

Determinación de la diversidad de aves en el pasivo ambiental petrolífero de Ahuallani, Perú

Determination of bird diversity in the context of the oil industry environmental liabilities of Ahuallani, Peru

Dennis Xavier Huisa-Balcon^{1,2*} 

1 Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional del Altiplano Puno. Puno, Perú.
2 Asociación para la Conservación de la Biodiversidad Pro Carnívoros. Arequipa, Perú.



Citar como: Balcon, D. (2022). «Determinación de la diversidad de aves en el pasivo ambiental petrolífero de Ahuallani, Perú». *South Sustainability*, e061.
DOI: 10.21142/SS-0302-2022-e061

Artículo recibido: 11/5/2022
Revisado por pares
Artículo aceptado: 29/7/2022



© El autor, 2022. Publicado por la Universidad Científica del Sur (Lima, Perú)

*E-mail de correspondencia:
dennis.bhd@gmail.com

RESUMEN

Las perforaciones petroleras de Ahuallani, ubicadas en el altiplano del departamento de Puno, son algunas de las más antiguas de Perú. Por más de medio siglo afloraron emulsiones de aguas de salmuera que desembocaron en el lago Titicaca. La información de los efectos de estas emulsiones sobre la diversidad es casi inexistente. El objetivo fue determinar la diversidad de avifauna del área degradada de la actividad petrolífera en Ahuallani (Perú). Para ello, se realizaron evaluaciones por medio de puntos de conteo, cuyos registros fueron corroborados mediante revisión bibliográfica para determinar la condición migratoria, el ambiente de registro y el estado de conservación según normativa peruana, IUCN y CITES. Un total de 28 especies de aves fueron registradas: 20 residentes, 7 migratorias y 1 indeterminada. Tan solo *Phoenicopterus chilensis* está categorizada según normativa peruana, CITES y IUCN. Los registros en Ahuallani presentan valores bajos de índices de diversidad, lo cual es evidencia de las afectaciones de la actividad petrolera sobre la comunidad aviar.

Palabras clave: Ahuallani, agua de formación, degradación de suelos, diversidad, lago Titicaca

ABSTRACT

Oil drilling operations in Ahuallani, situated in the highlands of the department of Puno, are among the oldest in Peru. For more than half a century, brine water emulsions flowed into Lake Titicaca. Information regarding the effects of these emulsions on diversity is almost nonexistent. The aim of this study was to determine the diversity of avifauna in the area degraded by oil activity in Ahuallani, Peru, by conducting point counting evaluations, the results of which were corroborated by reviewing the literature in order to determine migratory status, the recording environment and state of conservation, in accordance with Peruvian legislation and CITES and IUCN guidelines. A total of 28 bird species were recorded: 20 resident species, 7 migratory species, and 1 undetermined species. Of these, only *Phoenicopterus chilensis* is categorized by Peruvian legislation, CITES and the IUCN. The recordings in Ahuallani have low diversity indexes, pointing to evidence of the effects of oil activity in the area upon the avian community.

Keywords: Ahuallani, diversity, formation water, Lake Titicaca, soil degradation



Introducción

Los derrames de hidrocarburos desde tanques, barcos o pozos petrolíferos son una de las formas de contaminación por petróleo asociadas a la mortalidad de aves (Leighton, 1993). Estos derramamientos son muy frecuentes en la actividad petrolífera, y afectan los ecosistemas terrestres y acuáticos (Malacalza *et al.*, 2002), al ocasionar pérdida de hábitat y exposición al petróleo que terminan en interacciones entre las actividades petroleras y las comunidades de aves (Ronconi, Allard y Taylor, 2015). Las interacciones pueden ser monitoreadas en las aves por la acumulación de metales pesados como el mercurio (Hg), plomo (Pb), cadmio (Cd) y cromo (Cr), ya que las aves son sensibles a muchos factores diversos que afectan la cadena alimenticia (Zhang y Ma, 2011).

La contaminación por petróleo ocasiona en las aves efectos en el sistema nervioso central y periférico, función cardiovascular, respiración, rendimiento en la natación, captura de presas, respuesta inmune, respuesta al estrés, reproducción y biosíntesis de colesterol (Murawski *et al.*, 2021). Ombugadu *et al.* (2014) sugieren que los efectos son mayores en especies residentes que migratorias; finalmente, conllevan a la disminución del número de especies de aves (De la Huz *et al.*, 2005). Estos eventos pueden estar suscitándose en el área de Ahuallani, donde no se han realizado estudios sobre la composición de la comunidad de aves.

Los efluentes con contenido salitroso y de metales pesados (Machaca, 2007) provenientes del pozo de exploración petrolera RH-10 (Perupetro, 2008) desertificaron el área de Ahuallani durante 83 años (Huisa y Loza-Del Carpio, 2021). Es un suceso preocupante, ya que los sedimentos con contenido de metales pesados que resultan de las actividades petroleras elevan los niveles de contaminación del suelo e incrementan el riesgo ecológico (Hu *et al.*, 2013). Esto influye en la supervivencia y reproducción de las aves de humedales (Zhang y Ma, 2011). El área degradada de Ahuallani ha sido considerada en propuestas regionales de conservación; parte de su área corresponde al Sitio Prioritario para la Conservación de la Biodiversidad Totorales de Pusi y Taraco (GORE Puno, 2016). Este pasivo colinda geográficamente con el Área Importante para la Conservación de Aves PE-097 (IBA) dentro de la Reserva Nacional del Titicaca (BirdLife International, 2020). En tal sentido, el presente trabajo de investigación evalúa la diversidad de la avifauna presente en uno de los pasivos ambientales más antiguos de la zona altoandina del Perú, que no ha sido estudiado a nivel básico, por lo cual se busca evidenciar la comunidad aviar que la compone, que es el primer registro de aves para el pasivo ambiental de Ahuallani.

