

## DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y ABUNDANCIA DE *Balliviaspongia wirrmanni* (SPONGILLIDAE) EN LA RESERVA NACIONAL DEL TITICACA

## SPATIAL DISTRIBUTION AND ABUNDANCE OF *Balliviaspongia wirrmanni* (SPONGILLIDAE) IN THE TITICACA NATIONAL RESERVE

Faustina Eliana Quenta Choque<sup>1,2</sup>, Sandra Lisbet Benavente Farfán<sup>1,3</sup>,  
Buenaventura Optaciano Carpio Vásquez<sup>†,1,4</sup>, Juan José Pauro Roque<sup>1,5</sup>,  
Xiomara Daneysa Aguilar Quenta<sup>1</sup>, Jesús Michael Llahuilla Quispe<sup>1,6</sup>,  
Gimena Idme Esteban Anquise<sup>1</sup> y Gloria Lisbeth Gutiérrez Álvarez<sup>1</sup>

### Resumen

El objetivo del estudio fue evaluar la distribución espacial y abundancia de la única especie de esponja dulceacuícola del lago Titicaca, *Balliviaspongia wirrmanni*, en la Reserva Nacional del Titicaca (RNT). Las evaluaciones se realizaron en el ecosistema acuático del lago Titicaca, mediante la aplicación aleatoria de cuadrantes de un m<sup>2</sup>. En cada individuo de totora (*Schoenoplectus tatora*) presente en cada cuadrante se evaluó la presencia de esponjas para realizar el recuento. Los resultados fueron contrastados según periodos de tiempo y zonas de estudio. Los recuentos promedios de esponjas fueron mayores en la zona de la RNT, con 485 esponjas, y menores en la zona de Puno – Capachica, con 47 esponjas ( $P < 0.001$ ), con índices de dispersión de Morisita uniforme y contagiosa, respectivamente. La abundancia fue mayor en el área de la RNT con el 43.35%, en los meses de julio y agosto. Los datos obtenidos sugieren que las esponjas prevalecen en zonas alejadas y libres de acción antrópica y disminuyen en las proximidades de los pueblos y ciudades, en razón de que diferentes actividades antrópicas estarían afectando su crecimiento y desarrollo en el ecosistema acuático del lago Titicaca.

**Palabras clave:** cuadrantes, hábitat, índices de dispersión, poríferos.

### Abstract

The objective of this study was to evaluate the spatial distribution and abundance of the only species of freshwater sponge from Lake Titicaca, *Balliviaspongia wirrmanni*, in the Titicaca National Reserve (RNT). The evaluations were carried out in the aquatic ecosystem of Lake Titicaca, through the random application of quadrats of one m<sup>2</sup>. In each individual cattail (*Schoenoplectus tatora*) present in each quadrat, the presence of sponges was evaluated to perform the count. The results were contrasted according to time periods and study areas. Average sponge counts were higher in the RNT zone, with 485 sponges, and lower in the Puno - Capachica zone, with 47 sponges ( $P < 0.001$ ), with uniform and contagious Morisita dispersion indices, respectively. The abundance was higher in the RNT area with 43.35%, in the months of July and August. The obtained data suggest that sponges prevail in remote areas free of anthropic action and decrease in the proximity of towns and cities because different anthropic activities would be affecting their growth and development in the aquatic ecosystem of Lake Titicaca.

