



## EFFECTOS DE LA EUTROFIZACIÓN EN EL HABITAT DE LA BAHÍA DE PUNO, EN LA DIVERSIDAD Y ABUNDANCIA DE AVIFAUNA DEL LAGO TITICACA

### EFFECTS OF EUTROPHICIZATION IN THE HABITAT OF THE PUNO BAY IN THE DIVERSITY AND ABUNDANCE OF AVIFAUNA OF TITICACA LAKE

Yaneth F. Vasquez<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias Biológicas, Av. Floral N° 1153, Ciudad Universitaria, Puno, Perú, [yanyfut\\_16\\_12@hotmail.com](mailto:yanyfut_16_12@hotmail.com)

#### RESUMEN

La investigación se realizó en la bahía de Puno del lago Titicaca, entre los meses de septiembre de 2015 y enero de 2016. Los objetivos fueron: determinar los efectos de la eutrofización en la diversidad y abundancia de la avifauna, y caracterizar el hábitat para la avifauna de la bahía de Puno, en las dos zonas de estudio (bahía interior de Puno y Ojerani), se aplicó el método de puntos de conteo; así mismo, se caracterizó el hábitat, mediante la observación de vegetación acuática y el análisis de los parámetros físico-químicos. Se registró un total de 28 especies, pertenecientes a 15 familias y 7 órdenes; donde se encontró una diferencia significativa en el número de especies entre las zonas de estudio y los meses de evaluación ( $F = 16.86$ ;  $P = 0.015$ ;  $gl = 1,4$  y  $F = 30.19$ ;  $P = 0.003$ ;  $gl = 4,4$ ), respectivamente; también se diseñó una diferencia en la abundancia de individuos, entre las zonas y los meses de evaluación ( $F = 16.15$ ;  $P = 0.016$ ;  $gl = 1,4$  y  $F = 13.35$ ;  $P = 0.014$ ;  $gl = 4,4$ ). La bahía interior presentó una densidad poblacional de 379.7 ind/ha, que es superior a la zona de Ojerani 326.2 ind/ha. El índice de similitud de Sorensen, en promedio, es 0.76; así mismo el valor del índice de similitud de Morisita, en promedio, es 0.72. Las zonas de estudio son diferentes en composición de vegetación de macrófitas. Las concentraciones de 1.2 mg/L de fosfato y 32.6 mg/m<sup>3</sup> de clorofila-a, se mostraron por encima del valor de los ECA-agua 0.4 mg/L y 10 mg/L. Consecuentemente, la presencia alta de estos parámetros contribuye al proceso de eutrofización de la bahía interior; sin embargo en la zona de Ojerani la concentración de fosfato es de 0.21 mg/L y 2.13 mg/m<sup>3</sup> la de clorofila-a. Según el coeficiente de correlación hay una asociación alta (0.95) entre la riqueza y nitratos.

**Palabra Clave:** Abundancia, avifauna, diversidad, eutrofización y parámetros.

#### ABSTRACT

The research was carried out in the Puno Bay of Lake Titicaca. Between September 2015 and January 2016, with the objective of determining the effects of eutrophication on the diversity and abundance of avifauna, and to characterize the habitat for the avifauna of the Bay of Puno. In the two study areas (inner bay of Puno and Ojerani), the method of counting points was applied; the habitat was also characterized by the observation of aquatic vegetation and analysis of the physical-chemical parameters. A total of 28 species were recorded, belonging to 15 families and 7 orders; where a significant difference was observed in the number of species between the study areas and the evaluation months, ( $F = 16.86$ ,  $P = 0.015$ ,  $gl = 1.4$  and  $F = 30.19$ ,  $P = 0.003$ , and  $gl = 4.4$ ), respectively, and there is also a difference in the abundance of individuals between the zones and the evaluation months ( $F = 16.15$ ,  $P = 0.016$ ,  $gl = 1.4$  and  $F = 13.35$ ,  $P = 0.014$ ,  $gl = 4.4$ ). The interior bay has a population density of 379.7 ind/ha which is higher than the Ojerani area 326.2 ind/ha. The Sorensen similarity index on average is 0.76 and likewise the value of the Morisita similarity index on average is 0.72. The study areas are different in vegetation composition of macrophytes. Concentrations of: 1.2 mg / L phosphate and 32.6 mg / m<sup>3</sup> chlorophyll-a, were above the value of ECA-water 0.4 mg / L and 10 mg / L consequently, the high presence of these parameters contributes to the Process of eutrophication of the inner bay; However in the Ojerani area it is 0.21 mg / L phosphate and 2.13 mg / m<sup>3</sup> chlorophyll-a. According to the correlation coefficient there is a high association between wealth and nitrate 0.95. In conclusion the richness of species in the study areas are similar, while, the greater abundance is found in the inner bay; Also the aquatic vegetation and the physical-chemical parameters are relevant for the determination of the richness of species and their populations.

