagonia, Argentina <sup>1</sup>						<i>Phalacrocorax harrisi</i> (machos para hematología y machos y hembras para bioquímica) – Galápagos, Ecuador <sup>2</sup>			<i>Phalacrocorax fuscescens</i> (polluelos silvestres) <sup>3</sup>			<i>Phalacrocorax pelagicus</i> - Isla Shumigan, Alaska <sup>4</sup>		<i>Phalacrocorax carbo</i> (machos adultos cautivos) <sup>5</sup>	
	n: 21-60						n: 5			n*: 3-5		n: 7				
	n	$\bar{X}$	s	M <sub>e</sub>	Min–máx.	2,5–97,5 percentil	$\bar{X}$	s	Min–máx.	$\bar{X}$	s	M <sub>e</sub>	$\bar{X}$	s	$\bar{X}$	s
CPK (U/l)	165	762,30	297,64	707,00	276–1973	1457–4313	2076,8	840,60	764–3636	-	-	-	3799	3956	-	-
AST (U/l)	161	285,28	57,13	278,00	108–530	198–409	388,60	131,10	150–653	-	-	-	587	339	-	-
Fosforo (mg/dl)	159	4,25	0,72	4,30	2,40–6,10	2,60-5,80	14,55	7,12	2,79–25,39	8,05	0,93	-	-	-	-	-
Proteínas totales (g/dl)	165	3,84	0,50	3,80	1,90–5,70	3,10-4,80	3,92	0,52	3,10–5,10	3,90	0,90	-	3,60	0,50	3,12	0,23
Hematocrito (%)	105	49,93	2,43	50,00	44-54	44–54	49,20	1,30	35–58	43,40	2,00	-	30	12	43,50	2,40
Recuento de glóbulos rojos (cél/ul)	96	3730000	1150000	3670000	400000-6330000	2960000-2236000	-	-	-	2160000	80000	-	-	-	2905000	190000
Hemoglobina (g/d)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14,5	0,7	-	-	-	13,77	0,99
VCM (fL)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	198,0	6,7	-	-	-	150,620	47,46
HCM (pg)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	67,0	0,6	-	-	-	47,46	3,09
CHC (g/dl)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33,4	0,6	-	-	-	31,38**	2,78
Leucocitos (N/ul)	92	12080	4950	12160	2380-24010	2960–22360	8000	2800	2800-14800	-	-	9100	-	-	-	-
Heterófilos (N/ul)	106	4640	1090	4800	120-7100	2200–6500	36,6**	15,80	5-71	-	-	33**	6100	1300	-	-
Linfocitos (N/ul)	106	4160	1190	4000	1800–7200	2300–6400	40**	16,10	8-76	-	-	49**	2700	500	-	-
Monocitos (N/ul)	106	320	240	300	1800–7200	0–2500	2,20**	2,00	0-12	-	-	12**	200	400	-	-
Eosinófilos (N/ul)	106	830	720	700	0–2500	0–100	20,80**	10,50	3-52	-	-	4**	800	200	-	-
Basófilos (N/ul)	106	4	20	0	0–100	0–100	0,50**	0,90	0-3	-	-	<0,1**	200	300	-	-

n: número de muestras, n\*: rango del número de muestras, M<sub>e</sub>: mediana,  $\bar{X}$ : media, s: desviación estándar, Min: valor mínimo, máx: valor máximo, (\*\*): expresado en %. VCM=Volumen corpuscular medio. CHC: Concentración de Hemoglobina corpuscular media. HCM=Hemoglobina corpuscular media.

<sup>1</sup>: Gallo *et al.* (2013).

<sup>2</sup>: Travis *et al.* (2006).

<sup>3</sup>: Melrose *et al.* (2006).

<sup>4</sup>: Newman *et al.* (1997).

<sup>5</sup>: Balasch *et al.* (1974).



La bioquímica sanguínea y el perfil hematológico reflejan diferentes aspectos del estado fisiológico de las aves, y la mayoría han sido citados como posibles bioindicadores de la exposición a hidrocarburos en diferentes especies de aves marino-costeras (Alonso-Alvarez *et al.* 2007a; King *et al.* 2021; Takeshita *et al.* 2021).

Elevadas concentraciones de creatininfosfoquinasa (CPK) se ha reportado en aves expuestas al petróleo (Dean *et al.* 2017). Las concentraciones elevadas de enzimas musculares como la CPK pueden reflejar daño o degradación muscular en las aves (Arizmendi-Mejía *et al.* 2013), mientras que, el aspartato aminotransferasa (AST) es útil como biomarcador del daño en los hepatocitos (King *et al.* 2021). Ambas enzimas pueden estar directamente asociadas a menores tiempos de forrajeo, mayores gastos energéticos en vuelo y lento reaprovisionamiento (debido a efectos tóxicos por ingesta de petróleo y por el mayor esfuerzo de vuelo durante el forrajeo por plumas dañadas) y agotamiento por dichas actividades (King *et al.* 2021; Takeshita *et al.* 2021). El análisis en conjunto del primer y segundo muestreo para concentraciones de CPK evidencia diferencias significativas entre las 2 Islas, siendo mayor para Isla Chincha Norte, lo cual podría estar más asociado a la mayor actividad registrada en dichas aves por presentar comportamientos compatibles a fases pre-reproductivas tempranas. Por otro lado, el aumento en CPK en Isla Chincha Norte podría relacionarse al requerimiento de las aves de cambiar su composición corporal, depositando más grasa y degradando musculatura en preparación para la reproducción (Arizmendi-Mejía *et al.* 2013). También se muestra diferencias significativas entre los meses, siendo superior en mayo y se muestra diferencias significativas entre las interacciones entre Isla-mes. Diferencias en los valores de CPK relacionadas con la sujeción durante el examen o por la venopunción (Watson *et al.* 2021) son poco probables, ya que los tiempos de restricción y toma de muestra fueron similares en ambas zonas de evaluación. Así, nuestros resultados en las concentraciones de enzima CPK en plasma no está asociado a los efectos del derrame de petróleo. Se encontraron diferencias significativas entre las zonas de evaluación para la enzima AST, siendo mayor para Isla Chincha Norte. Existen antecedentes que relacionan la exposición al petróleo con dicha enzima y el daño hepático (Golet *et al.* 2002; King *et al.* 2021; Takeshita *et al.* 2021), también es posible que cambios en dicho biomarcador sean producidos sin signos de daño hepático; además, el grado de especificidad de este marcador en la especie no está demostrado.

La exposición aguda y crónica a hidrocarburos disminuye la concentración plasmática de fósforo (Alonso-Alvarez *et al.* 2007a; Alonso-Alvarez *et al.* 2007b). Esto pasa debido a que los HAPs pueden ocasionar necrosis hepática y disminución de la fosfatasa alcalina (ALP), la cual participa en el metabolismo del fósforo (Alonso-Alvarez *et al.* 2007b). La ALP es producida por el hígado, el riñón y los intestinos, y los agentes que dañen estos tejidos pueden disminuir la actividad de la enzima y, en consecuencia, también la concentración plasmática de fósforo (Alonso-Alvarez *et al.* 2007b). Los resultados de concentraciones plasmáticas de fósforo entre las zonas de evaluación no presentaron diferencias significativas. Sin embargo, Watson *et al.* (2021) reportaron valores entre 2,7 y 21,5 mg/dl, con una mediana de 5,3 mg/dl en cormoranes guanay de Punta San Juan, Ica, que son menores respecto a lo encontrado en Isla Grande (Pescadores), con mediana de 9,4 mg/dl e Isla Chincha Norte con 7,7 mg/dl. Se ha reportado experimentalmente en aves expuestas al petróleo externamente valores elevados de fósforo en relación al control (Dean *et al.* 2017), pero nuestro estudio no evidencia eso.

Al ocurrir la muerte de los eritrocitos (células rojas) se libera parte del hierro que contenía el torrente sanguíneo, el cual es captado inmediatamente por la ferritina, una proteína almacenadora de hierro, para limitar el exceso de este metal potencialmente tóxico y hacerlo accesible en caso de necesidad (Troisi *et al.* 2007). Por ello, altas concentraciones de ferritina suelen encontrarse en casos de anemia hemolítica y se han correlacionado



positivamente a la exposición a hidrocarburos en otras especies de aves afectadas por estos eventos (Troisi *et al.* 2007), aunque en este estudio no se encontraron diferencias entre islas, meses o la relación isla-mes.

La serie blanca (células blancas) puede ser rápidamente revisada a través de sus valores relativos del conteo diferencial en cada tipo de célula, pero para realizar una interpretación detallada es preferible considerar las concentraciones totales, especialmente para la línea celular más abundante, en este caso, la de heterófilos (Clark *et al.* 2009). Se identificó un número significativamente superior de leucocitos en la Isla Grande (Pescadores) en relación a Isla Chincha Norte. Al comparar los leucocitos entre los meses también resultó significativo mayor para el mes de julio, aunque los valores de ambas zonas de evaluación están contenidos dentro de los rangos referenciales para la especie (Tabla 7.1 y Tabla 7.2).

La concentración de leucocitos en aves fuera de algún rango referencial sirve como indicador a posibles procesos de enfermedades, con síntomas de inflamación, producción de células sanguíneas, inestabilidad, estrés, entre otras (Clark *et al.* 2009), siendo la cantidad de un tipo celular particular un indicador característico de ciertos grupos de procesos. Por ejemplo, la heterofilia (aumento de heterófilos) y la monocitosis (aumento de monocitos) es indicativo de inflamación en general, mientras que heteropenia (disminución de heterófilos) se presenta en estados muy intensos de inflamación, donde incluso las reservas y la producción de dichas células está deprimida. Por otro lado, el aumento de linfocitos (linfocitosis) suele indicar la estimulación del sistema inmune, mientras que su descenso (linfopenia) es comúnmente asociado a estrés. Finalmente, la eosinofilia (aumento de eosinófilos) es indicativa de un tipo particular de inflamación usualmente causada por causas alérgicas o parasitarias (Clark *et al.* 2009). Al revisar los resultados de concentraciones totales por tipo celular, se identificó un % eosinófilos significativamente mayores para Isla Grande de Pescadores, pero los valores de ambos grupos estuvieron dentro de los rangos referenciales (Tabla 7.1 y Tabla 7.2).

La anemia hemolítica producto de lesiones oxidativas hacia los eritrocitos en aves expuestas al petróleo ha sido reportada por Yamato *et al.* (1996), Troisi *et al.* (2007), Fallon *et al.* (2018), incluso cuando se tienen en cuenta múltiples factores de riesgo y la variabilidad entre especies (King *et al.* 2021). Se observan diferencias significativas en el conteo de eritrocitos entre las 2 zonas, siendo mayor en Isla Grande, Pescadores, resaltando la diferencia significativa mayor en reticulocitos, lo que indicaría que estas aves podrían continuar el proceso regenerativo de estas células ante el efecto tóxico del petróleo (Campbell, 2015; Fallon *et al.* 2018).

Las diferencias en los valores de hemoglobina y hematocrito no fueron significativas entre las 2 islas, aunque se esperaría que cuando ocurre daño oxidativo haya reducción de estos parámetros (Fallon *et al.* 2018).

A medida que la exposición al petróleo disminuye en el ambiente, estos parámetros hematológicos tienden a normalizarse, pero la presencia leve pero crónica de estos compuestos puede tener un impacto más significativo y a largo plazo en la población que la mortalidad directa asociada a la exposición inicial (Paruk *et al.* 2016). El volumen corpuscular medio (VCM), la hemoglobina corpuscular media (HCM) y la concentración de hemoglobina corpuscular media (CHCM) pueden utilizarse para ayudar a determinar si una anemia presente es regenerativa (por ejemplo, por hemólisis) o no regenerativa (por ejemplo, enfermedad crónica) (Clark *et al.* 2009; Fallon *et al.* 2018). Se encontró diferencias significativas en cuanto a los valores de VCM, siendo menor en la zona afectada (Isla Grande, Pescadores). Este parámetro está relacionado con el recuento de reticulocitos (a mayor recuento de reticulocitos, mayor VCM y CHCM) y es indicativo de anemia hemolítica



(Clark *et al.* 2009; Fallon *et al.* 2018). Sin embargo, los mayores valores de VCM se registraron en la zona control.

Uno de los efectos de los metabolitos de los HAPs es el de oxidar a la hemoglobina en los eritrocitos, provocando que se desnaturalicen y se precipiten formando agregados resaltantes mediante técnicas de tinción celular llamados corpúsculos de Heinz (Fallon *et al.* 2018; Troisi *et al.* 2007). Este daño oxidativo en el eritrocito disminuye su capacidad de transportar oxígeno y provoca su lisis generando anemia hemolítica, hecho reportado en varias especies de aves marinas impregnadas con petróleo (Fallon *et al.* 2018; Troisi *et al.* 2007), lo que se manifiesta en individuos fatigados y con poca energía disponible para sus procesos metabólicos y la función de sus órganos (Troisi *et al.* 2007). Para el primer muestreo, en Isla Grande, Pescadores se encontraron 3 muestras positivas a la presencia de corpúsculos de Heinz y 4 muestras positivas en Isla Chincha norte (Zona Control), mientras que para el segundo muestreo solo se obtuvo una muestra positiva en Isla Grande, Pescadores. Así, los resultados no son concluyentes.

Para la Hormona estimulante de la tiroides (TSH), los resultados no tuvieron diferencias significativas entre las 2 islas. No existe información previa sobre las concentraciones de TSH en sangre para el cormorán guanay «*Phalacrocorax bougainvillii*», pero otras especies de aves expuestas a derrames de hidrocarburos mostraron correlación negativa entre las concentraciones en sangre de TSH y HAPs, indicando una disminución de las hormonas tiroideas en aves afectadas por estos eventos (Troisi *et al.* 2016). La TSH es un indicador de la actividad hormonal de la tiroides que es clave para el metabolismo, el aumento de peso, la termorregulación, la reproducción y el desarrollo. Los HAPs afectarían la homeostasis (síntesis, la secreción y su transporte) de las hormonas tiroideas, acentuando problemas de emaciación, la hipofagia y la hipotermia en las aves impregnadas de petróleo (Troisi *et al.* 2016).

### 7.3. Bioquímica sanguínea y perfil hematológico del ostrero americano «*Haematopus palliatus*»

Para el ostrero americano «*Haematopus palliatus*» solo se consideró la toma de muestras de sangre de la zona afectada debido a que no se pudo extraer suficiente muestra para realizar análisis de bioquímica y perfil hematológico. Al no tener valores de la zona control, se consideró lo reportado por Fallon *et al.* (2018) para el ostrero americano (Tabla 7.3) y otras especies como referencia (Tabla 7.4).