Materiales y métodos

Área de estudio

Se ubica a orillas del lago Titicaca, cuya vegetación principal la componen campos de cultivos andinos alrededor y plantas halófilas dentro del área de Ahuallani, con dominancia de *Sarcocornia pulvinata* (Huisa y Loza-Del Carpio, 2021). El área está degradada por agua de salmuera petrolera de la perforación RH-10 (latitud: 15°12'05.4"S, longitud: 69°45'12.8"W), a una altitud de 3890 msnm (figura 1); la extensión de área degradada es de 96,54 ha (Huisa y Loza-Del Carpio, 2021). Geográficamente se ubica en el distrito de Pusi, provincia de Huancané, región Puno, en la Zona de Vida de Páramo Húmedo (Aybar-Camacho *et al.*, 2017). La temperatura promedio anual es de 9,4 °C, y tiene una precipitación promedio anual de 276 mm. Parte del área de estudio se ubica dentro de la Reserva Nacional del Titicaca (BirdLife International, 2020), el Sitio Prioritario para la conservación de la biodiversidad Totorales de Pusi y Taraco (GORE Puno, 2016) y el área del lote petrolífero S-2 (Machaca, 2007).

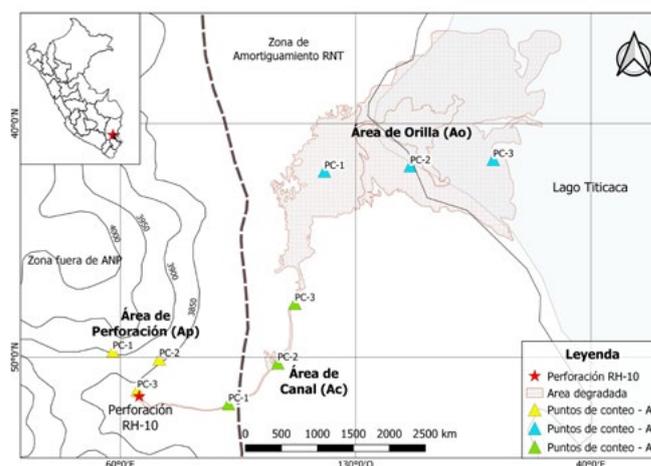


Figura 1. Área de estudio. Se observan los puntos de evaluación: Ap, Ac y Ao, dispuestas en el área degradada de Ahuallani (2016-2017).

Evaluación e identificación de especies

Las áreas de muestreo fueron establecidas con base en las áreas determinadas en 2016 por Huisa y Loza-Del Carpio (2021): Zona de Perforación, Zona de Canal y Zona de Dispersión. Para el presente estudio estas áreas se han denominado Área de Perforación (Ap), Área de Canal (Ac) y Área de Orilla (Ao), respectivamente. Se establecieron tres puntos de conteo por cada área, lo que hizo un total de nueve puntos georreferenciados con un GPS Garmin e-trex 20 (Taiwán). Se realizaron dos repeticiones por punto de muestreo. Cada punto de muestreo tiene un diámetro aproximado de 200 metros, y el tiempo de observación fue de 10 a 15 minutos/punto, que fueron distribuidos en tres periodos de 4-5 minutos, con una pausa de 4 minutos entre cada periodo. Las evaluaciones se realizaron entre las 6:30 a 9:00 horas (Ralph *et al.*, 1996) y para la identificación de las especies de aves se usaron binoculares Bushnell

8 x 42 (Estados Unidos). La determinación se hizo con la guía de campo *Birds of Peru* (Schulenberg *et al.*, 2010), siguiendo la clasificación taxonómica en *List of the birds of Peru* de Plenge (2021) y *A classification of the bird species of South America* de Remsen *et al.* (2021). Finalmente, se determinó la categoría de amenaza según la normativa vigente (Decreto Supremo 004-2014-MINAGRI), categoría según IUCN (Birdlife International, 2021), CITES (UNEP-WCMC, 2014), residencia y condición migratoria de las aves (Pulido, 2018).

Análisis de biodiversidad y similitud

Se consideró el número de especies en las áreas de evaluación para el análisis de índices de diversidad (Moreno, 2001) de Shannon-Wiener H' y Simpson D' (Álvarez *et al.*, 2006); análisis de similitud por el índice de Jaccard I_j y agrupamiento o clúster (Pulido, Salinas y Arana, 2020). Los datos se procesaron en el software PAST 4.06 (Hammer *et al.*, 2001), de acceso libre y gratuito.