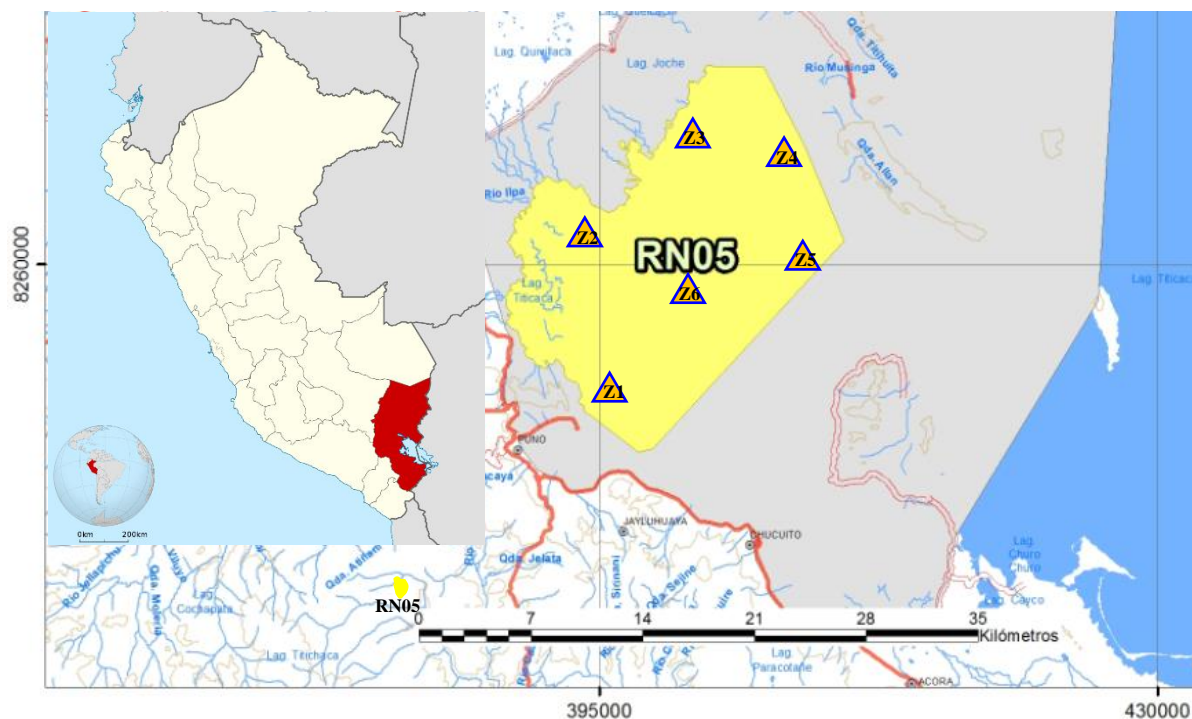
**Key words:** quadrants, habitat, dispersion indices, poriferous.

### Introducción

La Reserva Nacional del Titicaca (RNT), se ubica en el lago homónimo, en la Región de Puno (Perú), a 3 810 msnm (IANP, 2005). Posee una gran diversidad de flora, fauna y recursos naturales (CIRNMA & CEDAFOR, 2001). En los bentos del perifiton se encuentran los poríferos (PNUD & TDPS, 2003). Es probable que la esponja *Balliviaspongia wirrmanni* Boury – Esnault & Volkmer Ribeiro 1991 haya disminuido su población ya que actualmente está ausente en la bahía interior del lago Titicaca en las proximidades de la ciudad de Puno debido, probablemente, a la presencia de aguas residuales y contaminantes antrópicos (INRENA, 1996; Beltrán *et*

*al.*, 2015) y mediante observaciones *in situ*, las esponjas se encuentran ubicadas en zonas con poca influencia humana.

Las esponjas (filo Porifera) son organismos multicelulares muy primitivos y de estructura simple, que manifiestan la evolución de los metazoarios (Erpenbeck & Worheide, 2007). Son exclusivamente acuáticos, ya sean de ambientes marinos, de estuarios o de agua dulce, de vida bentónica sésil, y crecen adheridos a la vegetación, sobre troncos o rocas, pudiendo establecerse perfectamente en ríos y lagunas temporales o permanentes (Rueda & Mesquita, 2018). Las esponjas de agua dulce producen gémulas, como formas de resistencia, que están constituidas por



Fuente: SERNANP (2019).

**Figura 1.** Zonas de evaluación en la Reserva Nacional del Titicaca (RN05)- Sector Puno.

espículas especiales, o gemoscleras, para sobrevivir a fuertes cambios en las condiciones ambientales, como puede ser la temporalidad del sistema. Las gémulas pueden desempeñar un papel de dispersión pasivo facilitado por el viento, las aves o por el flujo del agua (Manconi & Pronzato, 2016).

El tipo de reproducción sexual y/o asexual, desarrollado por las esponjas en las aguas epicontinentales durante el proceso evolutivo, explican parte de la causalidad del alto grado de endemismo de algunas familias y/o géneros y/o especies y los muy escasos taxa de distribución cosmopolita. Las esponjas del lago Titicaca fueron poco estudiadas y la única especie *Balliviaspongia wirrmanni* debe su nombre al lago Ballivián, que fue un lago del pleistoceno del Altiplano boliviano (Lavenu, 1981). A su vez, Denis Wirrmann fue el investigador que realizó muestreos y observaciones ecológicas (Boury & Volkmer, 1991). *Balliviaspongia wirrmanni* habita a profundidades de 0.1 y 20 m, generalmente se adhiere a los tallos de las totoras (*Schoenoplectus tatora* [Kunth] Palla), aunque también se la encuentra adherida a rocas. Aun así, la mayor abundancia de esponjas está asociada a los totorales (Richard & Contreras, 2011), pero la cosecha de totorales con las esponjas adheridas, la quema de los mismos para lograr su rebrote y la contaminación por metales pesados a causa de residuos mineros que llegan al lago Titicaca han, disminuido inmensamente su población (Richard, 2010c). En tal sentido, los objetivos de la investigación fueron determinar la distribución espacial y la abundancia de la esponja

*Balliviaspongia wirrmanni* en la Reserva Nacional del Titicaca, sector Puno.