**Tabla 7.3.** Valores hematológicos y de bioquímica sanguínea referenciales para el ostrero americano «*Haematopus palliatus*»

Parámetro	Sub - parámetro	Segundo muestreo (julio 2022) Zona Afectada		Zona de referencia al Sur Carolina del Sur y Georgia, EE.UU.**		Zona potencialmente Impactada (The Deepwater Horizon) Costa de Louisiana**	
		n: 9		n: 10–21		n: 18–29	
		$\bar{X}$	s	$\bar{X}$	s	$\bar{X}$	s
Ferritina (ng/ml)		4,60	0,60	40,70	4,42	30,1	3,88
Hemoglobina (g/dl)		15,70	1,40	15,22	0,83	-	-
Hematocrito (%)		48,50	3,50	47,38	0,76	42	0,96
Concentración de Hemoglobina Corpuscular Media (%)		33,00	1,50	36,27	1,77	-	-
Corpúsculo de Heinz (células con Corpúsculo de Heinz/1000 eritrocitos)		(*)	-	0	0	6,71	2,69
Reticulocitos (%)		3,8	0,8	44	2,28	59,86	2,15

n: Rango de número de muestras,  $\bar{X}$ : media, s: desviación estándar.



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»

«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

(\*) Presencia de Corpúsculo de Heinz Positivo 1+ en una muestra.

(\*\*): Fallon *et al.* (2018).**Tabla 7.4.** Valores hematológicos y de bioquímica sanguínea referenciales de rayador americano «*Rynchops niger*», pelicano pardo «*Pelecanus occidentalis*» y garza blanca «*Ardea alba*»

Parámetro	Zona referencial al sur de Carolina de Sur y Georgia, EE.UU.		Zona potencialmente impactada por el Deepwater Horizon, Costa de Louisiana <sup>29</sup>		Zona referencial al sur de Carolina de Sur y Georgia, EE. UU.		Zona potencialmente impactada por el Deepwater Horizon, Costa de Louisiana <sup>29</sup>		Zona referencial al sur de Carolina de Sur y Georgia, EE. UU.		Zona potencialmente impactada por el Deepwater Horizon, Costa de Louisiana <sup>29</sup>	
	<i>Rynchops niger</i>				<i>Pelecanus occidentalis</i>				<i>Ardea alba</i>			
	n= 43–59		n= 24–51		n= 20–48		n= 21–48		n= 36–47		n= 32–45	
	$\bar{X}$	s	$\bar{X}$	s	$\bar{X}$	s	$\bar{X}$	s	$\bar{X}$	s	$\bar{X}$	s
Ferritina (ng/ml)	64,47	6,00	56,22	4,30	50,28	4,69	62,31	4,25	69,69	3,78	36,97	3,51
Hemoglobina (g/dL)	17,00	0,38	16,67	0,61	17,42	0,47	15,72	0,23	15,86	0,38	13,64	0,40
Hematocrito (%)	44,66	0,86	42,66	0,81	50,22	0,89	42,49	0,53	46,05	0,57	36,97	0,69
Concentración de Hemoglobina Corpuscular Media (%)	38,16	1,25	39,26	1,80	34,68	1,06	36,74	0,58	34,89	0,97	37,22	1,10
Corpúsculo de Heinz (células con corpúsculo de Heinz/1000 eritrocitos)	0	0	10,22	3,27	0	0	1,49	0,66	0,87	0,08 7	7,41	2,23
Reticulocitos (%)	53,58	1,70	66,75	2,81	44,51	1,55	62,76	2,03	54,26	2,53	69,11	3,88
Recuento de glóbulos rojos (células/mm <sup>3</sup> )	2,71	0,03	2,59	0,07	2,89	0,05	2,85	0,07	2,63	0,03	2,38	0,07
Volumen Corpuscular Medio (fL)	162,77	2,91	162,74	7,31	173,82	4,16	148,48	3,51	174,39	2,27	153,94	2,02

n: Rango de número de muestras,  $\bar{X}$ : media, s: desviación estándar.Fuente: Fallon *et al.* (2018).

Lesiones hematológicas consistentes con anemia hemolítica en aves expuestas a la contaminación con petróleo (Deepwater Horizon<sup>22</sup>) fueron mostradas por Fallon *et al.* (2018). La anemia hemolítica lleva a una tasa de destrucción de glóbulos rojos anormal, por lo que, se espera una disminución de hematocrito y recuento de células rojas sanguíneas (Fallon *et al.* 2018). Para compensar esta pérdida, se incrementa la producción de eritrocitos, por lo que, en la sangre suele encontrarse fases de eritrocitos inmaduros como los reticulocitos (Campbell, 2015), así como un estable incremento de la concentración de la hemoglobina corpuscular media y un incremento del volumen corpuscular medio (Fallon *et al.* 2018). En esta evaluación se encontró la presencia de reticulocitos en ostrero americano «*Haematopus palliatus*» ( $3,8 \pm 0,8\%$ ) menor al reportado por Fallon *et al.* (2018) para la zona de referencia ( $44,00 \pm 2,28\%$ ) y zona potencialmente impactada ( $59,86 \pm 2,15\%$ ) para esta especie (Tabla 7.3.). El valor de reticulocitos también es menor que el reportado para otras especies de aves, como el rayador americano «*Rynchops niger*», pelicano pardo «*Pelecanus occidentalis*» y la garza blanca «*Ardea alba*» (Fallon *et al.* 2018; Tabla 7.4.).

La presencia de corpúsculos de Heinz solo ha sido reportada en una muestra de sangre; al comparar con los resultados de HAPs obtenidos para esta muestra se evidenció fenantreno (6,82 ng/g) y fluoranteno (1,96 ng/g) en valores mayores a las demás muestras analizadas en ostrero americano en la zona afectada en julio 2022 (n=9), en gaviota dominicana en la

22

Deepwater Horizon, plataforma de perforación en alta mar que explotó en el Golfo de México en abril de 2010, causando graves daños medioambientales. A U.S. National Commission on the BP Deepwater Horizon Oil Spill and Offshore Drilling. (2011). Deepwater Horizon Accident Investigation Report. Obtenido de <https://www.govinfo.gov/content/pkg/GPO-OILCOMMISSION/pdf/>



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»

«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

zona afectada en julio 2022 (n=1) y ostrero americano en la zona control en octubre 2022 (n=10). En esta muestra también se detectó naftaleno (1,52 ng/g) y pireno (4,95 ng/g).

El volumen celular empaquetado o hematocrito se ve afectado por el número y tamaño de los eritrocitos, en algunas aves oscila entre 35 % y 55%, un valor bajo sugiere anemia, y un valor superior, policitemia (Campbell, 2015). En esta evaluación, los valores de hematocrito se encontraron en el rango referencial reportado en la literatura, pero no pudieron compararse con la zona control debido a que no se pudo realizar estos análisis en las muestras colectadas en la playa Wakama, por la poca muestra de sangre disponible.

#### **7.4. Hidrocarburos aromáticos policíclicos en cormorán guanay «*Phalacrocorax bougainvillii*» y ostrero americano «*Haematopus palliatus*»**

La información sobre niveles de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) en sangre de cormoranes guanay «*Phalacrocorax bougainvillii*» de la Isla Grande del Islote Grupo de Pescadores y de ostreros americanos «*Haematopus palliatus*» de la Zona Reservada Ancón y playas del distrito Santa Rosa, previa al derrame de petróleo crudo de la refinería La Pampilla del 15 de enero de 2022, es nula; razón por la cual no se puede realizar comparaciones antes y después del derrame. La falta de información sobre niveles de HAPs, así como de otros relacionados a la historia natural de las aves (tamaño poblacional, dieta, aspectos reproductivos, entre otros) que sirva de línea base es una debilidad que ha sido observada en diversos países de Latinoamérica (Chile, Perú, Ecuador, el este de Colombia, Venezuela, Guayan, Surinam y Guaya Francesa) lo que contribuye a que los mecanismos de gestión de la contaminación costera, especialmente cuando ocurren derrames de petróleo, sean débiles (Osenberg *et al.* 1994; Nunes *et al.* 2020).

La concentración y distribución de HAPs en el ambiente depende de varios factores. Aunque algunos HAPs provienen de procesos naturales como bosques, pasto, incendios, erupciones volcánicas y producción por microorganismos (fuentes pirolíticas), las actividades antropogénicas, que incluyen derrames de combustible durante su transporte y/o producción, escorrentías de aguas urbanas y residuales, efluentes industriales, entre otras (fuentes petrogénicas) son las predominantes en el ambiente (Boitsov *et al.* 2009; Dalsoren *et al.* 2007; Abdel-Shafy y Mansour, 2016). En esta evaluación se detectó HAPs en ostreros americanos «*Haematopus palliatus*» en playas afectadas por los derrames de petróleo crudo ocurridos en la Refinería La Pampilla (playas El Solitario, Santa Rosa Grande y Carros Grandes) y en la playa Wakama, zona control, ubicada aproximadamente a 180 km al sur de la zona afectada. Es poco probable que la playa Wakama haya sido afectada por los derrames de la refinería La Pampilla, puesto que la mancha de petróleo crudo se dirigió hacia el norte del Perú, llegando a la provincia de Huaral, en el departamento Lima<sup>23,24</sup>. Para el cormorán guanay «*Phalacrocorax bougainvillii*» en el segundo muestreo (julio-agosto de 2022) se detectó HAPs tanto en la Isla Grande del Islote Grupo de Pescadores (zona afectada) como en la Isla Chincha Norte (zona control) ubicada a 225 km al sur del punto de derrame.

Existen varios estudios que indican que las zonas afectadas por derrames de petróleo presentan en los componentes ambientales mayores valores de HAPs que las zonas control, y que estas últimas, a pesar de no haber sido expuestas a derrames de petróleo presentan

<sup>23</sup> Informe N.º 00026-2022-OEFA/DEAM-STEC. Evaluación Ambiental focal por el derrame de petróleo crudo en el mar frente a la refinería La Pampilla ocurrido el 15 de enero de 2022.

<sup>24</sup> REAS-035-2022-STEC. Reporte de evaluación ambiental de seguimiento del derrame de petróleo ocurrido en el Terminal Multiboyas N.º 2 de la Refinería La Pampilla, el 15 y 24 de enero 2022, a través del monitoreo periódico de parámetros que permita identificar, registrar y alertar posibles alteraciones en la calidad de agua y sedimento, así como el registro de aves muertas y vivas impregnadas con petróleo, del 14 de febrero al 1 de marzo de 2022.



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»

«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

HAPs (Pérez *et al.* 2008; Burgos *et al.* 2017; Tabla 7.5), lo que sugiere la presencia de alguna fuente de contaminación. Probablemente, los HAPs detectados en las zonas control de la presente evaluación tengan su origen en fugas de combustible de embarcaciones artesanales, industriales y/o turísticas y, en el caso de la playa Wakama, las actividades desarrolladas en su entorno son posibles fuente de contaminación de este contaminante.

Los HAPs son compuestos que son rápidamente metabolizados, lo que hace que sea difícil detectarlos, y se esperaría que se encuentren en concentraciones bajas en las aves (Naf *et al.* 1992). A pesar de ello, se registró concentraciones promedio de 2,6 ng/g de fenantreno, 3,3 ng/g de pireno y 0,7 ng/g de fluoranteno en plasma sanguíneo de cormoranes guanay de la Isla Grande del Islote Grupo de Pescadores, zona afectada por los derrames de petróleo crudo de la refinería La Pampilla, lo cual supera lo registrado para la misma especie en la Isla Chincha Norte, zona control, donde se registró 1,7 ng/g de fenantreno, 1,7 ng/g de pireno, 0,5 ng/g de fluoranteno y 0,3 ng/g de naftaleno. En el caso de los ostreros americanos, se registró concentraciones promedio de 3,6 ng/g de fenantreno, 3,9 ng/g de pireno, 2,5 ng/g de naftaleno y 1 ng/g de fluoranteno en plasma sanguíneo en playas de la zona afectada (El Solitario, Santa Rosa Grande y Carros Grandes), lo cual supera lo registrado para la misma especie en la playa Wakama, zona control donde se registró 2,4 ng/g de fenantreno, 1,9 ng/g de pireno y 1,5 ng/g de naftaleno (Tabla 6.9 y Tabla 6.16). Estos resultados sugieren que los HAPs han ingresado a la cadena trófica.

A nivel individual de HAPs, se encontraron diferencias significativas para ambas especies en las concentraciones promedio de pireno entre zonas de evaluación, siendo las zonas afectadas por los derrames de petróleo las que presentaron los mayores valores (Tabla 6.9 y Tabla 6.16). En cormoranes guanayes, también se observan diferencias significativas en las concentraciones de fenantreno entre zonas de evaluación. Con respecto a fenantreno en ostrero americano, si bien el valor de  $P$  es 0,049, es decir, menor que 0,05, el valor de significancia que permitiría discernir si hay diferencias o no, el valor de  $P$  obtenido es muy cercano a límite y, considerando que la prueba estadística utiliza medianas, se considera que este valor se debe tomar con cautela, sobre todo considerando el tamaño muestral ( $n=9$  en la zona afectada,  $n=10$  en la zona control). Estudios realizados en aves marinas en zonas afectadas por derrames de petróleo y zonas control también han reportado resultados similares. Pérez *et al.* (2008) reportaron concentraciones 120 % más altas en las zonas afectadas que en los controles. En el presente estudio, se pudo observar que en la Isla Grande-Pescadores la concentración de pireno en cormoranes guanay fue 1,9 veces más alto que en Isla Chincha Norte (3,3 ng/g en Isla Grande vs 1,7 ng/g en Isla Chincha Norte), y en el caso del ostrero americano, en las playas de la zona afectada (El Solitario, Santa Rosa Grande y Carros Grandes) la concentración de pireno fue 2,0 veces más alto que en la playa Wakama (3,9 ng/g en las playas de la zona afectada vs 1,9 ng/g en la playa Wakama). Respecto a fenantreno, en la Isla Grande-Pescadores la concentración en cormoranes guanay fue 1,5 veces más alto que en Isla Chincha Norte (2,6 ng/g en Isla Grande vs 1,7 ng/g en Isla Chincha Norte), y en el caso del ostrero americano, en las playas de la zona afectada (El Solitario, Santa Rosa Grande y Carros Grandes) la concentración de fenantreno fue 1,5 veces alto más que en la playa Wakama (3,6 ng/g en las playas de la zona afectada vs 2,4 ng/g en la playa Wakama). En la Tabla 7.5 se puede observar un listado de estudios donde se han reportado concentraciones de HAPs en zonas afectadas por derrames de petróleo y zonas controles, así como también estudios de línea base de zonas no impactadas por derrames donde se ha reportado HAPs.