**Keywords:** Abundance, birds, diversity, eutrophication and parameters.

\*Autor para Correspondencia: [yanyfut\\_16\\_12@hotmail.com](mailto:yanyfut_16_12@hotmail.com)





## INTRODUCCIÓN

Las aves conforman grupos importantes dentro de los diferentes ecosistemas de todas las regiones del mundo, esto se debe a las notables funciones que realizan, principalmente por formar parte del equilibrio ecológico e indicadores biológicos de los ecosistemas naturales (Miranda, 1995; Espejo, 2000; Rojas, 2002 y Álvarez, 2014). Estos ecosistemas constituyen soportes para las aves, cuyas magnitudes poblacionales se regulan de acuerdo a la capacidad biótica de producción del medio ambiente (Miranda, 1995 y Espejo, 2000). Sin embargo, estos ecosistemas son los más amenazados del mundo, pues reciben una serie de impactos ambientales negativos (Goyzueta, 2005). Estos ecosistemas son muy importantes por ser considerados como fuentes de una importante diversidad biológica (Blanco *et al.*, 2001 y Álvarez, 2014). La producción primaria de estos ecosistemas los hace esenciales para una variedad de especies animales y vegetales (Goyzueta, 2005 y Goyzueta *et al.*, 2009).

Sin lugar a dudas, las especies animales más características de los humedales son las aves acuáticas, las cuales utilizan los mencionados como lugares de descanso, alimentación y refugio (Goyzueta, 2005). Por estar en los niveles superiores de la cadena trófica, ser especialistas y altamente sensibles a cambios ambientales, las aves son buenas indicadoras de la calidad del ambiente, de las perturbaciones así mismo funcionan como indicadores biológicos y climáticos (Tabilo *et al.*, 1996 y Torres *et al.*, 2006). Las características del ciclo de vida anual de un ave las hace muy vulnerables al deterioro ambiental (Tabilo *et al.*, 1996). Su riqueza y abundancia está asociada a las características ambientales, tales como el régimen hidrológico, el tamaño del hábitat, la heterogeneidad del sitio y la estructura de la vegetación (Torres, 2007). Cualquier alteración de estas características pone en riesgo el éxito reproductivo y la sobrevivencia de estas especies (Maldonado, 2006 y Torres, 2007).

Uno de los principales problemas de los humedales, a nivel de Perú y el mundo, son las actividades humanas de las áreas rurales y urbanas que conllevan a un deterioro de estos ecosistemas (Miranda, 1995 y Ayala *et al.*, 2013). El lago Titicaca no es ajeno a esta problemática, puesto que, considerando el acelerado crecimiento demográfico de varias poblaciones ribereñas, se ha incrementado significativamente la cantidad de residuos contaminantes que se descargan a sus aguas (Fonturbel, 2003; Fonturbel, 2005 y Goyzueta, 2005). La bahía de Puno se encuentra inmerso a esta problemática ambiental, en donde la calidad del agua viene siendo degradada, y en consecuencia hay pérdida de hábitats para aves (Pineda, 1997; Goyzueta *et al.*, 2009 y Beltrán *et al.*, 2015). El deterioro medioambiental produce disminución de la biodiversidad de los ecosistemas acuáticos (Tabilo *et al.*, 1996; Gamarra, 2006 y Angles, 2007), en los que se presenta dominancia de especies generalistas y tolerantes, las cuales desplazan a las especies nativas (Amparan, 2000 y Habit *et al.*, 2005). El objetivo es determinar los efectos de la eutrofización en el hábitat de la Bahía de Puno, en la diversidad y abundancia de avifauna del lago Titicaca y caracterizar el hábitat para la avifauna de la Bahía de Puno del lago Titicaca.

### Ámbito de estudio

La investigación se realizó en la bahía de Puno del lago Titicaca, que cuenta un área de 8,562 km<sup>2</sup>, donde se reconocen tres zonas: el lago grande con 6,542 km<sup>2</sup> y una profundidad máxima de 281 m, el lago pequeño con 1,428 km<sup>2</sup> y una profundidad máxima de 45 m y la Bahía de Puno con 589 km<sup>2</sup> y una profundidad máxima de 30 m, encerrada por las penínsulas de Capachica y Chucuito (Dejoux e Iltis, 1991). La bahía interior de Puno tiene una superficie aproximada de 16 km<sup>2</sup>, es un espejo de





agua entre los promontorios de Chulluni y Chimu. En la bahía interior la profundidad máxima es de 8 m y la profundidad promedio es de aproximadamente 2.4 m (Northcote *et al.*, 1991). El área de estudio de la investigación está dividida en dos zonas: la Bahía interior de Puno, que tiene una variabilidad ambiental; y Ojerani que es la zona de referencia y tiene un menor grado de eutrofización. Cada zona de estudio tiene 3 puntos de muestreo: para la bahía Interior de Puno, el punto 1 se encuentra en las coordenadas: 15°49'42.1" latitud sur y 70°0'50.35" longitud oeste; el punto 2, en las coordenadas: 15°50'36.27" latitud sur y 70°0'56.84" longitud oeste, y el punto 3, en las coordenadas: 15°51'9.93" latitud sur y 69°59'54.82" longitud oeste margen derecho de la laguna de estabilización, donde hay rebasamiento de las aguas residuales). para la zona de Ojerani se tomó en consideración características similares de hábitat a las de la bahía interior; el punto 1 se encuentra en las coordenadas: 15°51'18.80" latitud sur y 69°57'36.15" longitud oeste, el punto 2, en coordenadas: 15°51'34.3" latitud sur y 69°57'18.7" longitud oeste, el punto 3 en coordenadas: 15°52'6.12" latitud sur y 69°56'4.41 longitud oeste