## Materiales y métodos

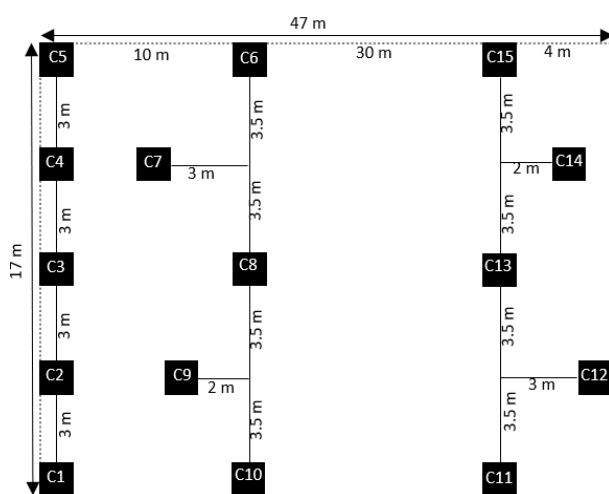
### Área de estudio

La RNT – sector Puno, institución protegida por el Estado Peruano, está ubicada en la Provincia y Región de Puno (Perú) a una elevación de 3 810 msnm; posee la flora y fauna del lago Titicaca (Dejoux & Iltis, 1991) con los que las poblaciones humanas desarrollan actividades socioeconómicas. Está reconocida por la Convención Ramsar de 1997 como un humedal internacional como hábitat de aves acuáticas. El clima es frío y semiseco, con un promedio de temperatura de 9 °C, siendo menores en los meses de junio y julio, y presenta épocas de lluvia (enero a marzo) y época seca (mayo a agosto). Posee un área de 29 150 ha, abarca totorales entre la isla Estévez y la península de Capachica (Figura 1). Sus coordenadas geográficas son 15°50'22" S, 15°43'10" S y 70°01'13" W. La presencia humana es escasa, y está destinada a la investigación científica, ámbito educativo y recreación familiar (SERNANP, 2019).

### Muestreo y evaluación de esponjas

Para llegar a las zonas de evaluación de esponjas se utilizó una lancha de madera de 10 m de eslora y 2.5 m de manga con motor fuera de borda. En cada zona se evaluó un área total de 799 m<sup>2</sup>. Las esponjas adheridas a los tallos sumergidos de las totoras, y observadas a 50 cm de profundidad, fueron cuantificadas por cuadrantes (C) de 1 m<sup>2</sup>. La ubicación de los cuadrantes tuvieron

una disposición tal como se muestra en la Figura 2, donde cada cuadrante tuvo una separación de 3 m, siendo 5 cuadrantes por transecto, el primer transecto conformado por los primeros cinco cuadrantes tuvieron una disposición longitudinal (C1 al C5); mientras tanto en los siguientes dos transectos los cuadrantes intercalados C7 y C9 estuvieron ubicados a la izquierda del transecto separados por 3 m y 2 m respectivamente; por otro lado, los cuadrantes C12 y C14 fueron establecidos a la derecha del tercer transecto separados por 3 m y 2 m respectivamente, con la finalidad de aleatorizar los puntos de muestreo.



**Figura 2.** Ubicación de los cuadrantes para la colección de esponjas en las zonas de estudio de la Reserva Nacional del Titicaca – sector Puno.

Los cuadrantes C1, C2, C3, C4 y C5 se evaluaron durante los meses de julio a agosto (periodo I), caracterizado por la escasez de lluvias y temperaturas bajas llegando a  $-1.3^{\circ}\text{C}$ ; los cuadrantes C6, C7, C8, C9 y C10 se evaluaron durante los meses de setiembre y octubre (periodo II), meses de transición entre la estación de invierno y de primavera; mientras que los cuadrantes C11, C12, C13, C14 y C15 durante los meses de noviembre y diciembre (periodo III), donde la temperatura es más alta, llegando a los  $16.8^{\circ}\text{C}$ , el clima más lluvioso con una precipitación promedio de 173.72 mm (SENAMHI, 2020), sumando 90 muestreos en la investigación.