Los resultados encontrados son mayores que los reportados por investigadores en diferentes tejidos de aves (Shore *et al.* 1999; Roscales *et al.* 2011; McConell *et al.* 2015; Waszak *et al.* 2020; Tabla 7.5). Es importante resaltar la tendencia de lo reportado por las investigaciones, que muestran una clara diferencia entre lo detectado en una zona afectada y una zona control (que presenta HAPs), donde la zona afectada muestra mayores



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»

«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

concentraciones de HAPs; sin embargo, debido a que las concentraciones de estos compuestos varían entre especies y tejidos, los resultados de estas comparaciones referenciales deben tomarse con cautela (Paruk *et al.* 2016).

La determinación de los HAPs está ligada a la sensibilidad de los equipos que se utilizan en los análisis y a los límites de cuantificación del método de ensayo del laboratorio. En los análisis de HAPs de las muestras de plasma sanguíneo de cormorán guanay tomadas en el primer muestreo (mayo 2022) no se detectó HAPs, mientras que, en el segundo muestreo (julio-agosto) se detectó fenantreno, pireno, fluoranteno y naftaleno (Tabla 6.9). Cabe señalar que, las muestras del primer muestreo fueron analizadas con un límite de cuantificación de 5 ng/g, mientras que, las muestras del segundo muestreo fueron analizadas con un límite de cuantificación de 0,2 ng/g; por lo que es probable que, por el límite de cuantificación utilizado no se detectaran los HAPs en el primer monitoreo.





PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»  
 «Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»  
 «Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

**Tabla 7.5.** Concentraciones de hidrocarburos aromáticos policíclicos en aves marinas

Especie	Zona afectada por derrame de petróleo				Zona control / línea base				Tejido	Fuente		
	Lugar	Fecha de evaluación	n	HAP (ng/g) <sup>a</sup>	Lugar	Fecha de evaluación	n	HAP (ng/g) <sup>a</sup>				
Cormorán guanay « <i>Phalacrocorax bougainvillii</i> »	Isla Grande, Islote Grupo de Pescadores, Lima	Julio-agosto 2022	25	Fen: 2,6 ± 0,6	Isla Chincha Norte, Ica <sup>g</sup>	Agosto 2022	10	Fen: 1,7 ± 0,3	Plasma sanguíneo	OEFA		
				Fluo: 0,7 ± 0,3				Fluo: <0,2				
				Naf: <0,2				Naf: 0,3				
				Pir: 3,3 ± 1				Pir: 1,7 ± 0,3				
Ostrero americano « <i>Haematopus palliatus</i> »	Playas de la zona afectada por el derrame de la refinería La Pampilla, Ancón y Santa Rosa, Lima	Julio 2022	9	Fen: 3,6 ± 1,6	Playa Wakama, San Vicente de Cañete, Lima <sup>g</sup>	Octubre 2022	10	Fen: 2,4 ± 0,4	Plasma sanguíneo	OEFA		
				Fluo: 1 ± 0,9				Fluo: <0,2				
				Naf: 2,5 ± 2,2				Naf: 1,5 ± 0,7				
				Pir: 3,9 ± 1,4				Pir: 1,9 ± 0,3				
Gaviota de patas amarillas « <i>Larus michahellis</i> »	Islas Cíes, Colonia Lobeiras, España	Mayo-junio 2004	15	Fen: 11,94 ± 1,49	Islas Cíes, Colonia Pantorgas, España <sup>g</sup>	Mayo-junio 2004	6	Fen: 4,10 ± 0,47	Plasma sanguíneo	Pérez <i>et al.</i> (2008)		
				Fluo: 7,83 ± 2,06				Fluo: 1,18 ± 0,43				
				Naf: 50,32 ± 30,20				Naf: 4,67 ± 0,67				
				Pir: 13,87 ± 4,31				Pir: 6,91 ± 2,13				
	Islas Cíes, Colonia Vionta, España		7	Fen: 30,51 ± 9,45				Islas Cíes, Colonia Ansarón, España <sup>g</sup>			7	Fen: 5,17 ± 0,97
				Fluo: 2,24 ± 1,08								Fluo: 1,54 ± 0,61
				Naf: 49,02 ± 14,78								
	Islas Cíes, Colonia Ons, España		7	Pir: 9,57 ± 2,37								
				Fen: 15,11 ± 3,53								
				Fluo: 3,99 ± 2,29								



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»  
 «Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»  
 «Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

Especie	Zona afectada por derrame de petróleo				Zona control/ línea base				Tejido	Fuente							
	Lugar	Fecha de evaluación	n	HAP (ng/g) <sup>a</sup>	Lugar	Fecha de evaluación	n	HAP (ng/g) <sup>a</sup>									
				Naf: 37,14 ± 11,67	Islas Cíes, Colonia Coelleira, España <sup>g</sup>												
				Pir: 13,92 ± 3,63							Naf: 8,14 ± 0,85						
				Fen: 30,07 ± 20,55							Pir: 9,18 ± 2,31						
				Fluo: 4,57 ± 2,56													
	Islas Cíes, Colonia Cíes, España		7	Naf: 58,85 ± 48,54							Fen: 16,45 ± 2,99						
				Pir: 15,59 ± 4,06							Fluo: 6,33 ± 1,31						
											Naf: 8,98 ± 2,72						
	Islas Cíes, Colonia Cíes, España	Abril 2005	18	Fen: 5,35 ± 1													
				Fluo: 0,65 ± 0,15													Pir: 8,52 ± 2,81
				Naf: 14,71 ± 2,33													
Pir: 8,68 ± 0,94																	
Colimbo común « <i>Gavia immer</i> »	Golfo de México, Louisiana, Estados Unidos	2011	17	<5	-	-	-	-	Plasma sanguíneo	Paruk <i>et al.</i> (2016)							
		2012	21	Ant: 6 ± 0,4													
		2013	29	∑ <sub>4</sub> HAPs: 103,4 ± 16,3 <sup>c</sup>													
		2014	13	<5													
		2015	13	∑ <sub>3</sub> HAPs: 89,9 ± 17,4 <sup>c</sup>													
<i>Pelecanus occidentalis</i> , <i>Fregata magnificens</i> , <i>Phalacrocorax brasilianus</i> , <i>Thalasseus maximus</i>	-	-	-	-	Bahía Cispata, Colombia <sup>h</sup>	Marzo-junio 2010 Febrero 2011	33	∑ <sub>16</sub> HAPs: 65,81 <sup>f</sup>	Plasma sanguíneo	Burgos <i>et al.</i> (2020)							



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»  
 «Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»  
 «Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

Especie	Zona afectada por derrame de petróleo				Zona control/ línea base				Tejido	Fuente
	Lugar	Fecha de evaluación	n	HAP (ng/g) <sup>a</sup>	Lugar	Fecha de evaluación	n	HAP (ng/g) <sup>a</sup>		
Arao común « <i>Uria aalge</i> »	Inglaterra	2003-2004	50	10,02 - 184,30 <sup>d,f</sup> 1,55 ± 0,83 <sup>e,f</sup>	-	-	-	-	Plasma sanguíneo	Troisi <i>et al.</i> (2007)
<i>Greater scaup</i> « <i>Aythya marila</i> »	-	-	-	-	Bahía de Pomerania, Polonia <sup>h</sup>	2014 - 2015	5	Fen: 0,8 ± 0,3 Fluo: 0,3 ± 0,1 Naf: 0,2 ± 0,1 Pir: 0,2 ± 0,1	Músculo	Wazak <i>et al.</i> (2020)
								Fen: 0,8 ± 0,7 Fluo: 0,3 ± 0,2 Naf: 0,7 ± 0,5 Pir: 0,2 ± 0,1	Hígado	
								Fen: 0,8 ± 0,4 Fluo: 0,3 ± 0,1 Naf: 1,0 ± 0,2 Pir: 0,3 ± 0,2	Riñones	
								Fen: 0,7 ± 0,5 Fluo: 0,2 ± 0,1 Naf: 4,7 ± 1,2 Pir: 0,2 ± 0,1	Pulmones	
<i>Zambullidor de cresta grande</i> « <i>Podiceps cristatus</i> »							6	Fen: 0,9 ± 0,6 Fluo: 0,5 ± 0,3 Naf: 0,8 ± 0,3 Pir: 0,2 ± 0,03	Músculo	
								Fen: 0,5 ± 0,3	Hígado	



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»  
 «Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»  
 «Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

Especie	Zona afectada por derrame de petróleo				Zona control/ línea base				Tejido	Fuente	
	Lugar	Fecha de evaluación	n	HAP (ng/g) <sup>a</sup>	Lugar	Fecha de evaluación	n	HAP (ng/g) <sup>a</sup>			
								Fluo: 0,3 ± 0,2 Naf: 1,0 ± 0,4 Pir: 0,2 ± 0,1 Fen: 2,3 ± 1,5	Riñones		
							Fluo: 0,6 ± 0,4 Naf: 2,9 ± 2,0 Pir: 0,6 ± 0,3	Riñones			
							Fen: 0,7 ± 0,2 Fluo: 0,2 ± 0,1 Naf: 3,7 ± 2,0 Pir: 0,2 ± 0,1				Pulmones
							Fen: 0,49 ± 0,18 Fluo: 0,48 ± 0,08 Naf: 1,68 ± 0,21 Pir: 2,01 ± 0,38		Hígado		
Pardela balear « <i>Puffinus mauretanicus</i> »	-	-	-	-	Mar mediterráneo, España <sup>h</sup>	2003-2007	Fen: 0,62 ± 0,17 Fluo: 0,89 ± 0,32 Naf: 0,84 ± 0,35 Pir: 2,53 ± 0,54	Hígado			
Pardela cenicienta « <i>Calonectris diomedea</i> »							Islas Canarias, España <sup>h</sup>				
Pardela de Cory « <i>Calonectris borealis</i> »					Islas Canarias, España <sup>h</sup>	6					Fen: 5,95 ± 2,7



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»  
 «Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»  
 «Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

Especie	Zona afectada por derrame de petróleo				Zona control/ línea base				Tejido	Fuente
	Lugar	Fecha de evaluación	n	HAP (ng/g) <sup>a</sup>	Lugar	Fecha de evaluación	n	HAP (ng/g) <sup>a</sup>		
Petrel de Bulwer « <i>Bulweria bulwerii</i> »								Fluo: 3,34 ± 2,05 Naf: 7,08 ± 1,35 Pir: 0,74 ± 0,39		
Paño de pecho blanco « <i>Pelagodroma marina</i> »							6	Fen: 2,23 ± 0,44 Fluo: 1,73 ± 0,50 Naf: 9,79 ± 1,34 Pir: 4,16 ± 2,57		
Págalo marrón « <i>Chataracta antarctica</i> »							6	3375 ± 1588 <sup>i</sup>		
Pinguinos (pingüino de Adelia « <i>Pygoscelis adeliae</i> », pingüino de Papúa « <i>Pygoscelis antarctica</i> » y pingüino de vincha « <i>Pygoscelis papua</i> »)	-	-	-		Isla Rey Jorge, Antártida <sup>h</sup>	1997 - 1998	7	1588 ± 654 <sup>i</sup>	Tejido graso	Taniguchi <i>et al.</i> (2008)
Gaviotín antártico « <i>Sterna vittata</i> »							2	5744 ± 2546 <sup>i</sup>		
Cormorán de ojos azules « <i>Phalacrocorax atriceps</i> »							1	3961 <sup>i</sup>		
Picovaina nival « <i>Chionis alba</i> »							1	4090 <sup>i</sup>		
Cormorán negro « <i>Phalacrocorax carbo</i> »	-	-	-	-	Tauranga, Nueva Zelanda <sup>h</sup>	Octubre 2011	1	Fen: 0,19 Fluo: 0,131 Pir: 0,167	Hígado	McConnell <i>et al.</i> (2015)
Ostrero euroasiático « <i>Haematopus ostralegus finschi</i> »							1	Naf: 0,378		
Cormorán negro « <i>Phalacrocorax carbo</i> »					Inglaterra <sup>h</sup>	1996	5	Fluo: 2,89 Naf: 29,2	Huevos	Shore <i>et al.</i> (1999)
							4	Fen: 2,68		



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»  
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»  
«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

Especie	Zona afectada por derrame de petróleo				Zona control/ línea base				Tejido	Fuente
	Lugar	Fecha de evaluación	n	HAP (ng/g) <sup>a</sup>	Lugar	Fecha de evaluación	n	HAP (ng/g) <sup>a</sup>		
<i>Cormorán moñudo</i> « <i>Phalacrocorax aristotelis</i> »								Fluo: 2,34		
								Naf: 183		
								Pir: 2,79		

Fen: fenantreno, Fluo: fluoranteno, Naf: naftaleno, Pir: pireno. n = número de muestras analizadas.

<sup>a</sup>: Los resultados se muestran como media ± desviación estándar de cada HAP en ng/g, a menos que se indique lo contrario). <sup>c</sup>: Sumatoria de HAPs reportados por especie sin distinción. <sup>d</sup>: Resultados mostrados como rango de las concentraciones totales de HAPs. <sup>e</sup>: Media ± desviación estándar de todos los HAPs sin distinción. <sup>f</sup>: los resultados se muestran en ng/ml. <sup>g</sup>: zona control. <sup>h</sup>: estudio de línea base. <sup>i</sup>: Media ± desviación estándar en ng/g peso lípido.