## MATERIALES Y MÉTODOS

La evaluación de la diversidad y abundancia de aves se realizó cada quince días, desde septiembre de 2015 a enero de 2016. Se procedió a la toma de datos por las mañanas: de 07:00 a 10:00 h. La identificación de la diversidad y abundancia avifaunística se efectuó a partir de observaciones directas, con ayuda de binoculares TASCOS 10 x 50 mm. A las especies que no fueron identificadas se tomaron fotografías con cámaras NIKON y para su identificación se utilizó la Guía de aves del Perú (Schulenberg *et al.*, 2007). Para la determinación de la diversidad, densidad y abundancia de aves se utilizó el método de puntos de conteo (Ralph *et al.*, 1996), el cual consiste en permanecer en un punto fijo y tomar nota de todas las aves vistas u oídas dentro de un radio de 50 m, cada conteo tomo 15 minutos. La abundancia se estimó mediante el conteo directo de los individuos observados, y para estimar la densidad poblacional de cada especie se realizó el conteo del número de individuos, por unidad de área. La diversidad de aves se estimó utilizando los índices de Shannon - Wiener y Simpson e índices de similitud de Sorensen y Morisita. Se identificaron mensualmente la vegetación de macrófita, en cada hábitat de las zonas de estudio, realizando muestreos de la vegetación acuática sumergida y flotante; además, en cada uno de los hábitats, se identificó las principales actividades antrópicas. Asimismo, en cada zona se determinó los parámetros físicos-químicos básicos, con un equipo portátil; en los puntos establecidos, la toma de muestra de agua superficial se realizó en horas de la mañana. Los parámetros analizados fueron: temperatura, pH, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, nitratos, nitritos, fosfatos, clorofila-a y transparencia. Para determinar la variación de la abundancia y riqueza con respecto a los zonas de estudio y meses se aplicó la prueba estadística ANOVA de bloques con previa transformación de datos  $x + 1$  y con un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$ . Para las diferencias, se utilizó el Software INFOSTAT versión 2013 I.

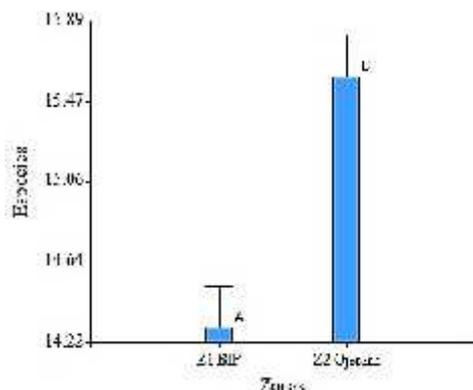
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La avifauna de las dos zonas en conjunto fue registrada en un total de 28 especies de aves pertenecientes a 15 familias y 7 órdenes. Las familias que presentan más especies son *Anatidae*, con 5 especies; *Rallidae*, *Podicipedidae* y *Scolopacidae*, con 3 especies cada uno. El mayor número de especies encontrados por familia son similares a lo descrito por Mamani y Pari, (2014), quienes indican que *Anatidae* con 6 especies y *Rallidae* con 3 especies, son las que predominan en las inmediaciones de la laguna de estabilización de Puno; de igual forma Amparan, (2000), reporta a la familia *Anatidae* con 11 especies, como la mejor representada por su número de especies, en la



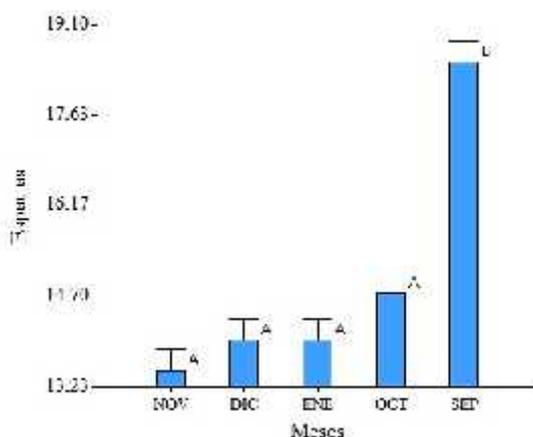


laguna de Zaplotan, México. El número de especies que presenta cada unidad de evaluación varió significativamente entre sí ( $F=16.86$ ;  $P=0,015$ ;  $gl = 1,4$ ) (Figura 1); presentando, Ojerani, una superioridad en el número de especies con un promedio de 15.60, mientras que la bahía interior de Puno tiene un promedio de 14.30 especies. La diferencia de la diversidad de especies en la bahía de Puno se debe a que la bahía interior presenta una mayor alteración antropogénica, en comparación a Ojerani.



**Figura 1.** Contraste de Duncan ( $gl=1,4$ ;  $\alpha=0.05$ ), para encontrar diferencias del número de especies de avifauna entre la BIP y Ojerani, septiembre 2015 – enero 2016.