Las esponjas fueron colectadas según las recomendaciones de la UNMSM–MHN (2014). Para ello se realizaron cortes con un bisturí de los tallos de totora que presentaron adheridas las esponjas, con ayuda de pinceles se retiró de las esponjas todo tipo de residuos vegetales procedentes del agua, luego se realizaron enjuagues suaves con la misma agua del Lago Titicaca. Las esponjas colectadas fueron dispuestas en frascos de vidrio conteniendo etanol de 70% para su identificación (Rueda & Mesquita, 2018; Morales *et al.*, 2020). La evaluación externa se realizó en un microscopio estereoscópico OPTICA ST-30 y

observaciones microscópicas en un microscopio Zeiss™ LED Primo Star. Para ello se realizaron preparaciones simples extendiendo estructuras de esponjas en suero fisiológico sobre láminas portaobjetos y sobre la preparación se dispuso una lámina cubreobjetos. Las muestras fueron visualizadas a 10X y 40X, la presencia de espículas acantoxas, las formaciones irregulares de 15 cm de longitud por 3 cm de ancho, sin superar el 1.5 cm de espesor, color característico variable del verde vivo al ocre y de consistencia muy blanda (Figura 3), fueron diagnósticas para la especie del porífero en razón de que es la única registrada en el lago Titicaca. Todo ello se realizó en el Laboratorio de Zoología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno (Perú).



**Figura 3.** Esponjas *Balliaspongia wirrmanni* adheridas a tallos de totora colectada en la Reserva Nacional del Titicaca – sector Puno.

#### Distribución espacial de *B. wirrmanni*

Fue evaluada mediante promedios, desviación estándar y el índice de dispersión de Morisita (IDM), que utiliza valores críticos de uniformidad y agrupamiento, cuyos valores fluctúan entre menos uno y más uno, originando una distribución espacial aleatoria si el IDM es igual a cero, una distribución espacial agregada si es mayor a cero, y una distribución uniforme si es menor a cero (Cabrera & Wallace, 2007). El índice se definió según la Fórmula 1.

$$\text{IDM} = \frac{n \sum X_i (X_i - 1)}{N(n - 1)}$$

#### **Fórmula 1.** Índice de Dispersión de Morisita (IDM).

Donde:

- n = número de cuadrantes;
- $X_i$  = número de individuos del cuadrante  $i$ ;
- N = número total de individuos en todos los cuadrantes.

#### Abundancia de *B. wirrmanni*

Fue representada en porcentajes de esponjas por zonas y periodos. Para determinar diferencias de abundancia se utilizaron pruebas de Kruskal Wallis,

con un nivel de significancia  $p < 0.05$  (Tarqui *et al.*, 2016), donde se trabajó con variables discretas y pruebas de comparación de rangos. Todo el procesamiento de datos se realizó con el software Infostat versión 2020 (Di Rienzo *et al.*, 2020).