Revisión bibliográfica

Se revisó la información disponible respecto al estudio actual de las aves en la cuenca del lago Titicaca. De esta forma, se determinó la condición migratoria según Pulido (2018), que categoriza a las aves como Residente (R), Migratoria de los Andes (Mc), Migratoria Austral (Ma) y Migratoria Neártico (Mn). Asimismo, se usó el orden de Pulido (2018), que categoriza el ambiente de las especies de aves en Acuático (A), Terrestre (T) y Vuelo (V), según el registro de observación de las aves. Se revisó la base de datos de BirdLife International (2021) y se determinó la categoría según criterios de la IUCN. También se revisó la normativa peruana de categorización de especies de fauna silvestre (Decreto Supremo 004-2014-MINAGRI). Finalmente, se realizó la revisión de los apéndices I, II y III de CITES (UNEP-WCMC, 2014).

Resultados y discusión

Se registró una cantidad 277 individuos, pertenecientes a 28 especies de aves agrupadas en 9 órdenes, 19 familias y 26 géneros (tabla 1). Las familias con mayor número de especies son Columbidae, Flaconidae y Thraupidae, con tres especies cada una, y las que menor número de especies concentraron son las familias Phoenicopteridae, Recurvirostridae, Laridae, Threskiornithidae, Strigidae, Picidae, Tyrannidae, Hirundinidae, Troglodytidae, Turdidae, Motacillidae, Fringillidae y Passerellidae, con una especie. El mayor número de especies fue registrado en el Ap, con 15 especies (50 %), seguido del Ao, con 14 especies (42,86 %). El menor número se registró en el Ac, con 4 especies (7,14 %). El número de especies es similar a otros estudios realizados a orillas del Titicaca, como en la desembocadura del río Ramis, donde se registraron 18 especies de aves agrupadas en 7 órdenes, 11 familias y 15 géneros (Soria, 2017), o en la laguna de estabilización de Puno, a orillas del lago Titicaca, donde se registraron

39 especies de aves agrupadas en 8 órdenes, 20 familias y 33 géneros (Mamani y Pari, 2009). Huisa y Pino (2020) registran la presencia de *Cathartes aura* en el área de Ahuallani, lo que aumenta la cantidad de especies a 29, 10 órdenes, 20 familias y 27 géneros. Sin embargo, según Pulido (2018), quien realiza la sistematización histórica y cantidad de aves registradas en la cuenca del Titicaca y alrededores, se registra un total de 135 aves, agrupadas en 17 órdenes y 83 géneros. La riqueza de especies en el área de Ahuallani es muy baja en comparación con estos datos. Esto podría interpretarse a que en la zona de Ahuallani, en la laguna de oxidación y en la desembocadura del río Ramis existe influencia sobre el hábitat de las aves por los factores de la actividad antropogénica, como los efluentes petrolíferos, aguas servidas y aguas con contaminación por sedimentos mineros, respectivamente.

En el Ap la especie con mayor abundancia relativa es *Z. capensis* (23,81 %), seguida de *G. plebejus* (20,24 %) y *Z. auriculata* (14,29 %) (tabla 1). En el Ac la especie con mayor abundancia relativa es *Z. capensis* (65,22 %), seguida de *C. rupicola* (21,74 %). En el Ao la especie con mayor abundancia relativa es *P. chilensis* (35,29 %), seguida de *C. serranus* (14,71 %) y *L. oreas* (10,00 %). Estos resultados son similares a los de Mamani y Pari (2009), cuyas abundancias relativas fueron para las siguientes especies *Z. capensis* (21,19 %), *C. serranus* (15,71 %), *A. puna* (9,75 %), *G. chloropus* (7,77 %) y *A. flavirostris* (7,34 %). Lo registrado por Soria (2017) corresponde más a aves propias de orilla de cuerpos de agua, donde obtuvo valores de abundancia relativa para *F. ardesiaca* (78,84 %, 39,90 %, 43,98 %), seguida por *A. puna* (10,22 %, 21,73 %, 7,06 %) y, finalmente, *Oxyura jamaicensis* (4,58 %, 3,13 %, 5,16 %).

En cuanto a la mayor diversidad de avifauna según el índice de biodiversidad H' , el Ap (2,13) y el Ao (2,00) presentan diversidad media y una diversidad baja en el Ac (0,60). La de mayor diversidad de aves es el área Ap, con 15 especies de aves, y el área menos diversa es el Ac, con 4 especies de aves. Existen diferencias entre la cantidad de especies de avifauna registrada en las tres áreas Kruskal-Wallis ($HGL = 8,36$; $p > 0,0046$). El estudio de Soria (2017) nos muestra índices de H' de 1,60 y 0,65, que son menores al reportado en este estudio. Ambos estudios se realizaron en zonas con influencia por factores antropogénicos. La dominancia por algunas especies es evidenciada según el índice de D' . En el Ap la dominancia (0,11) de las especies *Z. capensis*, *G. plebejus* y *Z. auriculata*; en Ac la dominancia (0,32) de las especies *Z. capensis*, *C. rupicola* y *C. serranus*; en Ao la dominancia (0,14) de las especies *P. chilensis*, *C. serranus* y *L. oreas*.

En la tabla 2 se aprecia que el índice de similitud de Jaccard I_j muestra el mayor valor de similitud entre las especies de las aves registradas en el Ap y el Ac, con 18,75 %, seguido del Ac y el Ao con 5,88 %, mientras que el menor valor fue para el Ao y el Ap con 3,57 %. La composición del registro de especies en las tres zonas es distinta, ya que presentan un bajo número de especies



Tabla 1. Especies registradas las áreas de evaluación Ap, Ac y Ao, abundancia relativa e índices de diversidad.

