



# Características físico-químicas y fitoplancton de los humedales altoandinos y su relación con la presencia de *Lymnaea* Spp. en Frías, Piura, Perú

## Physical-chemical and phytoplankton characteristics of high Andean wetlands and their relationship with the presence of *Lymnaea* Spp. in Frías, Piura, Peru

Luciano Rondoy-Infante<sup>\*</sup>; José Mostacero- León<sup>2</sup>; Anthony J. De La Cruz- Castillo<sup>2</sup>

1 Universidad Nacional de Piura, Urb. Miraflores S/N, Castilla, 20002, Piura, Perú.

2 Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Trujillo, Av. Juan Pablo II s/n – Ciudad Universitaria, Trujillo, Perú.

\*Autor corresponsal: [lronday@hotmail.com](mailto:lronday@hotmail.com) (L. Rondoy-Infante).

ID ORCID de los autores

J. Mostacero-León:  <https://orcid.org/0000-0003-2556-3013>

A. De la Cruz-Castillo:  <https://orcid.org/0000-0002-5409-6146>

---

### RESUMEN

La presente investigación se avocó a determinar las características físico-químicas y fitoplancton de los humedales altoandinos y su relación con la presencia de *lymnaea spp.* Frías, Piura, Perú. Se exploró la cantidad de caracoles, la composición del fitoplancton y variables fisicoquímicas en cinco bofedales altoandinos, localizados a 3090 msnm. Cada tres meses se colectaron muestras de agua para análisis fisicoquímico, fitoplancton y caracoles *Lymnaea spp.* en lugares georreferenciados, manteniendo el mismo recorrido durante el muestreo y la misma hora en cada salida de campo. Los análisis fisicoquímicos del agua indican que presentan poco contenido de calcio y nitrato, así mismo el contenido total de fitoplancton mostró un ligero efecto sobre el crecimiento poblacional. Se concluye que los cinco bofedales altoandinos presentan una riqueza de Fitoplancton, representada en 83 especies, distribuidas en 57 géneros y 5 divisiones: Cyanobacteria, Euglenophyta, Bacillariophyta, Charophyta y Chlorophyta, siendo la más representativa por su número de especies las Bacillariophyta; de igual manera existe una asociación positiva entre la temperatura y el contenido de calcio del agua sobre la densidad poblacional de los caracoles *Lymnaea spp.*

**Palabras clave:** fitoplancton; humedales altoandinos; caracoles *Lymnaea spp.*

### ABSTRACT

The present investigation aimed to determine the physicochemical and phytoplankton characteristics of the high Andean wetlands and their relationship with the presence of *lymnaea spp.* Frías, Piura, Peru. The number of snails, phytoplankton composition and physicochemical variables in five high Andean bofedales, located at 3090 meters above sea level, were explored. Water samples were collected every three months for physicochemical analysis, phytoplankton, and snails *Lymnaea spp.* in georeferenced places, maintaining the same route during sampling and the same time at each field trip. Physicochemical analyzes of the water indicate that they have little calcium and nitrate content, and the total phytoplankton content showed a slight effect on population growth. It is concluded that the five high Andean bofedales present a wealth of Phytoplankton, represented in 83 species, distributed in 57 genera and 5 divisions: Cyanobacteria, Euglenophyta, Bacillariophyta, Charophyta and Chlorophyta, being the most representative for their number of species the Bacillariophyta; in the same way there is a positive association between the temperature and the calcium content of the water on the population density of the snails *Lymnaea spp.*

**Keywords:** phytoplankton; high Andean wetlands; snails *Lymnaea spp.*

---

Recibido: 03-01-2020.

Aceptado: 18-02-2020.