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»

«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

En la playa El Solitario (también conocida como Club Naval de Ancón) se detectó 11 HAPs (acenaftileno, antraceno, benzo(a)antraceno, benzo(b)fluoranteno, benzo(e)pireno, criseno, fenantreno, fluoranteno, fluoreno, naftaleno y pireno) en 7 puntos de muestreo de sedimentos (arena de playa) evaluados el 1 y 2 de abril de 2022<sup>25</sup>. Durante la evaluación de aves, la cual se llevó a cabo del 26 al 30 de julio de 2022, es decir, 4 meses después de la evaluación de sedimento, se registraron 4 parejas de ostreros americanos con nidos en la playa El Solitario, lográndose capturar a 5 individuos, en los cuales se detectó fenantreno, pireno, fluoranteno y naftaleno (Figura 7.1). Los ostreros americanos, además de reproducirse en esta playa, también se alimentan de invertebrados (*Crassostrea virginica*, *Anadara ovalis*, *Petricola pholadiformes*, *Busycon carica*, *Mytilus edulis*, *Tagelus plebeius*, entre otros (Glatt *et al.* 2003; Clay *et al.* 2014)) en la zona intermareal, y se ha demostrado que el metabolismo de algunos invertebrados no es eficiente como en los vertebrados (Eisler, 1987; Livingstone, 1998; Rust *et al.* 2004), ya que tienen capacidades metabólicas limitadas y, sumado a que son organismos filtradores, acumulan gran cantidad de contaminantes que pueden ser bioacumuladas (Hylland, 2006), a su vez, por aves como los ostreros americanos, lo que los convierte en excelentes bioindicadores de contaminación por HAPs. El hecho de que la playa en que habitan los ostreros americanos contenga HAPs implica un riesgo para estas aves, sus polluelos, así como para otras especies, como la gaviota gris «*Leucophaeus modestus*» y la gaviota dominicana «*Larus dominicanus*» que se alimentan en la zona intermareal de manera oportunística, o como las aves playeras de los géneros *Calidris* y *Pluvialis*, entre otros, que usan estas playas como áreas de alimentación en sus rutas migratorias. Cabe resaltar que, durante la evaluación se registró una gaviota dominicana «*L. dominicanus*» que no podía volar, en la playa Carros Grandes, Ancón, Lima, a la cual también se le extrajo sangre para análisis de HAPs, detectándose fenantreno, naftaleno y pireno (Figura 7.3).

<sup>25</sup>

Informe N.º 00102-2022-OEFA/DEAM-STEC. Evaluación ambiental de causalidad para la verificación de la limpieza del derrame de petróleo crudo, ocurrido en el Terminal Multiboyas N.º 2 de la Refinería La Pampilla, el 15 y 24 de enero 2022 – en la playa Club Naval de Ancón.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»  
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»  
«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

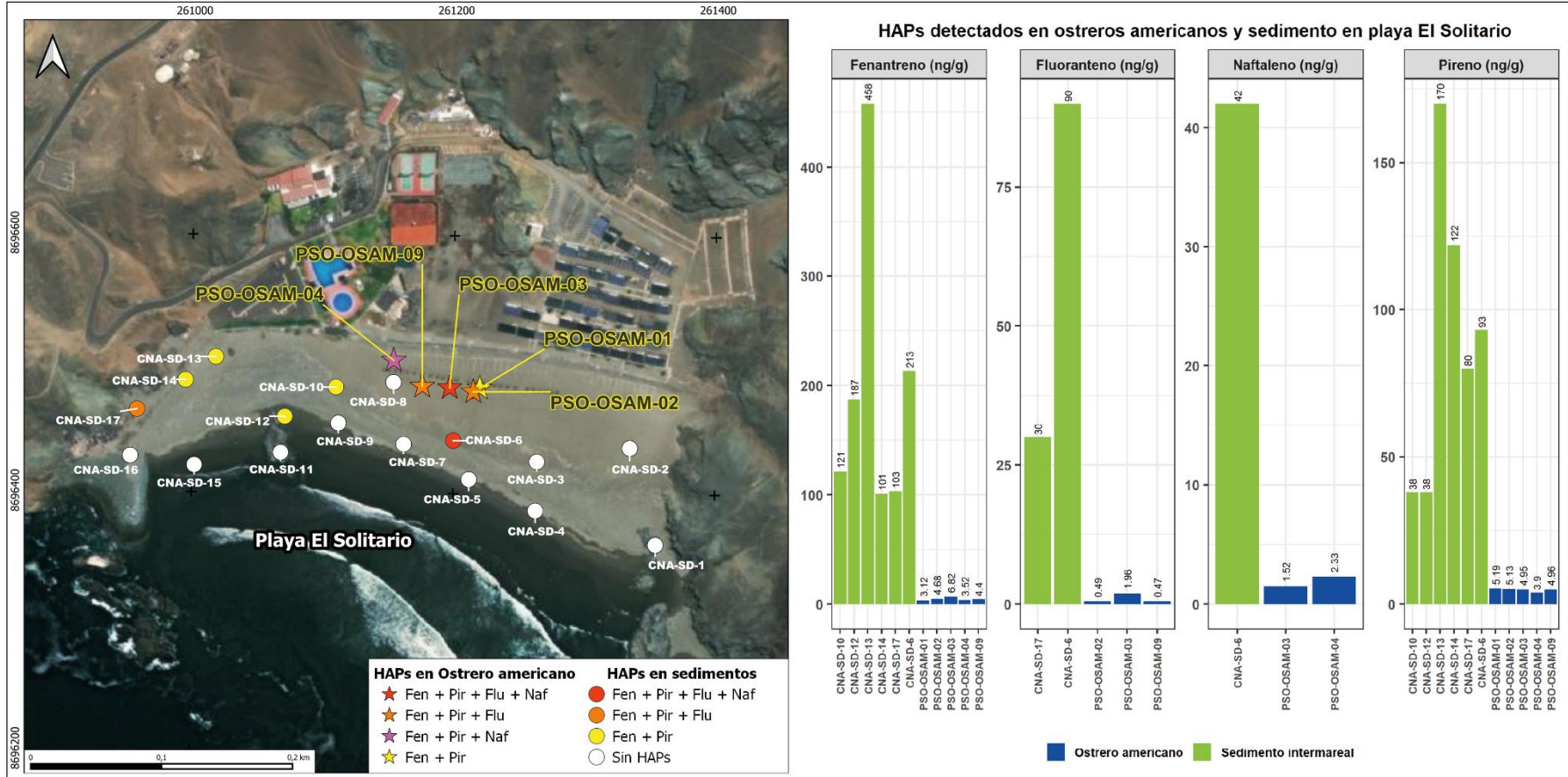


Figura 7.1. Concentraciones de HAPs en plasma sanguíneo de ostrero americano «*H. palliatus*» y sedimento intermareal en playa El Solitario  
Nota: En la figura se muestran solo los HAPs que fueron encontrados en aves. Datos de sedimentos tomados del Informe N.º 00102-2022-OEFA/DEAM-STEC.





«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»

«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

A comparación de la Playa El Solitario, donde hay concordancia entre los HAPs detectados en los ostreros americanos y la arena de playa (sedimento), en la playa Carros Grandes y Santa Rosa Grande el panorama es diferente. En el sedimento de la playa Santa Rosa Grande (30-31 de marzo de 2022 y 03-04 de abril de 2022) se detectaron 11 HAPs (acenafteno, antraceno, benzo(a)antraceno, benzo(a)pireno, benzo(b)fluoranteno, benzo(e)pireno, criseno, fenantreno, fluoranteno, fluoreno y pireno)<sup>26</sup>, pero en los 2 ostreros americanos evaluados se registró fenantreno, pireno, fluoranteno y naftaleno, siendo este último no detectado en el sedimento de esta playa (Figura 7.2). Por otro lado, en el sedimento de la playa Carros Grandes (20, 23 y 24 de junio 2022) se detectaron 6 HAPs (pireno, criseno, benzo(g,h,i) perileno, benzo(e)pireno, benzo(b) fluoranteno y benzo(a)antraceno)<sup>27</sup>, pero en los 2 ostreros americanos y en la gaviota dominicana evaluados se registró pireno, fenantreno y naftaleno, no detectándose estos 2 últimos en el sedimento de esta playa (Figura 7.3). La discordancia entre lo detectado en sedimento y las aves en las playas Santa Rosa Grande y Carros Grandes puede deberse a los límites de cuantificación de los métodos utilizados en los análisis. Las muestras de sedimento fueron cuantificadas en mg/kg con límites de cuantificación de 0,005 mg/kg (0,003 mg/kg en el caso del naftaleno); mientras que, para los análisis de HAPs en plasma de las aves se cuantificó en ng/g con límite de cuantificación de 0,2 ng/g.

A pesar de no haberse detectado fenantreno y naftaleno en el sedimento de la playa Carros Grandes, estos sí fueron detectados en playas contiguas, como la playa Pasamayo-Peaje<sup>28</sup> y playa Infantería<sup>29</sup>, en 3 y 4 puntos de muestreo ubicados a 480 m y 950 m de los puntos de captura de las aves, respectivamente. Cabe resaltar que, tanto los ostreros americanos como las gaviotas dominicanas no se limitan a una playa, sino que se desplazan entre playas en busca de alimento, pudiendo adquirir los HAPs en alguno de estos desplazamientos.

Se han realizado diversos estudios que evalúan el efecto de los HAPs en las aves y se ha determinado que causan anemia hemolítica, inmunosupresión, daño hepático, gastrointestinal y renal (Leighton, 1983; Fry y Lowenstine, 1985; Leighton, 1986; Yamato *et al.* 1996; Briggs *et al.* 1997), pérdida de peso (Burger y Tsipoura, 1998), disrupción endocrina (Franci *et al.* 2014) y bajo éxito reproductivo (Eppley y Rubega, 1990; Walton *et al.* 1997, Golet *et al.* 2022), por lo que, es necesario que playas importantes para la reproducción y alimentación de estas aves sean remediadas. Asimismo, es necesario realizar más evaluaciones en la playa Wakama, que incluya análisis de agua y sedimentos, e identificar la fuente de HAPs que estaría contaminando a estas aves.

<sup>26</sup> Informe N.º 00118-2022-OEFA/DEAM-STEC. Evaluación ambiental de causalidad para la verificación de la limpieza del derrame de petróleo crudo, ocurrido en el Terminal Multiboyas N.º 2 de la Refinería La Pampilla, el 15 y 24 de enero 2022 – en la playa Santa Rosa Grande

<sup>27</sup> Informe N.º 00203-2022-OEFA/DEAM-STEC. Evaluación ambiental de causalidad para la verificación de la limpieza del derrame de petróleo crudo, ocurrido en el Terminal Multiboyas N.º 2 de la Refinería La Pampilla, el 15 y 24 de enero 2022 – en la playa Carros Grandes

<sup>28</sup> Informe N.º 00214-2022-OEFA/DEAM-STEC. Evaluación ambiental de causalidad para la verificación de la limpieza del derrame de petróleo crudo, ocurrido en el Terminal Multiboyas N.º 2 de la Refinería La Pampilla, el 15 y 24 de enero 2022 – en la playa Pasamayo-Peaje

<sup>29</sup> Informe N.º 00215-2022-OEFA/DEAM-STEC. Evaluación ambiental de causalidad para la verificación de la limpieza del derrame de petróleo crudo, ocurrido en el Terminal Multiboyas N.º 2 de la Refinería La Pampilla, el 15 y 24 de enero 2022 – en la playa Infantería



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»  
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»  
«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

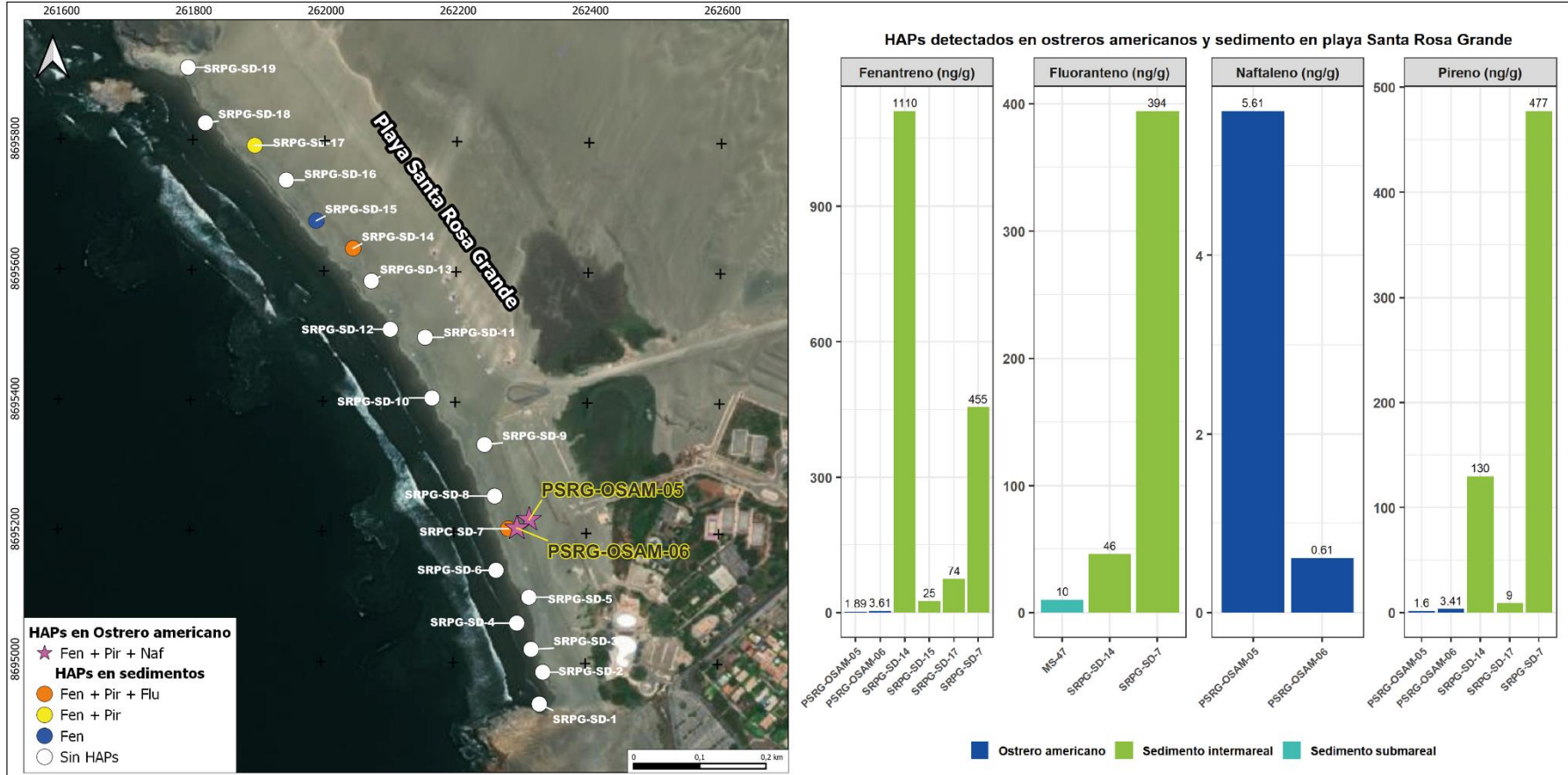


Figura 7.2. Concentraciones de HAPs en plasma sanguíneo de ostrero americano «*H. palliatus*», sedimento intermareal y submareal en playa Santa Rosa Grande

Nota: En la figura solo se muestran los HAPs que fueron encontrados en aves. Datos del sedimento tomados del Informe N.º 00118-2022-OEFA/DEAM-STEC.