Orden	Familia	Especies	Nombre común	Abundancia relativa (%)		
				Ap	Ac	Ao
Anseriformes	Anatidae	<i>Anas flavirostris</i>	Pato barcino	0	0	1,18
		<i>Anas puna</i>	Pato de la puna	0	0	4,71
Phoenicopteriformes	Phoenicopteridae	<i>Phoenicopus chilensis*</i>	Flamenco chileno	0	0	35,29
Columbiformes	Columbidae	<i>Columba livia</i>	Paloma doméstica	1,19	4,35	0
		<i>Metriopelia ceciliae</i>	Tortolita moteada	4,76	0	0
		<i>Zenaida auriculata</i>	Tórtola orejuda	14,29	0	0
Charadriiformes	Charadriidae	<i>Charadrius alticola</i>	Chorlo de la puna	0	0	5,88
		<i>Vanellus resplendens</i>	Avefría andina	0	0	3,53
	Scolopacidae	<i>Phalaropus tricolor</i>	Falaropo tricolor	0	0	2,35
		<i>Tringa flavipes</i>	Playero pata amarilla menor	0	0	4,12
	Recurvirostridae	<i>Himantopus mexicanus</i>	Cigüeñuela de cuello largo	0	0	1,18
Laridae	<i>Chroicocephalus serranus</i>	Gaviota andina	0	8,7	14,71	
Pelecaniformes	Threskiornithidae	<i>Plegadis ridgwayi</i>	Ibis de la puna	0	0	8,82
Strigiformes	Strigidae	<i>Athene cunicularia</i>	Lechuza terrestre	0	0	4,71
Piciformes	Picidae	<i>Colaptes rupicola</i>	Carpintero andino	3,57	21,74	0
Falconiformes	Falconidae	<i>Falco femoralis</i>	Halcón aplomado	1,19	0	0
		<i>Falco sparverius</i>	Cernícalo americano	0	0	2,35
		<i>Phalcoboenus megalopterus</i>	Caracara cordillerano	2,38	0	0
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Lessonia oreas</i>	Negrilo andino	0	0	10
	Hirundinidae	<i>Orochelidon andecola</i>	Golondrina andina	1,19	0	1,18
	Troglodytidae	<i>Troglodytes aedon</i>	Cucarachero común	1,19	0	0
	Turdidae	<i>Turdus chiguanco</i>	Zorzal chiguanco	3,57	0	0
	Motacillidae	<i>Anthus sp.</i>	-	1,19	0	0
	Fringillidae	<i>Spinus atratus</i>	Jilguero negro	4,76	0	0
	Passerellidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	Corrión de collar rufo	23,81	65,22	0
	Thraupidae	<i>Geospizopsis plebejus</i>	Fringilo de pecho cenizo	20,24	0	0
	<i>Phrygilus punensis</i>	Fringilo peruano	3,57	0	0	
	<i>Rhopospina fruticeti</i>	Fringilo de pecho negro	13,1	0	0	
Número de especies		28		15	4	14
Shannon (H')				2,13±2,45a	0,60±1,26b	2,00±2,28a
Simpson (D')				0,11±0,17	0,32±0,69	0,14±0,22

* Especie categorizada en los listados CITES, IUCN y legislación peruana.

compartidas y un número alto de especies exclusivas. El análisis de agrupamiento o clúster en relación con la avifauna registrada en las tres áreas agrupa al Ac y el Ap como un grupo que comparte especies y las separa de la avifauna registrada en el Ao (figura 2). El Ac y el Ao poseen similitud debido a su cercanía con el lago Titicaca. Los contaminantes que fueran dirigidos al lago mediante el canal (Ac) se disuelven. Esto representa una zona de transición entre el ecosistema terrestre y el acuático (lago Titicaca).

Tabla 2. Matriz de similitud de Jaccard del registro de aves en las zonas de evaluación; las celdas más oscuras indican mayores valores de similitud.

	Ap	Ac	Ao
Ap	1	0,188	0,036
Ac	0,188	1	0,059
Ao	0,036	0,059	1

Es preciso mencionar que *Phoenicopterus chilensis* es una especie categorizada y protegida por normativa peruana e internacional. Su presencia podría deberse a que es una especie de hábitat halófilo, por su preferencia de lagunas salobres altoandinas. En ese sentido, el pasivo ambiental de Ahuallane tiene presencia de aguas salobres (Machaca, 2017) y presencia de flora halófila *Sarcocornia pulvinata* (Huisa y Loza-Del Carpio, 2021), lo cual podría explicar la presencia de *P. chilensis* en el pasivo ambiental de Ahuallane. Sin embargo, estudios sobre la composición del suelo no han sido realizados en el lugar; pero se evidencia cristales de sal sobre el terreno, según lo observado por Huisa y Loza-Del Carpio (2021).