Mamani y Pari (2014), registraron 38 especies para totales norte de la zona de influencia de la laguna de estabilización Puno; al igual que Gamarra (2006) en la zona 1 (parte norte de la laguna de estabilización Puno) de su estudio registra 15 especies. Aparentemente la riqueza de especies disminuye en un hábitat alterados, al respecto Habit *et al.*, (2003); Torres *et al.*, (2006) y Tabilo *et al.*, (1996), mencionan que en sistemas de mayor trofía y menor calidad de agua se produce la dominancia de especies tolerantes y la desaparición de especies nativas. También se encontró diferencia entre los meses de evaluación del número de especies ( $F = 30.19$ ;  $P = 0.003$ ;  $gl = 4,4$ ); siendo septiembre el mes con mayor número de especies con una media de 18.50, sin embargo, noviembre presenta un promedio de 13.50, siendo la más baja con respecto a los meses de octubre, enero y diciembre (Figura 2).



**Figura 2.** Contraste de Duncan ( $gl = 1,4$ ;  $\alpha=0.05$ ) para encontrar diferencias del número de especies de avifauna entre los meses de evaluación en la bahía de Puno septiembre 2015– enero 2016).

Los resultados del número de especies son similares a lo descrito por Mamani y Pari (2014), quienes señalan que la fluctuación del número de especies en cada hábitat presenta los valores más



bajos en el mes de enero; al respecto Torres *et al.*, (2006), señalan que esta diferencia entre los meses se deba a que probablemente muchas especies migratorias usan estos humedales como puntos de parada durante su migración.

### *Índice de diversidad de especies de avifauna*

El promedio del índice de Shannon para la bahía interior es 3.21, y para índice de Simpson es 0.87, de igual forma para Ojerani el índice de Shannon en promedio es 3.08, y el índice de Simpson es 0.82; estos resultados obtenidos de los índices de diversidad son semejantes entre zonas de estudio. En cuanto a la variabilidad temporal de los índices de Simpson y Shannon – Weaner, se muestra que no hay una marcada diferencia, ya que estos valores son considerados altas, según las escalas de interpretación de estos índices; por consiguiente el valor de los índices de diversidad es semejante entre los meses de evaluación. Los resultados de los índices de diversidad son similares a lo descrito por Álvarez, (2014) quien señala que el índice de Simpson es de 0.86 en el humedal Chijos, y Rojas, (2002), indica que en sector Ramis de la Reserva Nacional del Titicaca que el índice Simpson supera el nivel de 0,80 lo cual indica una alta diversidad. Con respecto al índice de similitud de Sorensen entre la bahía interior de Puno y Ojerani en promedio es de 0.76; este valor indica que 18 especies de aves están presentes en ambas zonas; al respecto Miranda (1995), reporta que el índice de similitud es 0.76 entre la laguna la Calzada y Maquera, este valor es similar al resultado obtenido del estudio, mientras que 0.85 entre la Calzada y Saytocochoa, y 0.82 entre Saytocochoa y Maquera estas diferencias se deben a la composición de la flora y aspectos físicos como la profundidad y la distancia entre las lagunas. Sin embargo Álvarez (2014) reporta el índice de similitud de Wittaker entre los humedales Chijos con Huayllani es 0.47, Qalacruz con Chijos es 0.46, y para Huayllani con Qalacruz es 0.85, señala que estas diferencias se deben a la altitud, profundidad, condiciones climáticas y fundamentalmente a la composición de la vegetación macrófita. El valor del índice de similitud de Morisita en promedio es 0.72, la misma que nos indica que el 72% de individuos comparten ambas zonas de estudio.

### *Abundancia y densidad de avifauna en la bahía de Puno*

En las zonas evaluadas de la bahía de Puno se registró un total de 2132 individuos de aves, la mayor abundancia resultó para la zona de la bahía interior de Puno, con 1153 individuos y Ojerani, con 979 individuos; A través del estudio se registró que la especie más abundante en ambas zonas de estudio es *Fulica ardesiaca* (gallareta andina), que representa el 25.9% del total de individuos, coincidiendo con lo reportado por Amparan (2000), quien menciona a *Fulica ardesiaca* como la más abundante y mostrando como especie generalista (Tabla 1); y las especies con menor cantidad de individuos que representan el 0.1% para la bahía interior es *Rollandia microptera* (zambullidor del Titicaca) y para Ojerani son *Podiceps occipitalis* (zambullidor blanquillo) y *Tachuris rubrigastra* (siete colores). Al respecto Rojas (2002), señala que los principales factores perturbadores son el pastoreo de ganado, la extracción de totora y la caza furtiva.

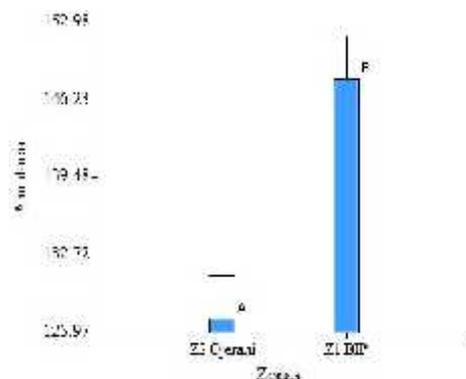
**Tabla 1.** Abundancia de individuos por especie en la BIP y Ojerani zonas de estudio de la bahía del lago Titicaca de Puno, septiembre 2015- enero 2016.