## INTRODUCCIÓN

Perú, con un 0,87% del área total del planeta (1'285,215.60 km<sup>2</sup>); se constituye hoy, como el cuarto país megadiverso del mundo; al poseer cerca del 70 % de la biodiversidad mundial; por no mencionar que cuenta con 28 de los 32 climas del mundo, 84 de las 117 zonas de vida, 186 Zonas geotérmicas, una variada geografía, edafología, geología y ecología, reflejada en ocho provincias biogeográficas, tres grandes cuencas Hidrográficas, 12200 lagos y lagunas, 1007 ríos, así como ingentes humedales tanto costeros como altoandinos (Brack, 1986; Ginocchio y Acero, 2012; Mostacero *et al.*, 2007).

Considerándose “humedal”, a aquellas zonas de tierras planas o con declive moderado, cuya superficie se inunda permanente o según las condiciones climáticas de la zona; dando lugar a un ecosistema híbrido muy variado. Tal como ocurre en las zonas Altoandinas del Perú, por un lado, donde destacan, las ciénagas, los esteros, los fangales, las marismas, los pantanos, las turberas, y en la costa, por otro lado, representados por los manglares. Capaces de mantener en equilibrio los ecosistemas típicos de estas zonas; por no mencionar sus múltiples beneficios, entre los que destacan: su importancia hídrica, el ser fuente de recursos y energía, su capacidad de retención de sedimentos y protección, el ser un medio de transporte, su potencial en recreación y ecoturismo y su inconmensurable importancia ecológica (RAMSAR, 2009; Tabilo, 1999; Cambra, 2002).

En diferentes partes del mundo se han realizado investigaciones en humedales de gran altitud, involucrando al fitoplancton y la calidad del agua; de allí que autores como: Sharma y Singh (2018) estudiaron la diversidad del fitoplancton y la calidad del agua del humedal “Dodi Tal”, en la India, con más de 3.075 msnm, los que fueron monitoreados durante noviembre de 2015 a octubre de 2016. Por otro lado, Scott *et al.* (2015) en el Altiplano Chileno, realizaron estudios limnológicos y ecológicos en los humedales “Lirima” (4000 msnm) y “Caya” (3700

msnm). Salazar-Torres y Vera (2012) examinaron la diversidad y distribución de las comunidades de microalgas en bofedales del humedal “Huaytire” en Perú, ubicados entre 3000 a 4500 msnm. Choy y Anaya (2018) estudiaron la química del agua depositada y su variabilidad espacio temporal en el bofedal del sector Moyobamba (4600 a 4700 msnm). Salvador *et al.* (2014) en su estudio en la eco-región Puna Peruana apuntaron a describir la condición actual de las turberas en cuanto a su vegetación, características físicas y químicas y estado de perturbación.

En Frías, Piura, Perú, los humedales Altoandinos se encuentran a una altitud promedio mayor a 3000 msnm, siendo ecosistemas muy singulares del Norte del Perú; que albergan una importante biodiversidad, entre ellos, caracoles pulmonados *Lymnaea spp.*, los que son esenciales para dar continuidad al ciclo biológico del parásito *Fasciola hepatica*; siendo importante, por ello abordar el estado de su población y como esta se asocia con las características fisicoquímicas y fitoplancton del agua (Scott *et al.*, 2015). De allí que cambios en las variables de su hábitat pueden intervenir en su ecología y con ello su dinámica reproductiva; afectando su crecimiento, fecundidad y por consiguiente la supervivencia de este y con ello cortar el ciclo de la Fasciolosis (Sorensen y Minchella, 1998).

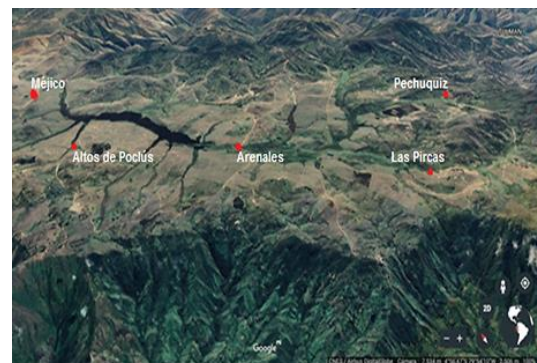
Por lo descrito en los párrafos anteriores y no habiéndose realizado trabajos de esta índole en los humedales de los “Altos” de Frías, esta investigación planteó determinar las características fisicoquímicas y fitoplancton de los humedales Altoandinos y su relación con la presencia de *Lymnaea spp.* Frías, Piura, Perú; a fin de contribuir al conocimiento sobre el fitoplancton y sus variables fisicoquímicas del agua de estos humedales; toda vez que estos resultados permitirán integrarse en la búsqueda del control y erradicación de estos caracoles que permiten la presencia de Fasciolosis en la zona.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Área de estudio