Para el lago Titicaca Goyzueta (2020) manifiesta que la diversidad de aves se ha visto disminuida en un total de 24 especies, distribuidas en 13 familias en áreas de totoral, totoral-llachal y espejo de agua, lo que se atribuye al trasvase de aguas. En humedales costeros con hábitats similares, como los Pantanos de Villa (Lima), se registra un total de 58 especies, agrupadas en 12 órdenes y 26 familias (Iannacone *et al.*, 2014). En los humedales de Ite (Tacna), se registra un total de 126 especies, agrupadas en 15 órdenes y 39 familias (Vizcarra, 2008), aunque su registro asciende a 139 especies de aves (Vizcarra *et al.*, 2009).

Del total de 28 especies, 20 son residentes, 7 son migratorias y 1 sin determinar (tabla 3); en el ítem ambiente, del total de especies de aves, 10 son acuáticas (A), 15 son terrestres (T) y 3 en vuelo (V). En cuanto a las categorías de amenaza, *P. chilensis* es la única ave consignada en el apéndice II de CITES (UNEP-WCMC, 2014) y en categoría de Casi Amenazada (NT), según normativa vigente (Decreto Supremo 004-2014-MINAGRI) y la IUCN (BirdLife International, 2018), 26 especies de aves están categorizadas en Preocupación Menor (NT) (BirdLife International, 2021), exceptuando a *P. chilensis* y *Anthus* sp. En un ecosistema costero como los Pantanos de Villa, de un total de 58 especies de aves, existen 2 en peligro (3,5%), 1 vulnerable (1,7%), 1 casi amenazada (1,7%) y 54 en preocupación menor (93,1%) (Iannacone *et al.*, 2014).

En Prince William Sound, Alaska, lugar donde ocurrió el derrame petrolero por Exxon Valdez, que afectó a un total de 14 taxones de aves, respecto a la recuperación de las poblaciones de aves y la proporción de alimento disponible, se evidenciaron efectos negativos en un 64% y efectos persistentes en un 36%, nueve años después de ocurrido el evento (Irons *et al.*, 2009). En Israel, en interacciones entre los residuos de la actividad petrolífera y aves, se identificaron aves rapaces con asfalto en las patas y plumas. Por ello, Clark y Godney (1987) sugieren que se impregnó cuando bebieron agua de charcos con capas de asfalto en su superficie. Es evidente que la contaminación por hidrocarburos ocasiona disrupción en el sistema endocrino en aves marinas (Troisi *et al.*, 2016), por lo que la cáscara de huevo es más delgada, la tasa de incubación es menor y la tasa de mortalidad es mayor (Zhang y Ma, 2011). Asimismo, es preciso mencionar que

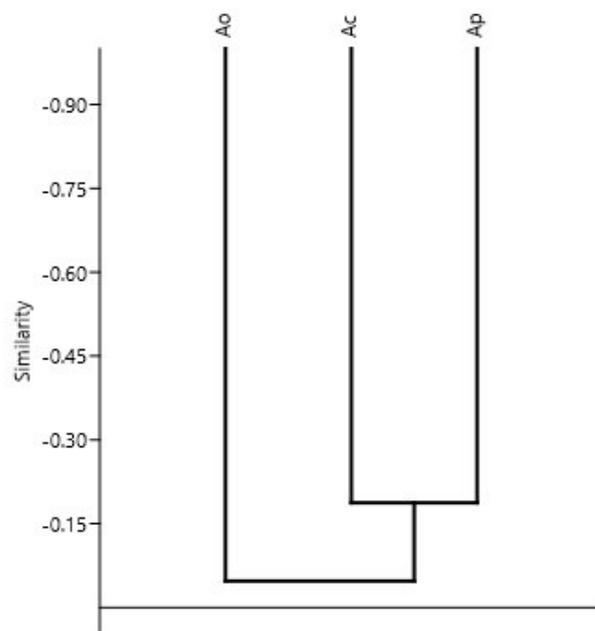


Figura 2. Dendrograma de similitud (análisis clúster mediante índice de similitud de Jaccard) de la evaluación de avifauna entre las áreas de evaluación del Ap, Ac y Ao.

en el área de Ahuallani se estiman 83 años constantes de degradación del área a causa de emulsiones de agua de salmuera petrolera (Huisa y Loza-Del Carpio, 2021). Así, es presumible asumir que la afectación de casi un siglo de vertimientos petrolíferos estén afectando a la biota y poblaciones humanas, y a las actividades como la ganadería y la agricultura del área de Ahuallani. En tal sentido, es esencial realizar esfuerzos de investigación en las concentraciones de metales pesados en los humedales, en lugares donde las áreas adyacentes son usadas para actividades agrícolas y ganaderas (Guerrero-Estrada y Soler-Tovar, 2015).

Conclusiones

Del total de 28 especies, el mayor número de especies fue registrado en el Ap, con 15 especies, seguido del Ao, con 14 especies, y en menor número en el Ac, con 4 especies. La diversidad según el índice H' evidenció el mayor valor para el Ap y con similar valor al Ao y significativamente menor en el Ac. Respecto a la composición de especies en relación con la avifauna registrada en las tres áreas, se juntan el Ac y el Ap como un grupo que comparte especies, y se distiguen de la avifauna registrada en el Ao, presumiblemente debido a que en esta última área los contaminantes se dispersan y expanden por el efecto disolvente del agua, cuyo ingreso al lago Titicaca y sus consecuencias aún no han sido estudiados para la comunidad aviar y la biota en general. Estos contaminantes pueden ser metales pesados como Hg, Cr, Pb y Cd (Zhang y Ma, 2011; Machaca, 2017), bicarbonatos, sulfatos, calcio (Tuset, 2020). Todos estos compuestos están presentes en aguas de formación de perforaciones petrolíferas (Zhang y Ma, 2011; Machaca, 2007; Tuset, 2020).