Especies	N° de individuos BIP		N° de individuos Ojerani		Total de individuos	
		%		%		%
<i>Anas puna</i>	34	2.9	115	11.7	149	7.0



<i>Anas flavirostris</i>	127	11.0	70	7.2	197	9.2
<i>Anas georgica</i>	7	0.6	17	1.7	24	1.1
<i>Anas cyanoptera</i>	23	2.0	6	0.6	29	1.4
<i>Oxyura jamaicensis</i>	98	8.5	30	3.1	128	6.0
<i>Fulica ardesiaca</i>	232	20.1	321	32.8	553	25.9
<i>Gallinula chloropus</i>	216	18.7	66	6.7	282	13.2
<i>P. sanguinolentus</i>	2	0.2	---	---	2	0.1
<i>Podiceps occipitalis</i>	---	---	1	0.1	1	0.05
<i>Rollandia Rolland</i>	---	---	9	0.9	9	0.4
<i>Rollandia microptera</i>	1	0.1	37	3.8	38	1.8
<i>Tringa flavipes</i>	7	0.6	---	---	7	0.3
<i>Tringa melanoleuca</i>	1	0.1	---	---	1	0.05
<i>Calidris himantopus</i>	6	0.5	---	---	6	0.3
<i>Vanellus resplendens</i>	4	0.3	8	0.8	12	0.6
<i>Chroicocephalus serranus</i>	68	5.9	152	15.5	220	10.3
<i>Himantopus melanurus</i>	43	3.7	3	0.3	46	2.2
<i>Egretta thula</i>	---	---	3	0.3	3	0.1
<i>Nycticorax nycticorax</i>	---	---	2	0.2	2	0.1
<i>Theristicus melanopis</i>	---	---	3	0.3	3	0.1
<i>Plegadis ridwayi</i>	129	11.2	6	0.6	135	6.3
<i>Phoenicopterus chilensis</i>	---	---	2	0.2	2	0.1
<i>Tachuris rubrigastra</i>	8	0.7	1	0.1	9	0.4
<i>Lessonia oreas</i>	4	0.3	4	0.4	8	0.4
<i>Phleocryptes melanops</i>	56	4.9	50	5.1	106	5.0
<i>Zonotricha capensis</i>	10	0.9	17	1.7	27	1.3
<i>Agelasticus thilius</i>	39	3.4	19	1.9	58	2.7
<i>Haplochelidon andecola</i>	38	3.3	37	3.8	75	3.5
Total de individuos	1153	54	979	45.92	2132	100
Total de especies	22		24			

*Plegadis ridwayi* (yanabico) presenta 129 individuos para la bahía interior de Puno, especie que es indicadora de mala calidad de hábitat, corroborado por (Gamarrá, 2006), quien encuentra abundantes individuos de *P. ridwayi*, *G. chloropus* en la zona 3 de su estudio (receptor de aguas residuales). Al respecto Maldonado (2006), señala que los procesos de la eutrofización afectan a los zambullidores en su reproducción porque dependen de aguas algo claras con vegetación y abundancia de alimento (Tabla1).



**Figura 3.** Contraste de Duncan (gl=1,4; = 0.05) para encontrar diferencias de la abundancia de avifauna entre BIP y Ojerani, septiembre 2015 – enero 2016.



Asimismo, la abundancia fue diferente entre los meses de evaluación ( $F = 13.35$ ;  $P = 0,014$ ;  $g_l = 4,4$ ) (Figura 3). De acuerdo a los promedios, septiembre es el mes en la que hay mayor abundancia; 164; mientras que menor abundancia es para el mes de diciembre con un promedio de 112.25, esta inferioridad puede ser debido al nivel de agua de la bahía de Puno. Los resultados de variación temporal son similares a los de Álvarez (2014), quien registra menor número de individuos, para diciembre, en los humedales Chijos, Huayllani 780 y 436 respectivamente; además Espejo (2000), reporta un mayor número de individuos para la época de lluvias (enero, febrero, marzo). Los resultados de mayor abundancia en los meses de septiembre y enero son corroborados por Torres *et al.*, (2006), quien registra picos de abundancia en los meses de septiembre y enero, a lo que sugiere que las poblaciones de aves provenientes de otros humedales utilizarían estos ecosistemas como punto de parada dentro de sus rutas migratorias. Coila (2000), señala que la variación poblacional de aves, para la zona de Huaje-Puno, en el mes de enero es baja.