**Resultados**

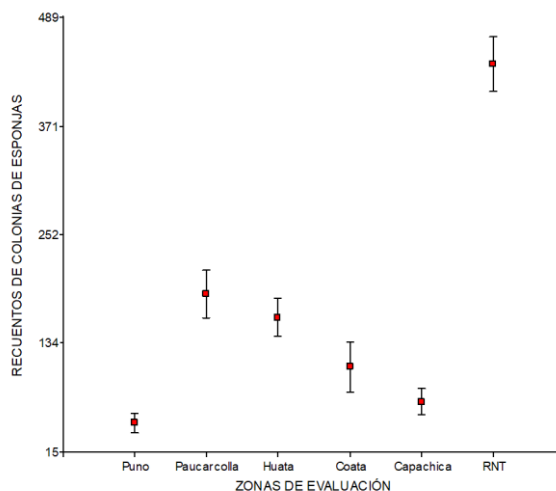
Distribución espacial de *B. wirrmanni*

En el muestreo aleatorio de 15 cuadrantes en cada zona de estudio, cinco zonas presentaron cuadrantes sin esponjas, siendo mayor en la zona de Puno con cinco cuadrantes, y cuatro cuadrantes en la zona de Coata, mientras que en las zonas de Paucarcolla, Huata y Capachica, presentaron dos cuadrantes sin esponjas. En contraste, en la zona de la RNT todos los cuadrantes presentaron esponjas (Tabla 1). Los promedios de recuentos de esponjas oscilaron entre  $47.20 \pm 29.44$  en la zona de Puno y  $485.20 \pm 145.99$  en la RNT, existiendo diferencia estadística entre las zonas de estudio ( $H = 50.56$ ;  $P < 0.05$ ). Los recuentos en las zonas de Puno y Capachica fueron menores, y mayores en la zona RNT (Figura 4). El IDM fue mayor en la zona de Puno y Capachica, con 15.55 y 15.61, respectivamente; ambos valores indicaron que las esponjas presentaron una distribución espacial contagiosa, lo cual implica que la esponja de agua dulce se encuentra agrupada y/o asociada en lugares específicos, o tiene tendencia gregaria; mientras que en las restantes zonas el IDM fue de 0.0005 y 0.37, indicando que la distribución espacial fue uniforme, lo cual permitiría interpretar una competencia antagónica para ocupar un lugar dentro de su hábitat.

Abundancia de *B. wirrmanni*

Los valores de abundancia de las esponjas se presentaron en mayor porcentaje en la zona de la RNT con el 43.35%, seguido de la zona de Paucarcolla con el 18.91%, Huata con el 15.80%, Coata con 10.63%. Mientras tanto, las zonas de Puno y Capachica presentaron 4.60% y 6.71% de abundancia, respectivamente. En las zonas de Coata, Huata y Paucarcolla, existe una abundancia de esponjas poco homogénea en los individuos de totora (*S. tatora*); en ella existe una intervención antrópica y presencia de ríos tributarios del lago Titicaca, que ocasionarían alteración en el medio acuático donde habitan las esponjas. La zona de la RNT presentó la mayor abundancia de esponjas, en razón de que se caracteriza por presentar macrófitas sumergidas, como los

totoraes densos, y son de agua poco profunda. Además, es una zona no perturbada por las actividades antrópicas y en ella se realizan investigaciones científicas que no alteran el ecosistema de la zona y tiene la protección del estado (RNT, 2014). La abundancia de las esponjas presentó diferencia estadística significativa ( $H_{cal} = 51.40$ ;  $P < 0.05$ ) entre zonas de muestreo, siendo mayor en la zona de muestreo de la RNT, y la menor se presentó en la zona de Puno.



**Figura 4.** Comparación de recuento de esponjas *Balliviaspongia wirrmanni* en seis zonas de estudio en la Reserva Nacional del Titicaca – sector Puno.

La abundancia de la esponja *B. wirrmanni* fue del 36.03% en los meses de julio y agosto (periodo I), siendo la de mayor abundancia. En los meses de setiembre y octubre (periodo II) fue de 32.67%, y por último en los meses de noviembre y diciembre (periodo III) la abundancia fue de 31.30%. La abundancia de la esponja no presentó diferencia estadística significativa ( $H = 0.32$ ;  $P = 0.85$ ), por lo que se pueden considerar los valores como homogéneos.

**Discusión**

En la RNT se encontró el mayor número de esponjas en los meses de julio a agosto (periodo I), esto podría deberse a que es una zona protegida (RNT, 2014), alejada de las ciudades y pueblos circunlacustres, con ausencia de actividad antrópica.

Sus aguas son

**Tabla 1.** Datos del número de esponjas *Balliviaspongia wirrmanni* en seis zonas de estudio en la Reserva Nacional del Titicaca – sector Puno.

Zonas de la RNT	Nº cuadrantes			Prom ± DE	ID Morisita	Distribución
	□	■	○			
Zona 1 (Z1)	15	5	10	47.20 ± 29.44	15.547	Contagiosa
Zona 2 (Z2)	15	2	13	156.60 ± 122.92	0.0034	Uniforme
Zona 3 (Z3)	15	2	13	183.20 ± 23.09	0.0729	Uniforme
Zona 4 (Z4)	15	4	11	99.40 ± 78.02	0.3695	Uniforme
Zona 5 (Z5)	15	2	13	99.20 ± 52.66	15.612	Contagiosa
Zona 6 (Z6)	15	0	15	485.20 ± 145.99	0.0005	Uniforme

calmadas, ligeramente limpias en periodos secos y poseen una alta densidad de totora (*S. tatora*) como sustrato, factores que favorecerían la abundancia de la esponja (Richard & Contreras, 2011).