Tabla 3. Lista de aves según categoría de amenaza, residencia y condición migratoria, en el área degradada de Ahuallani.

Especie	CITES	IUCN	D. S. 004-2014-MINAGRI	Categoría	Ambiente
<i>Anas flavirostris</i>	-	LC	-	R	A
<i>Anas puna</i>	-	LC	-	Mc	A
<i>Phoenicopterus chilensis</i>	II	NT	NT	Mc	A
<i>Columba livia</i>	-	LC	-	R	T
<i>Metriopelia ceciliae</i>	-	LC	-	R	T
<i>Zenaida auriculata</i>	-	LC	-	R	T
<i>Charadrius alticola</i>	-	LC	-	R	A
<i>Vanellus resplendens</i>	-	LC	-	R	A
<i>Phalaropus tricolor</i>	-	LC	-	Mn	A
<i>Tringa flavipes</i>	-	LC	-	Mn	A
<i>Himantopus mexicanus</i>	-	LC	-	R	A
<i>Chroicocephalus serranus</i>	-	LC	-	Mc	A
<i>Plegadis ridgwayi</i>	-	LC	-	Mc	A
<i>Athene cunicularia</i>	-	LC	-	R	T
<i>Colaptes rupicola</i>	-	LC	-	R	T
<i>Falco femoralis</i>	-	LC	-	R	V
<i>Falco sparverius</i>	-	LC	-	R	V
<i>Phalcoboenus megalopterus</i>	-	LC	-	Mc	V
<i>Lessonia oreas</i>	-	LC	-	R	T
<i>Orochelidon andecola</i>	-	LC	-	R	T
<i>Troglodytes aedon</i>	-	LC	-	R	T
<i>Turdus chiguanco</i>	-	LC	-	R	T
<i>Anthus sp.</i>	-	-	-	-	T
<i>Spinus atratus</i>	-	LC	-	R	T
<i>Zonotrichia capensis</i>	-	LC	-	R	T
<i>Geospizopsis plebejus</i>	-	LC	-	R	T
<i>Phrygilus punensis</i>	-	LC	-	R	T
<i>Rhopospina fruticeti</i>	-	LC	-	R	T

II: Anexo. Según Apéndice CITES.

LC: Preocupación Menor; NT: Casi Amenazado, según categorías de IUCN.

R: Residente, Mc: Migratorio de los Andes, Ma: Migratorio Austral, Mn: Migratorio Neártico (Pulido, 2018).

A: Acuático, T: Terrestre, V: Vuelo (Pulido, 2018).

Las aves con mayor dominancia en el Ao corresponden a hábitos acuáticos, mientras que en el Ap corresponden a especies de hábitos terrestres. Entre estas, la mayoría corresponde a especies residentes, y en menor medida a migratorias andinas y migratorias neárticas. Estos resultados son muestra del efecto negativo de la actividad petrolera que ocurrió hace más de medio siglo. Estudios más detallados permitirán evidenciar las influencias sobre la diversidad de las avifaunas que habitan a orillas del lago Titicaca.

Alrededor del área degradada de Ahuallani predomina la fisiografía agrícola, y se presumen presuntos fenómenos

de bioacumulación y biomagnificación por los compuestos derivados de hidrocarburos (Huisa y Loza-Del Carpio, 2021). En el futuro, existe la oportunidad de mejorar enormemente nuestra capacidad para comprender y posiblemente mitigar los derrames de petróleo (y otros desastres) (Halanych *et al.*, 2021). Actualmente, mediante sistemas de simulación, se puede determinar la afectación por derrames de petróleo en aves (Tran *et al.*, 2014). Sin embargo, una línea base de información siempre será el mejor respaldo para elaborar estrategias y mitigar estas afectaciones resultantes de las actividades antropogénicas.

Agradecimientos

Al Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Nacional del Altiplano Puno y al Neotropical Grassland Conservancy (NGC), por la subvención del proyecto durante la ejecución de la investigación. Asimismo, a los revisores anónimos y a la revista.

Contribución de autoría

DXHB realizó la concepción de la investigación, el muestreo, la interpretación de datos, la revisión y la edición de manuscrito.