En un área de total de 2.34 ha, se encontró una densidad poblacional total de 705.94 ind/ha; de tal forma que la bahía interior de Puno del lago Titicaca presento una densidad poblacional de 379.74 ind/ha que es superior a la zona de Ojerani 326.2. Los porcentajes de la densidad poblacional de aves que tienen mayor representación, es decir mayor, tamaño poblacional, según las zonas de estudio. En Ojerani *Fulica ardesiaca* tiene un porcentaje de 32.31% y menor tamaño poblacional es para *Nycticorax nycticorax* y *Tachuris rubrigastra* 0.16% cada uno; así mismo en la bahía interior *Fulica ardesiaca* con 20.66% es la que predomina y la que tiene menor densidad en porcentajes es para *Rollandia microptera*. La mayor densidad poblacional de las especies de *F. ardesiaca* y *G. chloropus* son concordantes a lo señalado por Coila (2000), quien indica a estas especies con mayor densidad población en la bahía de Puno.

#### *Caracterización del hábitat para la avifauna de la Bahía de Puno del lago Titicaca.*

En la bahía interior de Puno y en Ojerani la vegetación acuática se describe según a las condiciones en la que se desarrollan, siendo *Schoenoplectus tatora* (totora), que se encuentra en gran cantidad en ambas zonas. Esta es una de las especies de gran importancia como centro de nidificación, refugio y dormideros de las especies de aves. Sin embargo *Lemna spp* (lenteja de agua) y *Hydrocotyle ranunculoides* (sombbrero de agua) no se encuentran en la zona de Ojerani. Del mismo modo, la bahía interior no presenta las especies *Myriophyllum elatinoides* (hinojo llacho), *Elodea potamogeton* (yana llacho), algas filamentosas (lacco) y *Nostoc sp.* (llullucha), (Miranda, 1995; Álvarez, 2014), en las lagunas alto andinas de Puno se encuentran especies de macrófitos similares a lo que se encontró en la zona de Ojerani del estudio. Según Fonturbel (2003) y Fonturbel (2005) la aparición y proliferación de macrófitos flotantes muestra estar asociada con reducción de la diversidad de macrófitos sumergidas (limnófitas) y de fitoplancton. La vegetación acuática encontrada durante la investigación es similar a lo reportado por Gamarra (2006), quien encuentra *S. tatora*, *Lemna spp* e *H. ranunculoides*, en las zonas de influencia de la laguna de estabilización de Puno, así mismo, Álvarez (2014), señala que la composición de vegetación macrófita en los humedales es relevante para la determinación de la riqueza de especies y sus poblaciones.

Las actividades antrópicas en la bahía interior de Puno, es el pastoreo de ganado, ingreso de aguas residuales, y deposición de residuos sólidos que contaminan la bahía interior, los cuales aceleran el proceso de la eutrofización. Mientras que en Ojerani las actividades antrópicas principales son: la ganadería, agricultura, y las lanchas de pescadores. Al respecto (Gamarra, 2006; Álvarez, 2014; Mamani y Pari, 2014 y Ayala *et al.*, 2013) indican que los hábitats se encuentran fuertemente





influenciados por aguas residuales y residuos sólidos; por otra parte, (Espejo, 2000), señala rebaños en pastoreo, y la agricultura provocan cambios sustanciales de los humedales como habitat productividad primaria. Las concentraciones de: 1.2 mg/L de fosfato y 32.6 mg/m<sup>3</sup> de clorofila-a (Tabla 2), se mostraron por encima del valor de la categoría 4 de los (ECA)-agua 0.4 mg/L y 10 mg/L consecuentemente, la presencia alta de estos parámetros contribuye al proceso de eutrofización. El pH promedio es 9.1, excede el valor de la categoría 4 de los ECA-agua que tiene un rango de 6.5 - 8.5; en cambio los valores de nitratos y nitritos se encuentran dentro de los rangos establecidos en los ECA-agua categoría 4 (conservación del ambiente acuático). Para Ojerani se reporta que el pH promedio es de 8.71 excede ligeramente el valor de la categoría 4 de los ECA- agua que tiene un rango de 6.5 - 8.5 (Tabla 2); mientras que los valores de oxígeno disuelto, nitratos, fosfatos, nitritos y clorofila-a se encuentran dentro de los rangos establecidos en los ECA- agua categoría 4.

**Tabla 2.** Resultados de los datos en promedio de los parámetros físico-químicos del agua en las zonas de estudio, septiembre 2015- enero 2016.

Variables	BIP		Ojerani	
	Media	± EE	Media	± EE
Oxígeno disuelto mg/L	9.72	± 0.46	6.66	± 0.23
Ph	9.12	± 0.08	8.71	± 0.01
Conductividad eléctrica µs/cm	1761.4	± 1.37	1485	± 0.33
Temperatura del agua	18.01	± 0.32	16.10	± 0.28
Transparencia m	0.96	± 0.12	2.50	± 0.45
Nitratos mg/L	0.50	± 0.72	0.23	± 0.0
Nitritos mg/L	0.16	± 0.19	0.02	± 0.0
Fosfatos mg/L	1.19	± 0.23	0.21	± 0.0
Clorofila- a mg/m <sup>3</sup>	32.61	± 2.08	2.13	± 0.41