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica Científica

«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»  
«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»  
«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

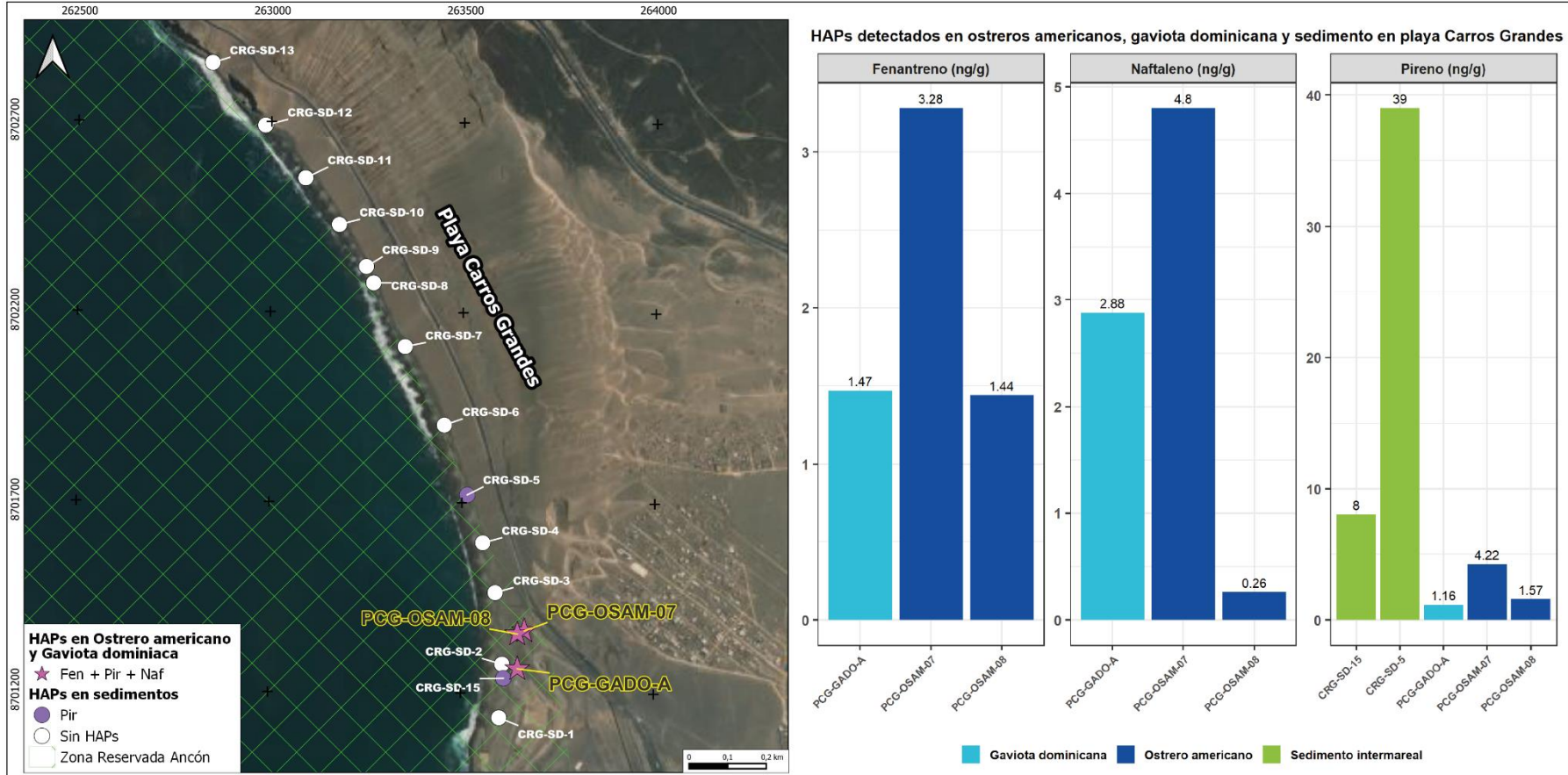


Figura 7.3. Concentraciones de HAPs en plasma sanguíneo de ostero americano «*H. palliatus*», gaviota dominicana «*Larus dominicanus*» y sedimento intermareal en playa Carros Grandes

Nota: En la figura solo se muestran los HAPs que fueron encontrados en aves. Datos de sedimentos tomados del Informe N.º 00203-2022-OEFA/DEAM-STEC.



En la Reserva Nacional Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras Islote Grupo de Pescadores se registró benzo(a)antraceno, benzo(a)pireno, benzo(b)fluoranteno, benzo(g,h,i)perileno, fluoranteno, indeno(1,2,3-cd)pireno y pireno en 1 punto de muestreo de sedimento submareal (MS-35; 11 de junio 2022)<sup>30</sup>, pero en plasma sanguíneo de cormorán guanay se registró fluoranteno (20 aves), pireno (25 aves) y fenantreno (25 aves), siendo este último no detectado en sedimento submareal. Las evaluaciones también se realizaron en agua superficial de mar; sin embargo, no se detectó HAPs en ninguna de las muestras. Esto podría deberse a 2 motivos, el primero a la baja solubilidad de los HAPs en el agua, la cual decrece cuando incrementan su peso molecular, lo que hace que las concentraciones de HAPs en agua sea muy baja, y el segundo, al igual que en sedimentos, se debería a la sensibilidad del equipo utilizado en el análisis de HAPs y a los límites de cuantificación.

La asociación entre los HAPs y las partículas sólidas como el sedimento es alta (Götz *et al.* 1998) y pueden permanecer en él durante varios años representando una amenaza para la cadena trófica. En el caso del cormorán guanay, este se alimenta principalmente de pejerrey «*Odonthestes regia regia*» y anchoveta «*Engraulis ringens*» (Zavalaga y Paredes, 2010), los cuales se alimentan de eufásidos, copépodos, diatomeas, flagelados, ostrácodos, entre otros (Espinoza y Bertrand, 2008; Medina *et al.* 2015), invertebrados que se encuentran en la base de la cadena trófica y que son capaces de bioacumular HAPs dispersos en el agua (Kiel *et al.* 2012; Dalgaard *et al.* 2018). La persistencia de HAPs en el sedimento marino constituye un riesgo latente para los organismos que puede ser desencadenado por el efecto de suspensión y/o transporte de las corrientes marinas (Almeda *et al.* 2013; Blackburn *et al.* 2014) o por algún oleaje anómalo como el ocurrido en el Golfo de México en 2013 (Paruk *et al.* 2016). Estudios como el de Pérez *et al.* (2008), Esler *et al.* (2011), Turner *et al.* (2014), Paruk *et al.* (2016) y Carls y Fugate (2016) señalan que las concentraciones de HAPs post derrame cambian temporal y espacialmente a lo largo de los años y se puede detectar en sedimento, tejidos de aves y otros organismos. Este escenario puede darse en la zona afectada por el derrame de petróleo crudo de la refinería La Pampilla, sobre todo considerando las corrientes marinas, que pueden remover los sedimentos que contienen HAPs haciendo que estos se desplacen y lleguen a las aves por bioacumulación, por lo que, es necesario realizar evaluaciones de HAPs y compuestos relacionados al petróleo crudo a largo plazo, tanto de los sedimentos y del agua, como de invertebrados que forman parte de la dieta de los ostreros americanos, peces que son consumidos por los cormoranes guanay, y de las aves evaluadas en este estudio, que han demostrado ser buenas indicadoras de contaminación.

#### **7.5. Movimientos en el mar y áreas de alimentación de cormorán guanay «*Phalacrocorax bougainvilli*» de la Isla Grande del Islote Grupo de Pescadores**

Los cormoranes guanayes son aves marinas pelágicas que se alimentan principalmente de anchoveta «*Engraulis ringens*» (Jahncke y Goya, 1998). Durante la estación reproductiva, en temporada de crianza de pichones, estas aves se alimentan en los alrededores de sus colonias a distancias promedio de 20 km (Weimerskirch *et al.* 2012, Gonzales-Del Carpio 2022). Asimismo, estos cormoranes explotan la columna de agua en busca de sus presas, buceando a profundidades medias de 4 - 32 m (Weimerskirch *et al.* 2012), alcanzado inmersiones máximas de hasta 78 m (Zavalaga y Paredes, 1999). En esta evaluación, el comportamiento de forrajeo de los cormoranes guanayes fue similar a los encontrados en otros estudios para la costa peruana. La mayor diferencia radica en que los resultados

<sup>30</sup> Informe N.º 00220-2022-OEFA/DEAM-STEC. Evaluación ambiental de causalidad para la verificación de la limpieza del derrame de petróleo crudo, ocurrido en el Terminal Multiboyas N.º 2 de la Refinería La Pampilla, el 15 y 24 de enero 2022 – en la zona RNSIIPG-Islote Grupo de Pescadores.



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»

«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

obtenidos para las 2 aves estudiadas provienen del uso continuo de los GPS por un intervalo de tiempo ininterrumpido de 4 meses. Lo que se conoce sobre el comportamiento de desplazamiento y buceos de estas aves provienen de datos por solo algunas horas o días (Zavalaga y Paredes, 1999; Weimerskirch *et al.* 2012; Gonzales Del Carpio 2022).

Las aves fueron capturadas cuando estas se encontraban criando pichones, por lo que el patrón de desplazamientos es el esperado para los primeros meses, es decir, viajes cortos, relativamente cerca de la isla (< 20 km). Se estima que los pichones de los adultos con GPS dejaron el nido durante la segunda mitad de setiembre 2022. Sin embargo, una de las aves continuó en la isla, mostrando patrones similares de alimentación que durante la temporada de crianza de los pichones. La otra ave dejó la isla Grande de Pescadores en noviembre y empezó a explorar las islas Mazorca, Huampanú, Punta Salinas y Don Martín, a 100 km al norte de la isla Grande de Pescadores. En cada uno de estos lugares, el ave permaneció por varios días antes de moverse de lugar. Así, los guanayes demuestran comportamientos variables de fidelidad a la colonia post reproducción, algunos de ellos permaneciendo en la zona, mientras otros desplazándose a otros lugares. Estos patrones de desplazamiento y uso de hábitat marino tienen implicancias importantes para el entendimiento de posibles efectos toxicológicos a largo plazo del derrame del petróleo sobre algunos depredadores marinos presentes en la zona afectada.

El seguimiento de animales con grandes desplazamientos para el estudio de los efectos tóxicos del derrame de petróleo es crucial para el entendimiento de las fuentes de contaminación (Rolland *et al.* 2020). Algunos estudios de *biologging* (técnica que usan aparatos electrónicos para el estudio de la ecología y fisiología de las aves) y telemetría han demostrado que aves marinas migratorias visitan las zonas afectadas por el derrame durante sus vuelos migratorios. En estas zonas adquieren los contaminantes tóxicos que finalmente influyen en su conducta reproductiva y fisiológica. Así, por ejemplo, los alcatraces del norte «*Morus bassana*» en Canadá, monitoreados con geolocalizadores visitaron con regularidad las aguas contaminadas por el derrame de petróleo de Deepwater Horizon en el Golfo de México, mostrando niveles altos de HAPs en sangre (Champoux *et al.* 2020). Por otro lado, los efectos del derrame en la performance de forrajeo de otras especies de aves marinas como pelícanos marrones «*Pelecanus occidentalis*» han sido medidos también con transmisores satelitales (Lamb *et al.* 2018).

Diversos estudios han demostrado los procesos de bioacumulación de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) en diferentes organismos dentro de la cadena trófica de los ecosistemas marinos afectados por derrames de petróleo (Albers y Loughlin 2003; Bianchini y Morrissey, 2018; Provencher *et al.* 2020; Power *et al.* 2021). El petróleo es fragmentado por elementos físicos como olas, vientos, radiación solar, corrientes cubriendo el espacio tridimensional de los cuerpos de agua hasta depositarse en los sedimentos marinos o permaneciendo en la columna de agua. Los compuestos tóxicos son luego asimilados y bioacumulados en diferentes organismos hasta alcanzar a las aves (Berrojalbiz *et al.* 2009, Allan *et al.* 2012, Balseiro *et al.* 2005). La presencia de HAPs por ejemplo pueden evidenciarse varios años después de ocurrido el desastre Alonso-Alvarez *et al.* 2007a, Romero *et al.* 2018). Bajo ese contexto, no es de sorprender que los guanayes de la isla Grande de Pescadores pueden aún estar ingiriendo presas contaminadas por el derrame y bioacumulando compuestos tóxicos relacionados a los hidrocarburos como HAPs. El monitoreo toxicológico y ecológico continuo de los cormoranes guanayes y otras aves en la zona afectada es necesario para evaluar los efectos a largo plazo del derrame del petróleo.

Además, es importante destacar que los guanayes pueden también dejar las zonas de reproducción y explorar otras áreas una vez que su ciclo reproductivo acaba. En ese sentido, las aves podrían estar alimentándose en regiones fuera de la acción del derrame de petróleo.



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»

«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

Este comportamiento es importante para tener en cuenta en la interpretación de resultados de toxicidad de los cormoranes debido a que algunas de las aves presentes en la zona afectada durante el derrame podrían haberse desplazado a otras zonas a lo largo de la costa peruana; asimismo, las aves de la zona control también podrían haberse desplazado a la zona afectada. Es por ello que, cualquier comparación en las concentraciones de HAPs en sangre entre aves de la zona afectada por el derrame y la zona control debe interpretarse con cautela.

#### **7.6. Tendencias poblacionales de cormoranes guanayes «*Phalacrocorax bougainvillii*» y piqueros peruanos «*Sula variegata*» de la Isla Grande, Pescadores e Isla Chincha Norte, y ostreros americanos «*Haematopus palliatus*»**

El análisis de los datos mensuales sobre las variaciones en el número de guanayes y piqueros de la Isla Grande del Grupo del Islotes de Pescadores luego de 4 meses de ocurrido los derrames de petróleo crudo de la Refinería La Pampilla en enero 2022, revelan que no existen cambios detectables en sus poblaciones. Asimismo, se muestra que en los últimos 10 años las poblaciones de ambas especies han presentado fluctuaciones frecuentes que no han estado relacionadas al derrame.