El área de estudio se encuentra circunscrita a la Sub Cuenca del Rio San Pedro- Chipillico – Chira - Pacífico, y que abarca a los Centros Poblados de: Méjico, Altos de Poclús, Arenales, Pechuquiz y Las Pircas en Frías – Ayabaca – Piura – Perú. Ubicados entre los 40° 59' y 40° 52' 30" L. S. y entre los 79° 48' 30" y 79° 54' L. O. (Fig. 1); con una superficie de 112,21 km<sup>2</sup> y altitudes que van de los 2900 hasta los 3150 msnm (Pizarro, 2016). Estos ecosistemas son conocidos en el lugar como “bofedales” u “oconales”. Los suelos alcanzan hasta el 18% de pendiente (Remigio, 2010), cubierta vegetal densa y almohadillada. Es decir, conformando comunidades de transición entre “Césped de Jalca” y “Turberas de Distichia”. Ecológicamente corresponde a la zona de vida bosque húmedo – Montano Tropical (bh – MT). La temperatura mínima en la zona oscila

entre 6,9 a 13 °C, con mínimas absolutas en Alto Poclús entre 1 y 1,8 °C (SENAMHI, 2016).



**Figura 1.** Lugares de muestreo: Bofedales de Méjico, Altos de Poclús, Arenales, Pechuquiz y Las Pircas.

### Determinación de las características Físico - químicas

Para cada una de las tres estaciones de cada humedal se obtuvieron los valores de las variables Físico-químicas del agua; de allí que para determinar las Características Físicas, fue necesario realizar la toma de datos climáticos directamente de los cuerpos de agua; utilizándose para el efecto Termómetro digital VWR® y pHmetro portátil ISOLAB, con un aproximado de 30 repeticiones, para luego establecer los promedios y rangos correspondientes.

Para las características químicas se tomaron 15 muestras de agua en distintos puntos de los 5 humedales Altoandinos estudiados, separados a una distancia de 100 m unos de otros y convenientemente georreferenciados con un GPS Garmin eTrex 30. Las muestras previamente filtradas in situ, fueron preservadas en frascos de vidrio con ácido nítrico y enviadas al Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Trujillo, para su análisis por absorción atómica y reporte de los resultados correspondientes.

### Muestreo del fitoplancton

Se realizó filtrando 40 litros de agua libre, obtenida a una distancia de entre 20 a 80 centímetros del borde de cada cuerpo de agua, utilizando para tal fin una red de fitoplancton con malla de 10 micrómetros, procediéndose a la fijación de las muestras así tomadas, con formaldehído al 4%. Para el estudio cuantitativo se tomaron las muestras

directamente utilizando un vaso de precipitación y transfiriéndose de inmediato 150 ml del agua a frascos de vidrio ámbar agregándole formaldehído al 4%.

### Análisis cualitativo del Fitoplancton

Para este análisis, se tomó 1 ml de muestra previamente homogeneizada y se trasvasó a la cámara de Sedgewick-Rafter para su lectura en un microscopio invertido, de acuerdo a las normas APHA (2012). En el estudio se consideró cada individuo algal como una unidad (unicelular, colonia o filamento). Los resultados de abundancia del fitoplancton fueron expresados como individuos/litro. Durante el análisis cuantitativo de las algas se tomaron fotografías con cámara digital adaptada al microscopio invertido.