Referencias bibliográficas

- Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H. y Villareal, H. (2006). «Métodos para el análisis de datos; una aplicación para resultados provenientes de caracterizaciones de biodiversidad». (2.ª ed.). En: *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad* (pp. 185-225). Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Aybar-Camacho, C. y Lavado-Casimiro, W. (2017). *Atlas de zonas de vida del Perú. Guía explicativa*. Lima: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (Senamhi). Disponible en: <http://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/259>
- BirdLife International. (2021). «Country profile: Peru». Disponible en: <http://www.birdlife.org/datazone/country/peru>
- BirdLife International. (2018). «*Phoenicopterus chilensis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2018». Disponible en: <https://www.iucnredlist.org/species/22697365/132068236>
- BirdLife International. (2020). «Important Bird Areas factsheet: Ramis y Arapa (Lago Titicaca, sector Peruano)». Disponible en: [http://datazone.birdlife.org/site/factsheet/ramis-y-arapa-\(lago-titicaca-sector-peruano\)-iba-peru](http://datazone.birdlife.org/site/factsheet/ramis-y-arapa-(lago-titicaca-sector-peruano)-iba-peru)
- Clark, W. S. y Gorney, E. (1987). «Oil contamination of raptors migrating along the red sea». *Environmental Pollution*, 46(4), pp. 307-313. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/0269-7491\(87\)90175-8](https://doi.org/10.1016/0269-7491(87)90175-8)
- De la Huz, R., Lastra, M., Junoy, J., Castellanos, C. y Viétez, J. M. (2005). «Biological impacts of oil pollution and cleaning in the intertidal zone of exposed sandy beaches: Preliminary study of the "Prestige" oil spill». *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 65(1-2), pp. 19-29. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2005.03.024>
- Decreto Supremo N.º 004-2014-MINAGRI. (2014). «Aprueba la actualización de la lista de clasificación y categorización de las especies amenazadas de fauna silvestre legalmente protegidas». Disponible en: <https://www.midagri.gob.pe/portal/decreto-supremo/ds-2014/10837-decreto-supremo-n-004-2014-minagri>
- GOPE Puno. (2016). *Sitios prioritarios para la conservación de la diversidad biológica*. Puno: Negrapata.
- Goyzueta, G. (2020). *Alteración del hábitat y biodiversidad (macrófitos y aves) del lago Titicaca - Perú ocasionado por el trasvase de agua a Bolivia*. Tesis de doctorado Universidad Nacional del Altiplano de Puno.
- Guerrero-Estrada, M. D. y Soler-Tovar, D. (2015). «Las aves como bioindicadores de contaminación por metales pesados en humedales». *Ornitología Colombiana*, 14, pp. 145-160. Disponible en: <https://asociacioncolombianadeornitologia.org/wp-content/uploads/2014/12/MS1222.pdf>

Fuente de financiamiento

Vicerrectorado de investigación de la Universidad Nacional del Altiplano Puno y Neotropical Grassland Conservancy (NGC).

Conflictos de interés

El autor declara no tener conflicto de interés.

- Halanych, K. M., Ainsworth, C. H., Cordes, E. E., Dodge, R. E., Huettel, M., Mendelsohn, I. A. y Sutton, T. (2021). «Effects of petroleum by-products and dispersants on ecosystems». *Oceanography*, 34(1), pp. 152-163. Disponible en: <https://doi.org/10.5670/oceanog.2021.123>
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T. y Ryan, P. D. (2001). «PAST: Paleontological Statistics, Software Package for Education and Data Analysis». *Paleontologia Electronica*, 4(1). Disponible en: https://paleo-electronica.org/2001_1/past/past.pdf
- Hu, Y., Liu, X., Bai, J., Shih, K., Zeng, E. y Cheng, H. (2013). «Assessing heavy metal pollution in the surface soils of a region that had undergone three decades of intense industrialization and urbanization». *Environmental Science and Pollution Research International*, 20(9), pp. 6150-6159. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11356-013-1668-z>
- Huisa, D. y Loza-Del Carpio, A. L. (2021). «Impacto de un pasivo ambiental petrolífero en el área y flora vascular a orillas del lago Titicaca, Perú». *Revista de Ciencias Ambientales*, 55(2), pp. 180-196. Disponible en: <https://doi.org/10.15359/rca.55-2.9>
- Huisa, D. y Pino, A. (2020). «Registro de Gallinazo de cabeza roja (*Cathartes aura*) en un ecosistema altoandino en Puno, Perú». *Spizaetus. Boletín de La Red de Rapaces Neotropicales*, 29, pp. 2-8.
- Iannacone, J., Atasi, M., Bocanegra, T., Camacho, M., Montes, A., Santos, S. y Alayo, M. (2014). «Diversidad de aves en el humedal Pantanos de Villa, Lima, Perú: periodo 2004-2007». *Biota Neotropica*, 10(2), pp. 295-304. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/S1676-06032010000200031>
- Irons, D. B., Kendall, S. J., Erickson, W. P., McDonald, L. L. y Lance, B. K. (2009). «Nine years after the Exxon Valdez Oil Spill: Effects on marine bird populations in Prince William Sound, Alaska». *The Condor*, 102(4), pp. 723-737. Disponible en: <https://academic.oup.com/condor/article/102/4/723/5562924>
- Leighton, A. (1993). «The toxicity of petroleum oils to birds». *Environmental Reviews*, 1(2), pp. 92-103. Disponible en: <https://doi.org/10.1139/a93-008>
- Machaca, N. (2007). *Diagnóstico y gestión ambiental del pozo Aguallani en el Lote S2 Puno - Perú*. Tesis de maestría. Universidad Nacional del Altiplano.
- Malacalza, L., Feijóo, C., Giorgi, A., Coviella, C. y Momo, F. (2002). «Los recursos naturales». En: L. Malacalza (ed.), *Ecología general*. (2.ª ed., pp. 131-160). Disponible en: https://ele.chaco.gob.ar/pluginfile.php/724742/mod_resource/content/1/ECOLOGIA%20GENERAL.pdf