Al respecto Amparan (2000), indica que es probable que los factores físico – químicos tienen una incidencia directa sobre la riqueza, composición y abundancia de las especies; también señala que la profundidad y la temperatura tienen influencia directa en la estructura y composición de la vegetación acuática. Las concentraciones de los parámetros físico-químicos son similares a lo reportado por (Pineda, 1997; Angles, 2007 y Beltrán *et al.*, 2015), quienes indican, que existe un proceso de eutrofización alta. Con respecto al análisis de correlación, se tiene que, la densidad y la clorofila-a están asociados positivamente 0.64; es decir al aumentar clorofila-a, la densidad también aumenta y por otro lado, la densidad está asociada negativamente con temperatura y pH, lo cual nos indica que al aumentar cualquiera de estos parámetros del agua, hará que disminuya la densidad, mientras que con el resto de las variables no está correlacionada la densidad. La variable riqueza y nitrato (NO<sub>3</sub>) están asociados positivamente 0.95 lo cual muestra una diferencia P = 0.01, así mismo la riqueza con oxígeno disuelto, pH, conductividad, temperatura y fosfato está asociado negativamente; la transparencia y nitritos no tienen una correlación con la riqueza de aves (Tabla 3).

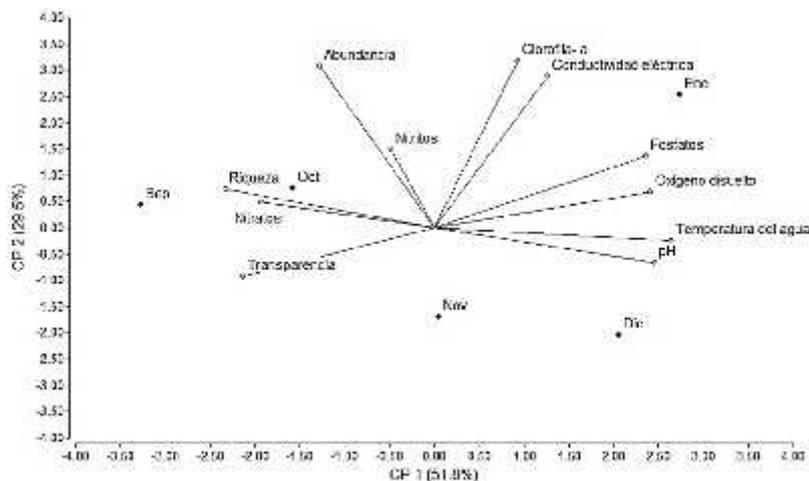




**Tabla 3.** Correlación de avifauna y los parámetros del agua de la bahía interior de Puno del lago Titicaca, septiembre 2015 - enero 2016.

Avifauna	parámetros del agua								
	Oxígeno disuelto	pH	C. E.	Temperatura del agua	Transparencia	NO <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	PO <sub>4</sub>	Clorofila - a
Densidad	-0.30	-0.59	0.45	-0.53	0.13	0.49	0.41	-0.07	0.64
Abundancia	-0.30	-0.59	0.45	-0.53	0.13	0.49	0.41	-0.07	0.64
Riqueza	-0.83	-0.71	-0.28	-0.87	0.43	0.95	-0.10	-0.60	-0.07

Al respecto Amparan (2000), señala que la profundidad y la temperatura tienen influencia directa en la estructura y composición de la vegetación acuática. El análisis de componentes principales permite visualizar la variabilidad de los datos en cuanto a la asociación de los diferentes variables (Figura 4). En tal sentido, los meses de noviembre y diciembre están asociados a la variación de temperatura y pH; enero está fuertemente asociado al incremento de clorofila-a, conductividad, fosfatos y oxígeno disuelto; septiembre y octubre están asociados con la densidad, abundancia, riqueza, nitritos y nitratos.



**Figura 4.** Componentes principales y su asociación con los diferentes variables, septiembre 2015 – enero 2016.

## CONCLUSIONES

En conclusión, la riqueza de especies en las zonas de estudio son similares, mientras que la mayor abundancia se encuentra en la bahía interior. La vegetación acuática y los parámetros físico-químicos son relevantes para la determinación de la riqueza de especies y sus poblaciones.

## LITERATURA CITADA

- Álvarez, O. (2014). Diversidad y abundancia de avifauna en los humedales Chijos, Huayllani y Qalacruz del distrito de Putina, Puno. Tesis para optar el título de Licenciado en Biología. Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. 117 p.
- Amparan, T. (2000). Diversidad de la comunidad de aves acuáticas y caracterización de sus hábitats en la laguna de Zapotlan, Jalisco, México. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias con Especialidad en Manejo de Vida Silvestre de la Universidad Autónoma de Nuevo León, México. 75 p.
- Angles, I. (2007). Evaluación de los parámetros físico- químicos de la bahía interior de Puno para determinar el nivel de la contaminación. Tesis para optar el título de Licenciado en Biología. Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. 90 p.
- Ayala, V. Arce, N. y Carmona, R. (2013). Distribución espacio- temporal de aves acuáticas invernantes en la Ciénega de Tláhuac, planicie lacustre de Chalco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84: 327-337.