En las zonas de Puno y Capachica, la distribución espacial de esponjas fueron las más bajas, probablemente debido a la problemática de la contaminación del lago Titicaca a causa de aguas residuales producidas por las ciudades de Puno y Juliaca, respectivamente (Gamarra, 2017) y la extracción desmedida de totora para utilizarlo como forraje en la alimentación de sus animales, tales como vacunos, ovinos, entre otros (Richard 2010a; Gammons *et al.*, 2006). Por otro lado, los totorales son quemados por parte de los habitantes ribereños para lograr su pronto rebrote, finalmente se tiene la presencia de la contaminación por metales pesados que proceden de los residuos mineros que llegan a desembocar en el lago Titicaca (Richard & Contreras, 2011), agravando su conservación y disminuyendo el número de individuos (Richard, 2010b). De continuar con los impactos antes mencionados, se producirá una significativa disminución de especies emblemáticas de la flora y fauna local, entre ellas a la *B. wirrmanni* en la zona de amortiguamiento de la Reserva Nacional del Titicaca (Quispe & Aravena, 2021).

Hace años atrás, los totorales presentes en la bahía interior del lago Titicaca – Puno, servían de sustratos para que las esponjas se establezcan en sus tallos, pero en el transcurrir del tiempo estos organismos presentaron una disminución drástica, llegando solo a ser observadas en totorales alejados de las ciudades y la contaminación que producían sus aguas residuales. Esta desaparición repentina de las esponjas pondría de manifiesto a la especie como indicadora de la contaminación del lago Titicaca. Dado que las aguas residuales fluyen con sus contaminantes a través del cuerpo de la esponja, se comprende, entonces, cómo las mismas las afectan (Richard, 2010c). La abundancia de las esponjas estaría relacionada, entonces, con la productividad y la calidad del agua del ecosistema acuático (Richard, 2010c; Lucey & Cocchiglia, 2014).

Son escasos los estudios realizados en *B. wirrmanni* en el lago Titicaca, lo cual concuerda con Dröscher & Waringer (2007), quienes afirman que estos organismos tuvieron cierto olvido en cuanto a investigaciones, siendo muchas veces menospreciados, a pesar de poseer importancia en el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, al ser consideradas especies filtradoras y como especie indicadoras de contaminación.

La esponja *B. wirrmanni* es la única especie del filo Porifera registrada en el lago Titicaca, lo que concuerda con lo reportado por Manconi & Pronzato (2016), quienes manifiestan que las esponjas de agua dulce (Porifera: Demospongia) son un grupo de organismos con reducido número de especies en Europa; sin embargo, al representar una importante biomasa

fluvial, son elementos clave en el proceso de transferencia de materia hacia el fondo en su papel de filtradores (Morales *et al.*, 2020).

### Conclusiones

La distribución espacial y abundancia de la esponja del lago Titicaca (*Balliviaspongia wirrmanni*) fue variable entre las seis zonas de evaluación. La RNT fue la que presentó el mayor promedio de número de esponjas ( $485.20 \pm 145.99$ ) por cuadrante evaluado y la distribución espacial establecida fue uniforme, manteniendo sus características de Área Protegida por el Estado Peruano; mientras que las demás zonas estudiadas, por presentar diferentes factores antrópicos de afectación, no hubieran tenido un normal crecimiento y multiplicación. El mayor porcentaje de esponjas (36.03%) se presentaron en los meses de julio – agosto (periodo I), sin presentar diferencia estadística significativa frente a los demás meses de evaluación.

### Agradecimientos

Los autores agradecen al personal de la Reserva Nacional del Titicaca por otorgarnos información sobre las zonas evaluadas y colindancias del área estatal protegida. Asimismo, agradecen al personal técnico del laboratorio de Zoología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Altiplano, Sr. Gregorio Ordóñez, por su apoyo en la evaluación en campo, colecta e identificación de *Balliviaspongia wirrmanni*.