- Mamani, M. y Pari, D. (2009).** «Diversidad de aves en los alrededores de la Laguna de Estabilización de Puno». *Revista de Investigaciones*, 5(3), pp. 36-50. Disponible en: <http://revistas.unap.edu.pe/epg/index.php/investigaciones/article/view/21>
- Moreno, C. E. (2001).** *Métodos para medir la biodiversidad*. Zaragoza: M&T-Manuales y Tesis SEA, vol. 1.
- Murawski, S. A., Grosell, M., Smith, C., Sutton, T., Halanych, K. M., Shaw, R. F. y Wilson, C. A. (2021).** «Impacts of petroleum, petroleum components, and dispersants on organisms and populations». *Oceanography*, 34(1), pp. 136-151. Disponible en: <https://doi.org/10.5670/oceanog.2021.122>
- Ombugadu, A., Mwansat, G. S., Manu, S. A., Chaskda, A. A., Ottosson, U., Njila, L. H. y Karau, S. D. (2014).** «Comparison on bioaccumulation of heavy metals in birds and plant species in amurum forest reserve and the Nigerian Petroleum Corporation (NNPC) refinery area of Kaduna, Nigeria». *International Journal of Advanced Studies in Engineering and Scientific Inventions*, 2(1), pp. 26-32.
- Perupetro. (2008).** «Titicaca Basin Technical Report: The Hydrocarbon Potential of Titicaca Basin. Perú». Disponible en: <http://www.perupetro.com.pe/wps/wcm/connect/cf0cb6dd-47e9-4015-bcb5-8a6b9ca91a15/Titicaca%2Bfinal%2B%2B301208.pdf?MOD=AJPERES>
- Plenge, M. A. (2021).** «List of the birds of Peru / Lista de las aves del Perú». *Boletín de la Unión de Ornitólogos del Perú*. Disponible en: <https://sites.google.com/site/boletinunop/checklist>
- Pulido, V. (2018).** «Estacionalidad de las especies de aves residentes y migratorias altoandinas en el lado peruano de la cuenca del Titicaca». *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 20(4), pp. 461-476. Disponible en: <https://doi.org/10.18271/ria.2018.423>
- Pulido, V., Salinas, L. y Arana, C. (2020).** «Preferencia de hábitats y estacionalidad de las especies de aves de los Pantanos de Villa en Lima, Perú». *Revista Peruana de Biología*, 27(3), pp. 349-360. Disponible en: <https://doi.org/10.15381/rpb.v27i3.18681>
- Ralph, C. J., Geupel, G. R., Pyle, P., Martin, T. E., DeSante, D. F. y Milá, B. (1996).** *Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres*. Albany: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U. S. Department of Agriculture.
- Rensen, J. V., Areta, J., Bonaccorso, E., Claramunt, S., Jaramillo, D., Lane, D., Pacheco, J., Robbins, M., Stiles, F. y Zimmer, K. (2021).** «A classification of the bird species of South America». *American Ornithological Society*. Disponible en: <http://www.museum.lsu.edu/~Rensen/SACCBaseline.htm>
- Ronconi, R. A., Allard, K. A. y Taylor, P. D. (2015).** «Bird interactions with offshore oil and gas platforms: Review of impacts and monitoring techniques». *Journal of Environmental Management*, 147, pp. 34-45. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.07.031>
- Schulenberg, T. S., Stotz, D. F., Lane, D. F., O'Neill, J. P. y Parker III, T. A. (2010).** *Birds of Peru: Revised and Updated Edition*. New Jersey: Princeton University Press.
- Soria, A. (2017).** *Determinación de la riqueza y abundancia de avifauna residente en totorales y caracterización de hábitat de las desembocaduras los ríos Coata y Ramis*. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional del Altiplano. Disponible en: http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/6363/Soria_Arredondo_Mario_Alberto.pdf?sequence=1
- Tran, T., Yazdanparast, A. y Suess, E. A. (2014).** «Effect of oil spill on birds: a graphical assay of the deepwater horizon oil spill's impact on birds». *Computational Statistics*, 29, pp. 133-140. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00180-013-0472-z>
- 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), pp. 16549-16555. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.04.011>
- Tuset, S. (2020).** «Tratamiento de salmueras en extracción de petróleo». Condorchem Envitech. <https://blog.condorchem.com/tratamiento-de-salmueras-en-extraccion-de-petroleo/>
- UNEP-WCMC. (Comps.). (2014).** «Checklist of CITES species». Disponible en: <https://www.unep.org/resources/report/checklist-cites-species>
- Vizcarra, J. K. (2008).** «Composición y conservación de las aves en los humedales de Ite, Suroeste del Perú». *Boletín Chileno de Ornitología*, 14(2), pp. 59-80.
- Vizcarra, J. K., Hidalgo, N. y Chino, E. (2009).** «Adiciones a la avifauna de los Humedales de Ite, costa sur de Perú Additions to the avifauna of Ite Wetlands, south coast of Peru». *Revista Peruana de Biología*, 16(2), pp. 221-225. Disponible en: <https://doi.org/10.15381/rpb.v16i2.211>
- Zhang, W. y Ma, J. (2011).** «Waterbirds as bioindicators of wetland heavy metal pollution». *Procedia Environmental Sciences*, 10, pp. 2769-2774. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2011.09.429>