### Colección de los caracoles *Lymnaea spp.*

La colección se realizó en forma manual y de manera exhaustiva e incluyó los materiales presentes en el cuadrante, como hojas, plantas, piedras, suelo hasta una profundidad de 10 cm, sin estar condicionada al tiempo de búsqueda. Después de colectados se lavaron y colocados en un recipiente de plástico rotulado con el nombre del lugar donde se tomó la muestra, al que se le colocó agua del lugar; siendo transportados al Laboratorio de Parasitología en cajas térmicas. Los caracoles provenientes de cada lugar de muestreo fueron contados para determinar la densidad poblacional.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se presentan los resultados de los valores promedio y desviación estándar de las características físico - químicas del agua de los humedales altoandinos en Frías, Piura, Perú, 2018-2019. En cuanto a las características Físicas, la temperatura del agua osciló entre 10,99 y 21,98 °C, y el pH fluctuó entre 5,79 y 7,12.

En lo que respecta a las químicas, el contenido de Calcio varió desde 5,79 hasta 8,5 mg L<sup>-1</sup>; y en lo concerniente a Nitratos, su contenido varió de 0.52 hasta 3,13 mg L<sup>-1</sup>. Farahnak et al. (2006) establecieron que la temperatura del agua y el pH favorecieron la emergencia de cercarías desde el caracol, afectando así la población, por la muerte de los cara-

coles parasitados. Se ha encontrado que en el verano la población de caracoles *Lymnaea* es más alta que en el otoño e invierno (Karimi et al., 2004), sin embargo, Prepelitchi et al. (2011) reportan lo contrario, una menor abundancia en el verano, incrementándose en el otoño, alcanzando el pico durante el invierno. Según los resultados obtenidos en el presente estudio, la temperatura del agua de los bofedales influyó en la dinámica poblacional de los caracoles *Lymnaea spp.*, encontrándose que la temperatura entre 18 a 21 °C está asociada a un mayor crecimiento poblacional de estos gasterópodos; asociadas a la estación de verano (diciembre-marzo).

**Tabla 1**

Valores promedio y desviación estándar de las características físico - químicas del agua de los humedales altoandinos

	"Méjico"	"Alto Poclús"	"Arenales"	"Pechuquiz"	"Las Pircas"
Temperatura del agua (°C)					
Mes					
Setiembre	15,13 ± 0,65	19,4 ± 0,17	16,43 ± 0,65	19,23 ± 0,89	20,9 ± 1,08
Diciembre	19,73 ± 0,58	17,9 ± 0,70	18,6 ± 0,53	18,57 ± 0,64	19,87 ± 0,83
Marzo	13,77 ± 1,05	12,9 ± 1,30	12,5 ± 1,51	13,07 ± 1,31	12,87 ± 1,32
pH					
Setiembre	6,21 ± 0,30	5,96 ± 0,21	6,31 ± 0,12	6,20 ± 0,35	6,50 ± 0,04
Diciembre	6,41 ± 0,10	5,84 ± 0,05	6,16 ± 0,13	6,16 ± 0,21	6,54 ± 0,29
Marzo	6,63 ± 0,23	6,15 ± 0,16	6,48 ± 0,24	6,55 ± 0,31	6,81 ± 0,31
Calcio (mg/L)					
Setiembre	7,23 ± 1,27	3,07 ± 0,84	4,11 ± 0,05	2,80 ± 0,61	5,15 ± 2,40
Diciembre	6,93 ± 1,30	3,15 ± 0,71	4,26 ± 0,25	2,79 ± 0,52	4,87 ± 1,94
Marzo	6,98 ± 1,96	3,49 ± 0,34	4,18 ± 0,21	2,87 ± 0,48	4,85 ± 2,05
Nitrato (mg/L)					
Setiembre	1,21 ± 0,66	1,40 ± 0,57	2,36 ± 0,77	1,41 ± 0,46	1,53 ± 0,33
Diciembre	1,22 ± 0,60	1,35 ± 0,61	2,32 ± 0,87	1,43 ± 0,52	1,63 ± 0,34
Marzo	1,17 ± 0,65	1,34 ± 0,57	2,28 ± 0,68	1,39 ± 0,51	1,58 ± 0,25

En las Figuras 2 y 3 se puede apreciar la influencia entre la temperatura del agua y el contenido de calcio sobre la densidad poblacional de *Lymnaea* spp.; apreciándose un incremento en la población de estos especímenes, cuando la temperatura del agua va alcanzando valores mayores a 19 °C, no sucediendo lo mismo con los niveles de pH.