### Literatura citada

- Beltrán D.F., Palomino R.P., Moreno E.G., Peralta C.G. & Montesinos-Tubée D.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. <https://www.redalyc.org/pdf/1950/195043168009.pdf>.
- Boury N. & Volkmer C. 1991. Las esponjas (Cap. VI.4b). *En*: Dejoux C. & Iltis A. (Eds) *El Lago Titicaca: Síntesis del conocimiento limnológico actual*. 305-310. OSTOM & HISBOL. La Paz, Bolivia. [https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/divers08-10/36603.pdf](https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers08-10/36603.pdf).
- Cabrera H. & Wallace R. 2007. Densidad y distribución espacial de palmeras arborescentes en un bosque preandino - amazónico de Bolivia. *Ecología en Bolivia*, 42(2): 121-135. <http://www.scielo.org.bo/pdf/reb/v42n2/v42n2a04.pdf>.
- CIRNMA & CEDAFOR. 2001. Informe final: Plan Maestro Reserva Nacional del Titicaca. Proyecto PER/98/G32: Conservación de la Biodiversidad en la Cuenca del Lago Titicaca-Desaguadero-Poopo-Salar de Coipasa TDPS. 3-73. CIRNMA (Centro de Investigación de Recursos Naturales y Medio Ambiente) & CEDAFOR (Centro de Desarrollo Agrario y Forestal). [http://www.altperubolivia.org/Web\\_Bio/PROYECTO/Docum\\_peru/21.27%20Plan%20Maestro.pdf](http://www.altperubolivia.org/Web_Bio/PROYECTO/Docum_peru/21.27%20Plan%20Maestro.pdf).

- Dejoux C. & Iltis A. (Eds). 1991. El lago Titicaca, síntesis del conocimiento limnológico actual. 305-310. ORSTOM & HISBOL. La Paz / Bolivia. [https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/divers08-10/36603.pdf](https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers08-10/36603.pdf).
- Di Rienzo A., Casanoves F., Balzarini G., Gonzalez L., Tablada M. & Robledo W. 2020. InfoStat versión 2020. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <http://www.infostat.com.ar>.
- Dröschner I. & Waringer J. 2007. Abundance and microhabitats of freshwater sponges (Spongillidae) in a Danubean floodplain in Austria. *Freshwater Biology*, 52(6): 998-1008. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2427.2007.01747.x>.
- Erpenbeck D. & Worheide G. 2007. On the molecular phylogeny of sponges. *Zootaxa*, 1668(1): 107-126. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.1668.1.10>.
- Gamarra C. 2017. Lago Titicaca: Importancia, estado de conservación y amenazas. Presentación en la CELEBRACIÓN DEL DÍA MUNDIAL DE LOS HUMEDALES 2017: Humedales para la reducción del riesgo de desastres. Puno / Perú. IMARPE (Instituto del Mar del Perú). <http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/1510.pdf>.
- Gammons H., Slotton G., Gerbrandt B., Weight W., Young A., McNearny L., Cámac E., Calderón R. & Tapia H. 2006. Mercury concentrations of fish, river water, and sediment in the Río Ramis – Lake Titicaca watershed, Perú. *Science of the Total Environment*, 368(2-3): 637-648. <https://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2005.09.076>.
- IANP (Intendencia de Áreas Naturales Protegidas). 2005. RESERVA NACIONAL DEL TITICACA. Plan de Uso Turístico de la Reserva Nacional del Titicaca. Rev. FMV. 7-32. SERNANP. Perú. [http://old.sernanp.gob.pe/sernanp/archivos/biblioteca/planes\\_de\\_uso\\_turistico/titicaca/Titicaca.pdf](http://old.sernanp.gob.pe/sernanp/archivos/biblioteca/planes_de_uso_turistico/titicaca/Titicaca.pdf).
- INRENA. 1996. Evaluación de la contaminación del lago Titicaca. Colección de informes. INRENA. <https://hdl.handle.net/20.500.12543/1565>.
- Lavenu A. 1981. Origine et évolution néotectonique du lac Titicaca. *Revue d'Hydrobiologie Tropicale*, 14(4): 289-297.
- Lucey J. & Cocchiglia L. 2014. Distribution of sponges (Porifera: Spongillidae) in southern Irish rivers and streams. *Proceedings of the Royal Irish Academy*, 114B(2): 89-100. <https://doi.org/10.3318/bioe.2014.24>. <https://www.jstor.org/stable/10.3318/bioe.2014.24>.
- Manconi R. & Pronzato R. 2016. Phylum Porifera (Chapter 3). In: Thorp J. & Rogers D.C. (Eds.). Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates; vol. II: Keys to Nearctic Fauna. (Fourth Edition). 39-83. Elsevier. Amsterdam. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385028-7.00003-2>.