- Beltrán, F., Palomino, P., Moreno, G., Gamarra, C. y Montesinos, B. (2015). Calidad de agua de la bahía interior de Puno, lago Titicaca durante el verano del 2011. *Revista peruana de biología* 22(3): 335 – 340
- Blanco, D. y Carbonell, M. (2001). El censo neotropical de aves acuáticas. Los primeros 10 años: 1990-1999. Wetlands International, Buenos Aires, Argentina y Ducks unlimited, Inc. Memphis, USA. 190 p.
- Coila, R. (2000). Evaluación poblacional de aves de importancia socioeconómica en tres sectores de la bahía interior de la ciudad de Puno. Tesis para optar el título de Licenciado en Biología. Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. 42 p.
- Decreto Supremo N°002-2008MINAM. Estándares Nacionales de Calidad para Agua.
- Dejoux, C. e Iltis, A. (1991). El Lago Titicaca: Síntesis del conocimiento limnológico actual. Hisbol - ORSTON, La Paz – Bolivia. 584p.
- Espejo, C. (2000). Aves silvestres alto andinas en la laguna colorada y su preferencia de hábitat Lampa Puno 2000. Tesis para optar el título de Licenciado en Biología. Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. 88 p.
- Fonturbel, R. (2003). Algunos criterios biológicos sobre el proceso de eutrofización a orillas de seis localidades del Lago Titicaca. *Ecología Aplicada*, vol. 2, núm. 1, diciembre, 75-79 p.
- Fonturbel, R. (2005). Indicadores fisicoquímicos y biológicos del proceso de eutrofización del lago titikaka (Bolivia). *Ecología Aplicada*, 4(1,2).
- Gamarra, C. (2006). Evaluación de aves en la zona de influencia de la laguna de estabilización de Puno. Examen de suficiencia para optar el título de licenciado en Biología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Altiplano Puno Perú. 46 p.
- Goyzueta, G. (2005). “Majestuoso lago Titicaca, fuente de vida”. Editorial FIMART SAC. Lima – Perú. 39 p.
- Goyzueta, G., Alfaro, R., Aparicio, M. (2009). “Totorales del lago Titicaca, importancia, conservación y gestión ambiental”. Primera Edición. Editorial Meru diseño y publicidad, Puno – Perú. 325 p.
- Habit, E., Parra, O. y Valdovinos, C. (2005). Ictiofauna de un sistema fluvial receptor de aguas servidas: respuestas a una nueva planta de tratamiento (Río Quilque, Chile Central). *Gayana* 69(1): 94-103. ISSN 071-6538.
- Mamani, M. y Pari, D. (2014). Diversidad de aves en los alrededores de la laguna de estabilización de Puno. *Revista. Investig. (Esc. Post Grado) V 5, N° 3*.
- Maldonado, W. (2006). Hábitat y población de *Rollandia microptera*, *Podiceps occipitalis* y *Rollandia rolland* (AVES: Podicipidae) en la Reserva Nacional del Titicaca, sector Puno- Perú. Tesis para optar el título de Licenciado en Biología. Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. 63 p.
- Miranda, O. (1995). Comunidad de aves en tres ecosistemas acuáticos alto andinos de la subregión Puno. Tesis para optar el título de Licenciado en Biología. Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. 63 p.
- Northcote, T., Morales, P., Levy, D. y Greaven, M. (1991). Contaminación en el Lago Titicaca. Wetswater Research Center. University of British Columbia. IAA- Puno. Perú. 278 p.
- Pineda, H. (1997). Influencia de la eutrofización en la distribución espacial de ictiofauna en la bahía interior de Puno. Tesis para optar el título de Licenciado en Biología. Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. 67 p.
- Ralph, J., Geupel, R., Pyle, P., Martin, E., De Sante, F. y Mila, B. (1996). Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-159. Albany, CA: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture, 46 p.
- Rojas, R. (2002). Aspectos ecológicos de las aves silvestres del sector Ramis de la Reserva Nacional del Titicaca y su área de influencia natural, Puno. Tesis para optar el título de Licenciado en Biología. Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. 60 p.
- Schulenberg, S., Stotz, F. Lane D.F., O’neill, P. y Parker, A. (2007). *Birds of Perú*. Published by Princeton University Press, William Street, Princeton, New Jersey, 656 p.
- Tabilo, E., Jorge, R., Riquelme, R., Mondaca, A., Labra, C., Campusano, J., Tabilo, M., Varela, M., Tapia, A. y Salaberry, M. (1996). Management and conservation of the habitats used by migratory shorebirds at Coquimbo, Chile. *International Wader Studies*. 8 (2): 79-84.
- Torres, M., Quinteros, Z. y Takano, F. (2006). Variación temporal de la abundancia y diversidad de aves limícolas en la Refugio de Vida Silvestre Pantanos de Villa, Lima-Perú. *Ecol. Apl.* 5(1-2):119-125.
- Torres, M. (2007). Evaluación Ornitológica de los Humedales de Puerto Viejo, pantanos de Villa y humedales de Ventanilla. Serie de publicación de flora y fauna silvestre. Instituto nacional de recursos naturales, Lima, Perú. [http://www.inrena.gob.pe/iffs/iffs\\_biodiv\\_estud\\_flora\\_fauna\\_silvestre.htm](http://www.inrena.gob.pe/iffs/iffs_biodiv_estud_flora_fauna_silvestre.htm). [Consulta: 20 junio 2016].