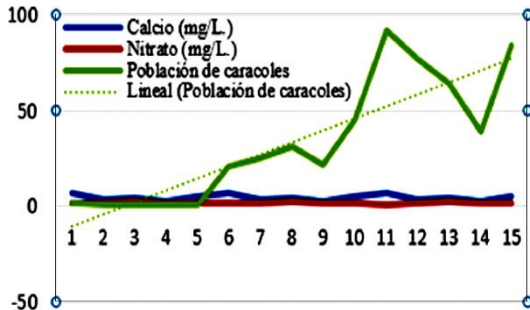


Figura 2. Relación entre la temperatura y el pH del agua con la densidad poblacional de caracoles *Lymnaea* spp.

Por otro lado, se aprecia un efecto positivo sobre el crecimiento poblacional de estos caracoles por influencia del calcio, a pesar de que este mineral se encuentra presente en pequeñas concentraciones. En lo que respecta al nitrato no se observó influencia alguna sobre la densidad poblacional de estos gasterópodos pulmonados.

Prepelitchi et al. (2011) encontraron que *Lymnaea columella* fue muy activo en su hábitat durante todo el año con valores de pH entre 5,5 – 7,8, mientras que Islam et al. (2012) encontraron que *Lymnaea auricularia* y *Lymnaea luteola* vivieron en aguas con un pH de 5,7 – 5,9 y a temperaturas con un rango de 24,8 – 27,3 °C. En todos los bofedales evaluados situados a altitudes aproximadas de 3 090 msnm sus aguas fueron ácidas, difiriendo de lo encontrado por Sulca et al. (2019) quienes reportan pH ligeramente neutro en bofedales a una altitud de 4440 a 4556 msnm, y por lo obtenido por Scott et al. (2015), quienes registraron valores de 8,3 y 8,7. Existe concordancia con el estudio realizado por Benavides et al. (2013) en turberas, los que obtuvieron valores entre 4,9 a 5,8 y por lo realizado por Salvador et al. (2014) en turberas de una ecorregión de Puna en el Perú, informando de valores promedio de 6,3 y 6,5. El hecho de que las aguas fueron más ácidas en Alto de Poclús y menos ácidas en Las Pircas, puede estar asociado a las cantidades de las comunidades de microalgas, quienes al consumir el CO<sub>2</sub> que se encuentra en el agua para llevar a cabo la fotosíntesis, disminuye la probabilidad de la formación del ácido carbónico (Almamani et al. 2019; Liu et al. 2019). La temperatura del agua puede haber contribuido a una menor solubilidad del dióxido de carbono atmosférico, estando establecido que la solubilidad del CO<sub>2</sub> disminuye al aumentar la temperatura (Christmas y Bassingthwaighte, 2017), coincidiendo con la mayor temperatura registrada en Las Pircas.

Por otro lado, el hecho de que el contenido de calcio de las aguas sea muy bajo (Tabla 1, Fig. 4), contrasta quizás con lo reportado por Scott et al. (2015) quienes en humedales ubicados a una altitud de 4000 y 3700 msnm; encontraron 60,9 y 261,1 mg L<sup>-1</sup> de calcio medido por absorción atómica.