- Morales J., Monteoliva A. & Criado A. 2020. Aportaciones ecológicas sobre esponjas dulceacuólicas (Porifera; Spongillidae) del río Ebro en Burgos. Nueva cita de *Ephydatia muellei*. *Munibe Cienc. Nat.*, 68: 249-257. <http://www.aranzadi.eus/fileadmin/docs/Munibe/mcn.20.20.68.16.pdf>.
- PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo) & TDPS (Autoridad Binacional Autónoma del Sistema Hídrico). 2003. Guía Técnica: Reproducción y crianza de género Orestias. [http://www.alt-perubolivia.org/Web\\_Bio/PROYECTO/Docum\\_bolivia/21.05\\_guia.pdf](http://www.alt-perubolivia.org/Web_Bio/PROYECTO/Docum_bolivia/21.05_guia.pdf).
- Quispe D. & Aravena C. 2021. Interacción con la Reserva Nacional del Titicaca y percepción de la problemática ambiental. *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 21(1): 35-58. <https://doi.org/10.7201/earn.2021.01.02>.
- Richard E. & Contreras D. 2011. Las esponjas del Titicaca. *Revista Abismo Sur*, 1(13): 51-53. <https://bit.ly/3wTAKCh>. [https://www.academia.edu/20999015/Las\\_esponjas\\_del\\_Lago\\_Titicaca](https://www.academia.edu/20999015/Las_esponjas_del_Lago_Titicaca).
- Richard E. 2010a. Crónica de una muerte anunciada. I. La keñola del Titikaka: *Rollandia microptera* (Reptiles [ex Aves]; Podicipediformes). Ambiente y Biota de Bolivia, Boletín N° 1. <https://bit.ly/3wSMAwn>.
- Richard E. 2010b. Crónica de una muerte anunciada. II. La keñola del Titikaka: *Rollandia microptera* (Reptiles [ex Aves]; Podicipediformes). Ambiente y Biota de Bolivia, Boletín 1(2): 1-27. <https://bit.ly/38sMmmq>.
- Richard E. 2010c. Crónica de una muerte anunciada. III. La maravillosa esponja endémica del Lago Titikaka: *Balliviaspongia wirmanni* Boury-Esnault y Volkmer Rivero 1991. Ambiente y Biota de Bolivia, Boletín 1(3): 6-12. DOI: 10.13140/2.1.5086.9441.
- RNT (Reserva Nacional del Titicaca). 2014. Resolución Presidencial N° 249-2014-SERNANP que aprueba actualización del Plan Maestro período 2014 - 2019 de la Reserva Nacional del Titicaca 2014 – 2019. Lima. El Peruano, 5 de noviembre. <https://www.gob.pe/institucion/sernanp/normas-legales/424226-rp-249-2014-sernanp>. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/507275/-410180746743245807120200203-11250-1u2g8hi.pdf?v=1580748907>.
- Rueda J. & Mesquita F. 2018. Nuevas aportaciones al conocimiento de macroinvertebrados de agua dulce de Costa Rica y Nicaragua, con especial énfasis en las esponjas. *Anales de Biología*, 40: 9-18. DOI: 10.6018/analesbio.40.02.
- SENAMHI. 2020. Tiempo, pronóstico del tiempo. SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú). [página web]. URL: <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=puno&p=pronostico-detalle>.
- SERNANP, Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado – Perú. 2019. Reserva Nacional del Titicaca. <https://www.gob.pe/institucion/sernanp/informes-publicaciones/1749491-reserva-nacional-del-titicaca>.
- Tarqui C., Alvarez D. & Fernández I. 2016. Yoduria y concentración de yodo en sal de consumo en escolares peruanos del nivel primario. *Rev. Peru. Med. Exp. y Salud Pública*, 33(4): 689-694. DOI: [10.17843/rpmesp.2016.334.2552](https://doi.org/10.17843/rpmesp.2016.334.2552).

UNMSM–MHN (Universidad Nacional Mayor de San Marcos \ Museo de Historia Natural). 2014. Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) em aguas continentales del Perú. Ministerio del Ambiente. Lima / Perú.  
<https://www.minam.gob.pe/diversidadbiologica/wp-content/uploads/sites/21/2014/02/M%C3%A9todos-de-Colecta-identificaci%C3%B3n-y-an%C3%A1lisis-de-comunidades-biol%C3%B3gicas.compressed.pdf>.

---

<sup>1</sup> Universidad Nacional del Altiplano, Puno – Perú.

<sup>2</sup> ORCID: 0009-0009-9414-5705.

<sup>3</sup> ORCID: 0009-0008-0854-5773.

<sup>4</sup> ORCID: 0000-0002-6918-6793.

<sup>5</sup> Correo del autor de correspondencia: [jjpauro@unap.edu.pe](mailto:jjpauro@unap.edu.pe). ORCID: 0000-0003-3746-0273.

<sup>6</sup> ORCID: 0009-0000-0805-8432.