El petróleo puede causar efectos fisiológicos subletales en las aves marinas como resultado de la exposición constante a sus compuestos (Velandó *et al.* 2005) y dichos efectos pueden tardar varios años en revertirse (Esler *et al.* 2018). Estos efectos también pueden causar cambios a nivel poblacional, ya que se han reportado diferencias en la distribución y abundancia de algunas especies de aves marinas luego de haber estado expuestas a un derrame de petróleo (Castege *et al.* 2004). Asimismo, puede repercutir en la fenología reproductiva de algunas especies generando disminución en su éxito reproductivo (Barros *et al.* 2014; Piatt, 1989), retrasos en el inicio de las temporadas reproductivas (Barros *et al.* 2014; Franci *et al.* 2014), una baja actividad reproductiva en un área expuesta en comparación a un área no afectada (Wiens, 2010), una baja tasa de reclutamiento de juveniles (Butler *et al.* 1988) así como impactos en el output reproductivo de los individuos adultos de especies como lo reportado en los pingüinos de Magallanes *Spheniscus magellanicus* (Fowler *et al.* 1995).

Si bien se han demostrado cuales son los efectos del petróleo en el estado de salud de las aves marinas y que estos efectos generan problemas reproductivos (Barros *et al.* 2014; Franci *et al.* 2014; Fowler *et al.* 1995), los cambios a nivel poblacional que contemplan conteos de las colonias de aves marinas no siempre demuestran el efecto real del derrame como lo sucedido con las alcas en el este de Gran Bretaña (Harris y Wanless, 1984) o con los pingüinos africanos en Sudáfrica (Wolfaardt *et al.* 2001). Una forma de poder medir los cambios poblacionales generados por la presencia de petróleo en el ecosistema es comparando la presencia de aves entre una zona afectada y una zona no afectada (Velandó *et al.* 2005; Butler *et al.* 1988; Piatt y Anderson, 1996; Murphy *et al.* 1997; Goldsworthy *et al.* 2000); otra manera es comparando las poblaciones de aves presentes en una determinada área antes y después del derrame (Barros *et al.* 2014) y justamente los guanayes y piqueros cumplen con estos dos últimos puntos.

Los guanayes y piqueros son aves guaneras que habitan en islas, islotes y puntas guaneras a lo largo del litoral peruano. El registro del conteo de sus poblaciones data de inicios del siglo XX (Vogt, 1942; Duffy, 1994; Weimerskirch *et al.* 2012; Paleczny *et al.* 2015), ya que al ser las principales productoras del fertilizante conocido como «guano de las islas» se han dirigido diversos esfuerzos para su monitoreo y conservación a lo largo de los años (Coker, 1908; Coker, 1919; Murphy, 1926; Vogt, 1942; Valdivia, 1960; Jordan, 1963; Tovar *et al.* 1987) hasta la actualidad. Esta data histórica del número de aves guaneras ha permitido



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»

«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

evaluar sus fluctuaciones a lo largo del tiempo y relacionarlas a factores externos ya sean naturales o antropogénicos que puedan influir en su dinámica poblacional. Se ha comprobado que dichas fluctuaciones se deben principalmente a procesos naturales como eventos El Niño y La Niña (Jordán y Fuentes, 1966; Tovar, 1978; Guillen *et al.* 1985; Jahncke 1998), a la disponibilidad de alimento (Tovar, 1978; Jahncke, 1998; Bertrand *et al.* 2012; Barbraud *et al.* 2018), a condiciones oceanográficas (Bertrand *et al.* 2014; Passuni *et al.* 2016), entre otros.

El análisis realizado en el presente trabajo con los datos secundarios brindados por Agro Rural, entidad estatal que realiza los censos mensuales de estas aves, permiten comparar las poblaciones de guanayes y piqueros antes y después del derrame; y también comparar las poblaciones entre una zona afectada (Isla Grande, Pescadores) y una zona no afectada (Isla Chincha Norte). Los resultados demuestran que, para el caso de los guanayes tanto de la Isla Grande como los de Isla Chincha Norte, presentan un descenso luego del 2020; mientras que, los piqueros peruanos se muestran constantes en ambas localidades en los últimos 3 años. Estas variaciones pueden deberse a los factores mencionados líneas arriba como la disponibilidad de alimento, por ejemplo, pero también se debe tener en cuenta que ambas localidades han sido sede de las últimas campañas de recolección de guano de las islas, Chincha Norte en el 2018<sup>31</sup> e Isla Grande en el 2021<sup>32</sup> pudiendo ser un factor adicional que influye en el comportamiento de las poblaciones.

Sería muy prematuro concluir que el derrame ocurrido en Ventanilla en enero 2022 no ha tenido ningún efecto demográfico en estas 2 especies de aves guaneras en la isla Grande; puesto que, de existir algún efecto a este nivel, ya sea por la constante exposición o por la acumulación de los compuestos tóxicos del petróleo en el organismo de las aves, recién podría determinarse dentro de algunos años (Esler *et al.* 2018; Velando *et al.* 2005).

El ostrero americano «*Haematopus palliatus*» es una especie de ave categorizada como playera porque se alimenta dentro de la zona rocosa/arenosa intermareal y se reproduce mayormente en playas arenosas. A diferencia de la mayoría de las especies de aves marinas que obtienen su alimento en el mar, los ostreros americanos transitan mayormente por la franja costera, alimentándose mayormente de bivalvos y otros invertebrados marinos (Clay *et al.* 2014; García *et al.* 2010). Estas características de su historia de vida hacen del ostrero americano un excelente candidato indicador de los efectos letales/subletales de los derrames de petróleo (Fallon *et al.* 2018). Para el caso particular de los derrames de petróleo crudo en enero 2022 en Ventanilla, la afectación en las playas de la Zona Reservada de Ancón (ZRA) fue evidente, por lo que, se esperaba al menos una drástica disminución en el número de ostreros. Sin embargo, la naturaleza de los conteos y la sistematización de los datos para la Zona Reservada Ancón no permitieron obtener conclusiones definitivas sobre posibles cambios en el número de ostreros americanos. Primero, las zonas de conteo no abarcaron todas las playas de la ZRA; en algunos meses se contaron algunas playas, pero no otras, mientras que, otros meses ocurrió lo inverso. Por lo tanto, los datos entre algunos meses no son comparables. En un intento de uniformizar los conteos, se trató de seleccionar solamente una playa (o zona) con conteos más frecuentes durante el período de evaluación, pero estos datos no necesariamente reflejan cambios en el número de aves porque las playas son relativamente pequeñas y las aves se mueven entre playas para alimentarse diariamente. Cuando se hizo un análisis con todos los datos disponibles, se encontró que el número de ostreros no varió antes y después del derrame, con valores promedios que

<sup>31</sup> R.D.E N.° 466-2018-MINAGRI-DVDIAR-AGRO RURAL-DE.

<sup>32</sup> R.D.E N.° 023-2021-MIDAGRI-DVDAFIR-AGRO RURAL-DE.



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»

«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

oscilaron entre 7 y 8 aves, pero que obviamente no reflejan el número de ostreros de la ZRA debido a los problemas metodológicos mencionados.

Para el caso de la Reserva Nacional de Paracas, como zona control, los datos estuvieron mejor sistematizados con conteos en todas las playas de la reserva y en un día y hora de conteo para cada mes. Los datos mostraron que, entre los años 2017 y 2022 hubo una población estable de ostreros entre 350 y 400 individuos, es decir, no hubo eventos ambientales o antrópicos que sugiera una afectación en el número de ostreros en los últimos 5 años.

Para apreciar el efecto en las poblaciones de aves se esperaría tener datos sistemáticos durante varios años antes y después del derrame, para poder tener un alcance mayor sobre el comportamiento de dichas poblaciones, además de ello se tendría que añadir otros factores que tienen influencia en la distribución de las aves, como uso de hábitat, disponibilidad de recursos, condición de la especie, conteos teniendo en consideración los ciclos de las mareas, (Recher, 1966; Burger *et al.* 1977; Nehls y Tiedemann, 1993; Connors *et al.* 1981). Asimismo, para conocer los efectos de hidrocarburos de petróleo a nivel ecológico en las aves se podría realizar otros estudios que contemplen el efecto en el tiempo de forrajeo de la especie y éxito reproductivo (Burger, 1997). Además, se debe considerar la afectación en la cadena trófica, por lo que es necesario evaluar la contaminación por hidrocarburos de petróleo en los macroinvertebrados bentónicos, alimento de estas aves.

## 8. CONCLUSIONES

Se registró una mayor concentración de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) en el plasma de cormoranes guanay «*Phalacrocorax bougainvillii*» y de ostreros americanos «*Haematopus palliatus*» en Isla Grande-Pescadores, playas El Solitario, Santa Rosa Grande y Carros Grandes (zonas afectadas por los derrames de petróleo crudo ocurridos el 15 y 24 de enero de 2022 frente a la Refinería La Pampilla), en comparación a la concentración en el plasma de las mismas especies en Isla Chincha Norte y playa Wakama (zonas no afectadas por estos derrames), lo que evidencia que los HAPs han ingresado a la cadena trófica.

De los 15 HAPs parentales analizados (acenafteno, acenaftileno, antraceno, benzo[a]antraceno, benzo[a]pireno, benzo[g,h,i]perileno, benzo[j]fluoranteno, criseno, Dibenzo[a,h]antraceno, fenantreno, fluoranteno, fluoreno, Indeno[1,2,3-cd]pireno, naftaleno, pireno) en el plasma sanguíneo de los cormoranes guanayes «*Phalacrocorax bougainvillii*» evaluados en la Isla Grande-Pescadores (zona afectada por el derrame) y en la Isla Chincha Norte (zona control) estuvieron presentes: fenantreno, fluoranteno, naftaleno y pireno. De estos HAPs, el fenantreno y pireno se encontraron en todas las muestras.

Las concentraciones promedio de HAPs en el plasma sanguíneo del cormorán guanay «*Phalacrocorax bougainvillii*» evaluados en la Isla Grande-Pescadores, zona afectada por los derrames (2,6 ng/g de fenantreno; 3,3 ng/g de pireno) fueron mayores que las concentraciones en la Isla Chincha Norte, zona control (1,7 ng/g de fenantreno y 1,7 ng/g de pireno); siendo las concentraciones de fenantreno y pireno 1,5 y 1,9 veces mayor en la Isla Grande-Pescadores que, en la Isla Chincha Norte, respectivamente.

Los resultados de la bioquímica sanguínea y perfil hematológico no son concluyentes para los cormoranes guanayes «*Phalacrocorax bougainvillii*». Para la mayoría de los parámetros medidos, los valores son diferentes entre islas para el primer muestreo (mayo 2022), pero iguales o inversos para el siguiente muestreo (julio-agosto 2022). Las mayores diferencias que se encontraron en el perfil hematológico fueron el % de eosinófilos y % de reticulocitos,





«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»

«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

que fueron mayores en la zona afectada por el derrame que en la zona control, mientras que el volumen corpuscular medio fue menor.

De los 15 HAPs parentales analizados (acenafteno, acenaftileno, antraceno, benzo[a]antraceno, benzo[a]pireno, benzo[g,h,i]perileno, benzo[j]fluoranteno, criseno, Dibenzo[a,h]antraceno, fenantreno, fluoranteno, fluoreno, Indeno[1,2,3-cd]pireno, naftaleno, pireno) en el plasma sanguíneo de ostreros americanos «*Haematopus palliatus*», evaluados en las playas El Solitario, Santa Rosa Grande y Carros Grandes (zonas afectadas por los derrames) y en la playa Wakama (zona control) estuvieron presentes: fenantreno, fluoranteno, naftaleno y pireno. De estos HAPs, el fenantreno y pireno se encontraron en todas las muestras.

Las concentraciones promedio de HAPs en el plasma sanguíneo del ostrero americano «*Haematopus palliatus*» evaluados en las playas El Solitario, Santa Rosa Grande y Carros Grandes, zonas afectadas por los derrames (3,6 ng/g de fenantreno; 3,9 ng/g de pireno; 2,5 ng/g de naftaleno) fueron mayores que las concentraciones registradas en la playa Wakama, zona control (2,4 ng/g de fenantreno; 1,9 ng/g de pireno y 1,5 ng/g de naftaleno); siendo las concentraciones de fenantreno y pireno 1,5 y 2,0 veces mayores en la zona afectada que en la playa Wakama, respectivamente.

No se obtuvieron comparaciones medibles en la bioquímica sanguínea y perfil hematológico para ostreros americanos debido al bajo número muestral (ante la poca cantidad de sangre extraíble en estas aves de 500 g - 600 g, se dio prioridad al análisis de HAPs.

Los cormoranes guanayes reproductivos con transmisores GPS se alimentaron durante 3 meses consecutivos (agosto – octubre 2022) en un radio de 20 km alrededor de la isla Grande de Pescadores, cubriendo un área que se superpone extensivamente con el área de la mancha de petróleo registrada en enero 2022.

El análisis de las tendencias poblaciones de cormoranes guanayes y piqueros en la zona afectada por el petróleo y zona control demuestra que no existen cambios detectables a nivel demográfico como consecuencia del derrame de petróleo. Los datos secundarios de ostreros americanos de la zona afectada no fueron colectados de forma sistemática antes y después del derrame de petróleo, por lo que, no se pudo realizar una comparación de los posibles cambios demográficos.

## 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abdel-Shafy, H.I. y M.S Mansour. (2016). A review on polycyclic aromatic hydrocarbons: source, environmental impact, effect on human health and remediation. Egyptian Journal of Petroleum, 25(1): 107-123.

Albers, PH, Loughlin TR (2003). Effects of PAHs on marine birds, mammals and reptiles. IN: Douben, PT (eds) An ecotoxicological perspective. Wiley, West Sussex, England, pp 243-262.

Allan SE, Smith BW, Anderson KA. (2012). Impact of the Deepwater Horizon oil spill on bioavailable polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Gulf of Mexico Coastal Waters. Environmental Science and Technology 46:2033-2039.

Almeda R, Wambaugh Z, Chai C, Wang Z, Hyatt C, Liu Z, Buskey E. (2013). Interactions between zooplankton and crude oil: toxic effects and bioaccumulation of polycyclic aromatic hydrocarbons. PLoS ONE. 8(6): e67212.