Benavides et al. (2013) en turberas reportan valores de 7,3 a 17,4 mg L<sup>-1</sup> para altitudes de 4300 a 4700 msnm. Salvador et al. (2014) hallaron valores entre 35,3 y 48 mg L<sup>-1</sup>. Esta baja concentración de Calcio (Tabla 1, Fig. 4) podría estar relacionada con una reducida concentración de sales inorgánicas de calcio en el agua y al tipo de suelo de la zona; esto es característico de ecosistemas ombro-tróficos donde la fuente principal de agua es de lluvia (Acero-Rodríguez y León, 2016).

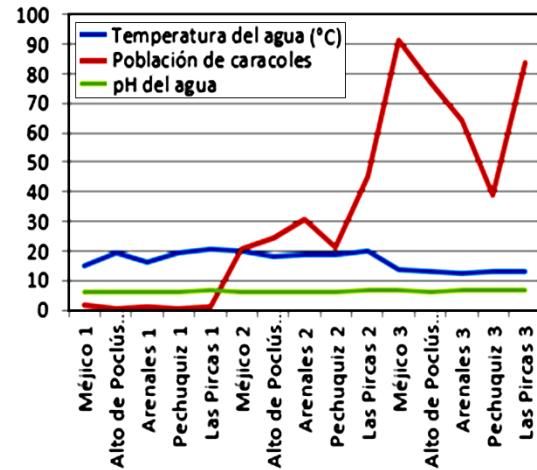


Figura 3. Relación entre la concentración de calcio y nitrato presente en el agua con la densidad poblacional de caracoles *Lymnaea* spp.

Los valores de nitratos son mayores a encontrados por Corredor et al. (2016) quienes reportan 0,03 a 0,09 mg L<sup>-1</sup>. Sin embargo, se pueden considerar como valores medianos. Corredor et al. (2016) citan que los valores bajos de nitratos en agua se deben a una buena oxigenación de esta, hecho que probablemente no ocurra. A ello puede sumarse la actividad nitrificante y desnitrificante de los microorganismos presentes en el agua (Corredor et al. 2016), entre ellas las microalgas, hay que recordar que en la fase de oxidación el nitrato representa la fase más alta en el ciclo del nitrógeno y alcanza normalmente, concentraciones importantes en las etapas finales de la oxidación biológica. En la Tabla 2 se muestra la densidad poblacional de los caracoles *Lymnaea* spp. según el bofedal evaluado. Se muestra que los bofedales de Méjico y Las Pircas presentaron la mayor densidad poblacional con una regularidad según la estación del año.

Tabla 2

Densidad poblacional promedio de caracoles *Lymnaea* spp. por m<sup>2</sup> en los lugares de muestreo

Lugar de Muestreo	Setiembre	Diciembre	Marzo
Méjico	1,67	20,67	91,33
Alto Poclús	0,67	24,67	76,67
Arenales	1	30,67	64
Pechuquiz	0,33	21,33	39
Las Pircas	1	45,33	84

Cabe destacar que se ha establecido que la densidad poblacional no es igual según el hábitat y la distancia de muestreo teniendo como base la orilla del cuerpo de agua (Utzinger y Tanner, 2000);

concordando con los hallazgos establecidos en el campo, aunque con diferencias en las cantidades, probablemente afectado por la complejidad del sustrato de los bofedales evaluados, que puede afectar la ubicación de los caracoles.

En la Tabla 3 se muestra la riqueza de fitoplancton encontrado, correspondiente a 83 especies distribuidas en 57 géneros y 5 Phylum: Bacillariophyta, Charophyta, Chlorophyta, Cyanobacteria y Euglenophyta. Se ha postulado que una disminución en el crecimiento algal y la falta de plantas acuáticas podría explicar una baja población de caracoles (Prepelitchi et al., 2011). Considerando que no se encontró un efecto significativo en la densidad poblacional de caracoles asociada a las especies de microalgas encontradas y a su número, es probable que sean las plantas hidrófitas las que influyan más en el sostenimiento de las poblaciones de caracoles. La mayor prevalencia de *Navicula sp.* (86,67%) de los lugares estudiados, seguido de *Ulnaria ulna* en 9 lugares (60%) y *Gomphonema sp.* en 8 lugares (53,33 %), parecen no influir en la dinámica poblacional de los *Lymnaea spp.* En el caso de las algas verdes prevaleció *Closterium sp.* hallándose en 11 de los lugares evaluados, lo que representa el 73,33 %. Según Escobar et al. (2013) esta es una