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»

«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

Alonso-Alvarez, C., Munilla, I., López-Alonso, M., y Velando, A. (2007a). Sublethal toxicity of the Prestige oil spill on yellow-legged gulls. *Environment International*, 33(6), 773-781. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2007.02.012>

Alonso-Alvarez, C., Pérez, C., y Velando, A. (2007b). Effects of acute exposure to heavy fuel oil from the Prestige spill on a seabird. *Aquatic Toxicology*, 84(1), 103-110. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2007.06.004>

American Oystercatcher Working Group, E. Nol and R. C. Humphrey (2012). American Oystercatcher (*Haematopus palliatus*). No. 82 in *The Birds of North America Online* (A. Poole, Ed.). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, New York.

Arizmendi-Mejía, R., Militão, T., Viscor, G., y González-Solís, J. (2013). Pre-breeding ecophysiology of a long-distance migratory seabird. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 443, 162-168. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2013.02.047>

Barbraud *et al.* (2018). Density dependence, prey accessibility and prey depletion by fisheries drive Peruvian seabird population dynamics, *Ecography* 41(7) 1092-1102, <https://doi.org/10.1111/ecog.02485>

Balasch, J., Palomeque, J., Palacios, L., Musquera, S., Jimenez M., (1974). Hematological values of some great flying and aquatic-diving birds, *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 49(1) 137-145.

Balseiro A, Espí A, Marquez I, Perez V, Ferreras MC, García Marín JF, Prieto JM (2005). Pathological features in marine birds affected by the Prestige's oil spill in the north of Spain. *J.Wildlife Disease* 41:371-378.

Barron *et al.* (2010). Meta-analysis of transmitter effects on avian behaviour and ecology. *Methods in Ecology and Evolution* 1:180-187.

Barros, A., Álvarez, D. y A. Velando. (2014). Long-term reproductive impairment in a seabird after the Prestige oil spill. *Biol. Lett.* 10: 20131041. <http://dx.doi.org/10.1098/rsbl.2013.1041>

Berrojalbiz N, Lacorte S, Calbet A, Saiz E, Barata C, Dachs J (2009) Accumulation and cycling of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in zooplankton. *Environ. Sci technol* 43: 2295-2301.

Bertrand, S., Joo, R., Smet, C.A., Tremblay, Y., Barbraud, C. y H. Weimerskirch (2012). Local depletion by a fishery can affect seabird foraging. *Journal of Applied Ecology*, 46:1168-1177.

Bertrand, A., Grados, D., Colas, F., Bertrand, S., Capet, X., Chaigneau, A., Vargas, G., Mousseigne, A. y R. Fablet. (2014). Broad impacts of fine-scale dynamics on seascape structure from zooplankton to seabirds. *Nature Communications*, 5:5239.

Bianchini K, Morrissey, C.A. (2018). Polycyclic aromatic hydrocarbon exposure impairs pre-migratory fuelling in captivity-dosed Sanderling (*Calidris alba*) *Ecotoxicology and Environmental Safety* 161: 383-391.



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»

«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

Blackburn M, Mazzacano CAS, Fallon C y SH Black (2014). Oil in our oceans. A review of the impacts of oil spills on Marine Invertebrates. 152 pp. Portland, Oregon. The Xerces Society for Invertebrate Conservation.

Boitsov, S., Jensen, H. y J. Klungsoyr (2009). Natural background and anthropogenic inputs of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in sediments of South-Western Barents Sea. *Mar Environ Res.* 68(5):236-45. doi: 10.1016/j.marenvres.2009.06.013.

Briggs, K.T., Gershwin, M.E., Anderson, D.W. (1997). Consequences of petrochemical ingestion and stress on the avian immune system. *ICES J. Mar. Sci.* 54, 718–725.

Burgos-Núñez, S., Navarro-Frómata, A., Marrugo-Negrete, J., Enamorado-Montes, G., Urango-Cárdenas, I. (2017). Polycyclic aromatic hydrocarbons and heavy metals in the Cispata Bay, Colombia: A marine tropical ecosystem. *Marine Pollution Bulletin* 120, 379–386. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.05.016>

Burger, J., M. A. Howe, D. C. Hahn, J. Chase, J. Burger, C. Hahn, y J. Chase. (1977). Effects of Tide Cycles on Habitat Selection and Habitat Partitioning by Migrating Shorebirds. *The Auk*, 94:743–758.

Burger, J. y Tspoura, N. (1998). Experimental oiling of sanderlings (*Calidris alba*): behavior and weight changes. *Environ. Toxicol. Chem.* 17, 1154–1158.

Butler, R., Harfenist, A., Leighton, A. y D. Peakall. (1988). Impact of sublethal oil and emulsion exposure on the reproductive success of Leach's Storm-Petrels: short and longterm effects. *Journal of Applied Ecology*, 25: 125-143.

Calenge, C. (2006). The package «adehabitat» for the R software: A tool for the analysis of space and habitat use by animals. *Ecological Modelling* 197(3-4):516-519. <https://doi:10.1016/j.ecolmodel.2006.03.017>

Calvo, C. (2016). Indicadores morfométricos de condiciones ambientales en un ave marina: el zarcillo (*Larosterna inca*). Tesis para optar el grado de maestro en ciencias del mar. Universidad Peruana Cayetano Heredia.

Capmbell, T. (2015). Blood Sample Collection and Preparation in Birds in Exotic Animal Hematology and Cytology. John Wiley y Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/9781118993705.ch9>

Carls M. y C. Fugate (2016). 25-year retention of PAHs and alkanes in sediment oiled by the Exxon Valdez. Report to the Exxon Valdez Oil Spill Trustee Council. US National Oceanic and Atmospheric Administration, Juneau, AK, USA.

Carlson-Bremer, D., T. M. Norton, K. V. Gilardi, E. S. Dierenfeld, B. Winn, F. J. Sanders, C. Cray, M. Oliva, T. C. Chen, S. E. Gibbs, M. S. Sepúlveda and Johnson, C. K. (2010). Health assessment of American Oystercatchers (*Haematopus palliatus palliatus*) in Georgia and South Carolina. *Journal of Wildlife Diseases* 46: 772–780.

Castege, I., Hémerly, G., Roux, N., d'Elbée, J., Lalanne, Y, D'Amico, F. y C. Mouches. (2004). Changes in abundance and at-sea distribution of seabirds in the Bay of Biscay prior to and following the "Erika" oil spill. *Aquat. Living Resour.* 17: 361-367. DOI: 10.1051/alr:2004038



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»

«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

Champoux *et al.* (2020) An investigation of physiological effects of the Deepwater Horizon oil spill on a long-distance migratory seabird, the northern gannet. *Marine Pollution Bulletin* 153:110953.

Cherel, Y., Robin, J.-P., y Maho, Y. L. (1988). Physiology and biochemistry of long-term fasting in birds. *Canadian Journal of Zoology*, 66(1), 159-166. doi: 10.1139/z88-022

Clark, P., Boardman, W., y Raidal, S. (2009). *Atlas of clinical avian hematology*: John Wiley y Sons.

Clay, R.P., Lesterhuis, A.J., Schulte, S., Brown, S., Reynoldes, D. & Simons, T.R. (2014). A global assessment of the conservation status of the American Oystercatcher *Haematopus palliatus*. *International Wader Studies* 20: 62–82.

Coker, R. (1908). Regarding the future of the guano industry and the guano- producing birds of Peru. *Science*, Vol 28, 706, pp 58-64.

Coker, R. (1919). Habits and economic relations of the guano birds of Peru. *Proceedings U.S. National Museum*, Vol.56-2298.

Connors, P. G., J. P. Myers, C. S. W. Connors, And F. A. Pitelka. (1981). Interhabitat Movements by Sanderlings in Relation To Foraging Profitability And The Tidal Cycle. *Auk*.

Dagaard, M., Friis, E. y K. Gustavson. (2018). Bioaccumulation of oil compounds in the high-Arctic copepod *Calanus hyperboreus*. *Aquatic toxicology*, 195: 8-14. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2017.12.001>

Dalsoren, S.B., Endresen, O., Isaksen, I.S.A., Gravir, G., Sørsgård, E. (2007). Environmental impacts of the expected increase in sea transportation, with a particular focus on oil and gas scenarios for Norway and northwest Russia. *Journal of Geophysical Research* 112 (D2), D02310

Dean K., Bursian S., Cacela D, Carney M., Cunningham F., Dorr B, Hanson-Dorr K., Healy K., Horak K., Link J., Lipton I, McFadden A., McKernan M., Harr KE. (2017) Changes in white cell estimates and plasma chemistry measurements following oral or external dosing of double-crested cormorants, *Phalacrocorax auritus*, with artificially weathered MC252 oil. *Ecotoxicol Environ Saf.* Dec, 146:40-51. doi: 10.1016/j.ecoenv.2017.08.007

Duffy, D. (1994). The guano islands of Peru: the once and future management of a renewable resource. *Birdlife Conservation Series* 1:68-76.

Eisler, R. (1987). Polycyclic aromatic hydrocarbon hazards to fish, wildlife, and invertebrates: a synoptic review. *U.S. Fish and Wildlife Service Biological Report* 85 (1.11).

Environmental Systems Research Institute (ESRI), Inc. (2014). *ArcGIS [software GIS]. Versión 10.3*. Redlands, CA.

Eppley, Z., Rubega, M. (1990). Reproductive failure in a population of South Polar skuas following the Bahía Paraiso oil-spill in Antarctica. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 67 (1), 1–6.



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»

«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

Esler D, Ballachey BE, Trust KA, Iverson SA, Reed JA, Miles AK, Henderson JD, Wilson BW, Woodin BR, Stegeman JJ, McAdie M, Mulcahy DM. (2011). Cytochrome P4501A biomarker indication of the timeline of chronic exposure of Barrow's goldeneye to residual Exxon Valdez oil. *Mar Pollut Bull* 62:609–614.

Esler, D., Ballachey, B., Matkin, C., Cushing, D., Kaler, R., Bodkin, J., Monson, D., Esslinger, G. y K. Kloecker. (2018). Timelines and mechanisms of wildlife population recovery following the Exxon Valdez oil spill. *Deep-Sea Research part II* 147: 36-42.

Espinoza, P. y A. Bertrand. (2008). Revisiting Peruvian anchovy (*Engraulis ringens*) trophodynamics provides a new vision of the Humboldt Current System. *Prog. Oceanogr.*, 79: 215-227.

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), 451-461. <https://doi.org/10.1002/etc.3983>

Figuroa, J. y M. Stucchi. (2016). Biología reproductiva del ostrero americano (*Haematopus palliatus pitanay*) en el Perú. *Revista Chilena de Ornitología*, 22(2): 171-183.

Fowler, G., Wingfield, J y D. Boersma. (1995). Hormonal and reproductive effects of low levels of petroleum fouling in magellanic penguins (*Spheniscus magellanicus*). *The Auk* 112(2): 382-389.

Franci, C., Guillemette, D.M., Pelletier, É., Chastel, O., Bonnefoi, S., Verreault, J. (2014). Endocrine status of a migratory bird potentially exposed to the Deepwater Horizon oil spill: a case study of northern gannets breeding on Bonaventure Island, Eastern Canada. *Sci. Tot. Environ.* 473-474, 110–116.

Fry, M., Lowenstine, L.J. (1985). Pathology of common Murres and Cassin's Auklets exposed to oil. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 14, 725–737

Gallo, L., Quintana, F., Svagelj, W. S., Uhart, M. (2013). Hematology and blood chemistry values in free-living imperial cormorants (*Phalacrocorax atriceps*). *Avian diseases*, 57(4), 737–743.

García G.O. *et al.* (2010) Foraging behaviour and diet of American Oystercatchers in a Patagonian intertidal area affected by nutrient loading. *Emu* 110:146-154

Glatt, B., Norto, T. y E. Dierenfeld. (2003). Foraging behavior and analysis of whole prey eaten by the American Oystercatcher (*Haematopus palliatus*). *Nutricion Advisory Group*.

Goldsworthy, S., Gales, R., Giese, M y N. Brothers. (2000). Effects of the Iron Baron oil spill on the little penguins (*Eudyptula minor*). I. Estimates of mortality. *Wildlife Research*, 27: 559-571.

Golet, G. H., Seiser, P. E., McGuire, A. D., Roby, D. D., Fischer, J. B., Kuletz, K. J., Newman, S. H. (2002). Long-term direct and indirect effects of the 'Exxon Valdez' oil spill on pigeon guillemots in Prince William Sound, Alaska. *Marine Ecology Progress Series*, 241, 287-304.



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»

«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

Gonzales Del Carpio D. (2022) Flexibilidad del comportamiento de forrajeo del cormorán guanay (*Phalacrocorax bougainvillii*) bajo un ambiente marino impredecible. Tesis Licenciatura. Universidad Peruana Cayetano Heredia.

Götz R, Bauer OH, Friesel P, Roch K. (1998). Organic trace compounds in the water of the river Elbe near Hamburg. Part II. *Chemosphere* 36(9): 2103–2118.

Goya y García-Godos (2002). Effects of El Niño 1997-98 on the Diet Composition and Numbers of the Peruvian Guano-Producing Seabirds. *Investigaciones marinas*, 30(1, Supl. Symp), 189. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-71782002030100079>

Grolemund, G. y Wickham, H. (2011). «Dates and Times Made Easy with lubridate.» *Journal of Statistical Software*, 40(3), 1–25. <https://www.jstatsoft.org/v40/i03/>

Guillen, O., Lostaunau, N. y Jacinto, M. 1985. Características del Fenómeno El Niño 1982-1983. In: Arntz, W. E., Landa, A. and Tarazona, J. (Eds.), *El fenómeno El Niño y su impacto en la fauna marina*. Boletín del Instituto del Mar del Perú, 11-21.

Harris, M. P. y Wanless, S. (1984) The effect of the wreck of seabirds in February 1983 on auk populations on the Isle of May (Fife). *Bird Study*, 31:2,103-11. DOI: 10.1080/00063658409476826

Jacobs, S. R., Edwards, D. B., Ringrose, J., Elliott, K. H., Weber, J. M., & Gaston, A. J. (2011). Changes in body composition during breeding: Reproductive strategies of three species of seabirds under poor environmental conditions. *Comparative biochemistry and physiology. Part B, Biochemistry y molecular biology*, 158(1), 77–82. <https://doi.org/10.1016/j.cbpb.2010.09.011>

Jahncke, J., García-Godos, I., y Goya, E. (1997). Diet of Guanay Cormorants *Leucocarbo bougainvillii*, Peruvian Boobies *Sula variegata*, and other seabirds of the Peruvian coast, April and May 1997 (Vol. 72).