especie cosmopolita en aguas dulces y habita en aguas ácidas lo que está en correspondencia con los valores registrados de pH del agua. En cyanobacterias prevalecieron *Anabaena sp* en 6 lugares (40%) y *Phormidium sp.*, en 8 lugares (53,33 %). En Euglenophytas prevaleció *Trachelomonas hispida* (46,66%) seguido de *Euglena sp.* (26,67%). La Figura 4 detalla la asociación entre la cantidad total de fitoplancton y la densidad poblacional de los caracoles *Lymnaea spp.*, encontrándose una ligera tendencia positiva entre estas variables.

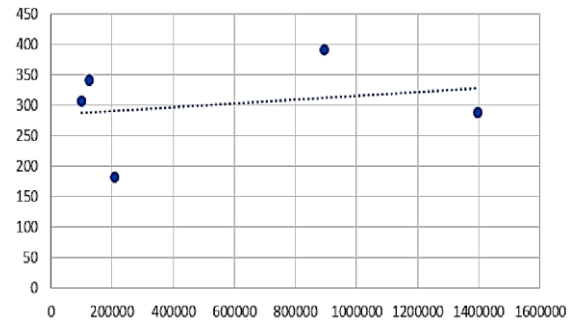


Figura 4. Asociación entre la cantidad de fitoplancton y la densidad poblacional de los caracoles *Lymnaea spp.*

Tabla 3

Fitoplancton de los humedales altoandinos y su relación con la presencia de *Lymnaea spp.* Frías, Piura, Perú

	Méjico			Alto de Poclús			Arenales			Pechuquíz			Las Pirкас		
	E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3
<b>Bacillariophyta</b>	7	8	10	2	5	3	9	9	10	11	10	13	5	5	3
<i>Achnantheidium minutissimum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-
<i>Amphora sp.</i>	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cocconeis placentula</i>	X	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-
<i>Craticula sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-
<i>Cymatopleura solea</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-
<i>Cymbella sp.</i>	-	X	X	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	-	X
<i>Denticula sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-
<i>Encyonema sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-
<i>Epithemia sorex</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-
<i>Epithemia sp.</i>	-	-	-	-	-	-	X	X	X	-	-	X	-	X	-
<i>Fragilaria sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-
<i>Frustulia sp.</i>	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-
<i>Gomphonema acuminatum</i>	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gomphonema cf. gracile</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-
<i>Gomphonema sp.</i>	-	X	-	X	X	-	X	-	X	X	-	-	-	X	X
<i>Gomphonema subclavatum</i>	-	-	-	-	-	-	X	X	-	X	-	-	-	-	-
<i>Gomphonema truncatum</i>	X	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-
<i>Cyrosigma sp.</i>	-	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-
<i>Hantzschia amphioxys</i>	-	-	-	-	-	X	-	-	-	X	X	-	X	-	-
<i>Luticola sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-
<i>Melosira varians</i>	X	X	X	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	X	-
<i>Navicula sp.</i>	X	X	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Nitzschia cf. Elongata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-
<i>Nitzschia sp.</i>	-	-	X	-	X	-	-	X	X	-	X	X	-	-	-
<i>Pinnularia sp.</i>	-	-	-	X	X	X	X	-	X	-	X	X	-	-	-
<i>Pinnularia viridis</i>	X	X	X	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	-	-
<i>Rhopalodia gibba</i>	-	-	X	-	X	-	X	-	X	X	-	X	-	X	-
<i>Surirella sp.</i>	X	X	X	-	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-	-
<i>Ulnaria ulna</i>	X	X	X	-	-	-	X	X	-	X	X	X	-	X	-
<b>Charophyta y Chlorophyta</b>	5	5	1	3	3	17	1	3	12	4	4	3	19	3	3
<i>Ankistrodesmus falcatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-
<i>Closterium kuetzingii</i>	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Closterium lunula</i>	X	-	-	-	-	X	-	-	X	X	-	-	-	-	-
<i>Closterium sp.</i>	X	-	X	-	-	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Coelastrum sp.</i>	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cosmarium sp.</i>	-	X	-	-	-	X	-	-	X	-	-	X	X	-	-
<i>Cosmarium sp.1</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-
<i>Cosmarium spp. 2</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-