Jahncke, J. (1998). Las poblaciones de aves guaneras y sus relaciones con la abundancia de anchoveta y la ocurrencia de eventos El Niño en el mar peruano. *Boletín del Instituto del Mar del Perú*, 17(1-2):1-13.

Jahncke, J. y E. Goya (1998). Las dietas del guanay y del piquero peruano como indicadoras de la abundancia y distribución de anchoveta. *IMARPE* 17(1-2) (15-34). ISSN 0378-7699.

Johnson, D. H., Krapu, G. L., Reinecke, K. J., y Jorde, D. G. (1985). An Evaluation of Condition Indices for Birds. *The Journal of Wildlife Management*, 49(3), 569-575. doi: 10.2307/3801673

Jordan, R (1963) Resultados de los censos gráficos de las aves guaneras efectuados en noviembre de 1960 y enero de 1962. *IREMAR (Instituto de Investigación de los Recursos Marinos)*,12:1-31.

Jordán, R. y Fuentes, H. (1966). Las poblaciones de aves guaneras y su situación actual. Informe N°10 Instituto del Mar del Perú, 31pp.



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»

«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

Kiel, L., Honkanen, J. y J. Carroll. (2012). Bioaccumulation of phenanthrene and benzo(a)pyrene in *Calanus finmarchicus*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 78: 225-231.

King, M. D., Elliott, J. E., y Williams, T. D. (2021). Effects of petroleum exposure on birds: A review. *Science of The Total Environment*, 755, 142834. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142834>

Labocha, M. K., y Hayes, J. P. (2012). Morphometric indices of body condition in birds: a review. *Journal of Ornithology*, 153(1), 1-22. doi: 10.1007/s10336-011-0706-1

Lamb, JS, Fiorello, CV, Satgé YG, Mills, K, Ziccardi M, Jodice PGR (2018) Movement patterns of California brown pelicans (*Pelecanus occidentalis*) following oiling and rehabilitation. *Marine Pollution Bulletin* 131:22-31.

Le Croizier, G., Point, D., Renedo, M., Munaron, J. M., Espinoza, P., Amezcua-Martinez, F., Lanco Bertrand, S., y Lorrain, A. (2022). Mercury concentrations, biomagnification and isotopic discrimination factors in two seabird species from the Humboldt Current ecosystem. *Marine Pollution Bulletin*, 177, 113481. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113481>

Leighton, F., Peakall, D.B., Ronald, G., Butler, R.G. (1983). Heinzbody from the ingestion of crude oil: primary toxic effect in marine birds. *Science* 220, 871–873.

Leighton, F. (1986). Clinical gross and histological findings in Herring Gulls and Atlantic Puffins that Ingested Prudhoe Bay Oil. *Vet. Pathol.* 23, 254–263.

Linhares B. *et al.* (2022) American Oystercatcher benefits from a heterogeneous landscape to breed in an urbanized area in southern Brazil. *Urban ecosystems* 25: 87-100.

Mallory, M. L., S. E. Davis, M. Maftai, D. T. Fife, and G. J. Robertson. 2018. Adult survival of Arctic terns in the Canadian high Arctic. *Polar Research* 37: 1,1537710.

McGowan, C. P. and Simons, T. R. (2005). A method for trapping breeding adult American Oystercatchers. *Journal of Field Ornithology*, 76(1), 46–49. <https://doi.org/10.1648/0273-8570-76.1.46>

Medina, M., Herrera, L., Castillo, J., Jaque, J. y N. Pizarro. (2015). Alimentación de la anchoveta (*Engraulis ringens*) en el norte de Chile (18°25'-25°40'S) en diciembre de 2010. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 43(1): 46-58. DOI: 10.3856/vol43-issue1-fulltext-5

Melrose, W.D., and Nicol, S.C. (1992). Haematology, red cell metabolism and blood chemistry of the black-faced cormorant *Leucocarbo fuscescens*. *Comparative biochemistry and physiology*. *Comparative physiology*, 102 1, 67-70.

Newman, S. H., Piatt, J. F., y White, J. (1997). Hematological and Plasma Biochemical Reference Ranges of Alaskan Seabirds: Their Ecological Significance and Clinical Importance. *Colonial Waterbirds*, 20(3), 492–504.

Minam (2015). Guía de inventario de fauna silvestre del Ministerio del Ambiente - Aves. R.M. N. ° 057-2015-MINAM. Lima, Perú.



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»

«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

Mitchell, E. B., y Johns, J. (2008). Avian Hematology and Related Disorders. *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice*, 11(3), 501-522. <https://doi.org/10.1016/j.cvex.2008.03.004>

Murphy, R. (1926). El ave más valiosa del mundo. *Boletín de la Compañía Administradora del guano*. *Boletín* 2(10):513-536.

Murphy, S., Day, R., Wien J., y Parker, K. (1997). Effects of the Exxon Valdez oil spill on birds: comparisons of pre- and post-spill surveys in Prince William Sound, Alaska. *Condor* 99:299-313.

Naf, C., Broman, D. y B. Brunstrom. (1992) Distribution and metabolism of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) injected into eggs of chicken (*Gallus domesticus*) and common eider duck (*Somateria mollissima*). *Environ. Toxicol. Chem.* 11, 1653–1660.

Nehls, G., y R. Tiedemann. (1993). What determines the densities of feeding birds on tidal flats? A case study on dunlin, *Calidris alpina*, in the Wadden Sea. *Netherlands Journal of Sea Research* 31:375–384.

North American Banding Council. (2003). Guía de estudio del anillador de Norteamérica. North American Banding Council. Estados Unidos.

Nunes, B.Z., Zanardi-Lamardo, E., Choueri, R.B., Castro, Í.B. (2020). Marine Protected Areas in Latin America and Caribbean threatened by polycyclic aromatic hydrocarbons, *Environmental Pollution*, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.116194>

Osenberg, C. W.; Schmitt, R. J.; Holbrook, S. J.; Abusaba, K. E.; Flegal, A. (1994). Detection of environmental impacts: natural variability, effect of size, and power analysis. *Ecol. Appl.* 4, 16–30.

Paleczny, M., Hammill, E., Karpouzi, V. y Pauly, D. (2015). Population trend of the World's monitored seabird, 1950-210. *PlosOne* 10(6): e0129342. DOI: 10.1371/journal.pone.0129342.

Paruk, J. D., Adams, E. M., Uher-Koch, H., Kovach, K. A., Long, D., Perkins, C., Evers, D. C. (2016). Polycyclic aromatic hydrocarbons in blood related to lower body mass in common loons. *Science of The Total Environment*, 565, 360-368. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.04.150>

Passuni, G., Barbraud, C., Chaigneau, A., Demarcq, H., Ledesma, J., Bertrand, A., Castillo, R., Perea, A., Mori, J., Vibranc, V.A., Torres-Maita, J. Y Bertrand, S. (2016). Seasonality in marine ecosystems: Peruvian seabirds, anchovy, and oceanographic conditions. *Ecology* 97(1):182-193. <https://doi.org/10.1890/14-1134.1>

Pérez, C., Velando, A., Munilla, I., López-Alonso, M. y D. Oro. (2008). Monitoring Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Pollution in the Marine Environment after the Prestige Oil Spill by Means of Seabird Blood Analysis. *Environ. Sci. Technol*, 42: 707-713. 10.1021/es071835d

Piatt, J y P. Anderson. (1996). Response of Common Murres to the Exxon Valdez Oil Spill and Long-Term Changes in the Gulf of Alaska Marine Ecosystem. *American Fisheries Society Symposium* 18: 720-737.





«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»

«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

Pinheiro J, Bates D, R Core Team (2022). *nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models*. R package version 3.1-158, <https://CRAN.R-project.org/package=nlme>

Power A, White P, McHugh B, Berrow S, *et al.* (2021) Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in seabird eggs in Ireland. *Marine Pollution Bulletin* 170:112636.

Provencher JF, *et al.* (2020) Polycyclic Aromatic Compounds (PACs) and trace elements in four marine species from northern Canada in a region of natural marine oil and gas seeps. *Science of the Total Environment* 744: 140959.

Recher, H. F. (1966). Some Aspects of the Ecology of Migrant Shorebirds. *Ecology* 47:393–407

Rolland V, Nepshinsky M, Windhoffer ED, Liechty JS, Minor AK, Pierce AR (2020) Foraging areas and movements of Royal terns (*Thalasseus maximus*) at the Dernieres Barrier Islands Refuge, Louisiana. *Marine Ornithology* 48:163-168.

Romero, IC, Sutton T, Carr B, Quintana-Rizzo, Ross SW, Hollander DJ, Torres JJ (2018) Decadal Assessment of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in mesopelagic fishes from the Gulf of Mexico reveals exposure to oil-derived sources. *Environmental Science and Technology* 52:10985-10996.

RStudio Team (2022). RStudio: Integrated Development for R. RStudio, PBC, Boston, MA URL <http://www.rstudio.com/>.

Takeshita, R., Bursian, S. J., Colegrove, K. M., Collier, T. K., Deak, K., Dean, K. M., Hall, A. J. (2021). A review of the toxicology of oil in vertebrates: what we have learned following the Deepwater Horizon oil spill. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B*, 24(8), 355-394. doi: 10.1080/10937404.2021.1975182

Thaxter *et al.* (2015). Contrasting effects of GPS device and harness attachment on adult survival of Lesser Black-backed Gulls *Larus fuscus* and Great Skuas *Stercorarius skua*. *Ibis* 158:279-290. <https://doi.org/10.1111/ibi.12340>

Tovar, H., Guillen, V. y M. Nakama Monthly (1987) Monthly population size of three guano bird species of Peru, 1953 to 1982 in: *The Peruvian anchoveta and its upwelling ecosystem: three decades of change*, ICLARM, IMARPE, GTZ, 208–218.

Travis, E. K., Vargas, F. H., Merkel, J., Gottdenker, N., Miller, R. E., Parker, P. G. (2006). Hematology, serum chemistry, and serology of Galápagos penguins (*Spheniscus mendiculus*) in the Galápagos Islands, Ecuador. *Journal of wildlife diseases*, 42(3), 625–632.

Troisi, G., Borjesson, L., Bexton, S., y Robinson, I. (2007). Biomarkers of polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH)-associated hemolytic anemia in oiled wildlife. *Environmental Research*, 105(3), 324-329. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2007.06.007>

Troisi, G., Barton, S., y Bexton, S. (2016). Impacts of oil spills on seabirds: Unsustainable impacts of non-renewable energy. *International Journal of Hydrogen Energy*, 41(37), 16549-16555. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.04.011>



«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»

«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

Turner, R., Overton, E., Meyer, B., Miles, M. y L. Hooper. Bui. (2014). Changes in the concentration and relative abundance of alkanes and PAHs from the Deepwater Horizon oiling of coastal marshes. *Marine Pollution Bulletin*, 86(1-2): 291-297.

Uhart, M y M. Zaccagnini. (1999). Manual de Procedimientos Operativos Estandarizados de Campo para Documentar Incidentes de Mortandad de Fauna Silvestre en Agroecosistemas. Comisión Interinstitucional para la Conservación de la Vida Silvestre en Agroecosistemas. Argentina.

Ulbricht, J., y Zippel, D. (1994). Delayed laying and prolonged fasting in Adélie Penguins *Pygoscelis adeliae*. *Polar Biology*, 14(3), 215-217. doi: 10.1007/BF00240527

Valdivia, J. (1960). La cubicación del guano de islas y la ecuación de regresión. *Boletín de la Compañía Administradora del Guano*.

Velando, A., Álvarez, D., Mouriño, J., Arco, F y A. Barros. (2005). Population trends and reproductive success of the European shag *Phalacrocorax aristotelis* on the Iberian Peninsula following the Prestige oil spill. *J. Ornithol*, 146: 116-120. DOI 10.1007/s10336-004-0068-z

Vogt, W. (1942). Informe sobre las aves guaneras. *Boletín de la Compañía Administradora del Guano*. Vol. 18(3).

Walton, P., Turner, C., Austin, G., Burns, M., Monaghan, P. (1997). Sub-lethal effects of an oil pollution incident on breeding kittiwakes *Rissa tridactyla*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 155, 261–268.

Watson, M. K., Langan, J. N., Allender, M. C., Cardeña, M., Cárdenas-Alayza, S., y Adkesson, M. J. (2021). Health assessment of guanay cormorant (*Phalacrocorax bougainvillii*) and peruvian pelican (*Pelecanus thagus*) populations at Punta San Juan, Peru. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 52(3), 975-985, 911.

Weber, M. (2003). Pelecaniformes (cormorants, frigate birds, gannets, pelicans and tropicbirds). In M. E. Fowler y R. E. Miller (Eds.), *Zoo and Wild Animal Medicine* (3 ed., pp. 118-122). Missouri: Saunders.

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: 231-245.

Wickham, H. (2016). *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York, 201

Wickham H, François R, Henry Ly Müller K (2022). *dplyr: A Grammar of Data Manipulation*. <https://dplyr.tidyverse.org>, <https://github.com/tidyverse/dplyr>

Wolfardt, A., Underhill, L., Crawford, R. y N. Kalges. (2001). Results of the 2001 census of African penguins *Spheniscus demersus* in South Africa: first measures of the impact of the Treasure oil spill on the breeding population, *Transactions of the Royal Society of South Africa*, 56:1, 45-49, DOI: 10.1080/00359190109520455.



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Organismo de Evaluación y  
Fiscalización Ambiental - OEFA

STEC: Subdirección Técnica  
Científica

«Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres»

«Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional»

«Año del Bicentenario del Congreso de la República del Perú»

Woods, R.W. (2014). Conservation assessment of the Blackish Oystercatcher *Haematopus ater*. *International Wader Studies* 20: 109–115.

Wood S (2017). *Generalized Additive Models: An Introduction with R*, 2<sup>o</sup> ed. Chapman and Hall/CRC.

Yamato, O., Ikoto, I. y Y. Maede. (1996). Hemolytic anemia in wild seaducks caused by marine oil pollution. *J Wildl Dis* 32:381–384.

Zavalaga, C. B., J. Halls, G. Dell’Omo, G. P. Mori, and S. Taylor. (2010) At-sea movement patterns and diving behavior of Peruvian Boobies *Sula variegata* in northern Peru. *Marine Ecology Progress Series* 404: 259–274 <https://doi:10.3354/meps08490>

Zavalaga, C. y R. Paredes. (2010). Foraging behaviour and diet of the guanay cormorant, *Sula leucogaster*. *South African Journal of Marine Science*, 21:1, 251-258, DOI: [10.2989/025776199784125980](https://doi.org/10.2989/025776199784125980)