<i>Crucigenia</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-
<i>Desmidium</i> cf. <i>aptogonum</i>	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-
<i>Desmidium</i> sp.	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Desmodesmus brasiliensis</i>	-	-	-	-	X	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-
<i>Desmodesmus quadricauda</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-
<i>Desmodesmus</i> sp.	-	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-
<i>Eudorina</i> sp.	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	X	X	-
<i>Gloeocystis</i> sp.	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Micrasterias laticeps</i> var. <i>laticeps</i>	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Oedogonium</i> sp.	-	-	-	X	X	X	X	-	-	-	X	-	X	-	-
<i>Oocystis</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	-	X	-	-
<i>Pandorina</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X
<i>Pediastrum boryanum</i>	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Penium</i> sp.	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleurotaenium</i> cf. <i>ehrenbergii</i>	-	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleurotaenium</i> cf. <i>trabecula</i>	-	X	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-
<i>Pseudopediastrum boryanum</i>	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	X	-	-
<i>Scenedesmus</i> cf. <i>ecornis</i>	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-
<i>Scenedesmus</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-	-
<i>Sorastrum</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-
<i>Spirogyra</i> sp.	-	X	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-
<i>Staurastrum</i> cf. <i>margaritaceum</i>	-	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-	-	X	-	-
<i>Staurastrum</i> sp.	-	X	-	X	-	X	-	X	X	-	-	-	-	-	-
<i>Staurastrum</i> sp.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-
<i>Stauridium tetras</i>	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-
<i>Staurodesmus</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-
<i>Tetradesmus lagerheimii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-
<i>Tetradesmus obliquus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-
<i>Tetradesmus dimorphus</i>	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Zygnema</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X
Cyanobacteria	1	1	1	0	0	1	1	3	3	2	2	3	2	1	2
<i>Anabaena</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	-	X	-	X
<i>Anabaena</i> sp.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X
<i>Aphanocapsa</i> sp.	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nostoc</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-
<i>Oscillatoria princeps</i>	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Oscillatoria</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-	-
<i>Phormidium</i> sp.	-	X	X	-	-	-	X	X	X	X	X	X	-	-	-
<i>Pseudanabaena</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-
Euglenophyta	1	0	1	1	4	2	1	0	5	0	3	1	0	2	0
<i>Euglena</i> sp.	-	-	-	-	X	-	-	-	X	-	X	-	-	X	-
<i>Euglena spirogyra</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-
<i>Lepocinclis</i> sp.	-	-	-	-	X	-	-	-	X	-	X	-	-	-	-
<i>Phacus</i> cf. <i>helikoides</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-
<i>Phacus</i> sp.	-	-	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Trachelomonas armata</i>	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Trachelomonas hispida</i>	X	-	X	-	X	-	X	-	-	-	X	X	-	X	-
<i>Trachelomonas</i> sp.	-	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-
TOTAL DE ESPECIES	14	14	13	6	12	23	12	15	30	17	19	20	26	11	8

## CONCLUSIONES

Los cinco bofedales altoandinos de Frías, presentan una riqueza de Fitoplancton, representada en 83 especies, distribuidas en 57 géneros y 5 divisiones: Cyano-bacteria, Euglenophyta, Bacillariophyta, Charophyta y Chlorophyta, siendo la más representativa por su número de especies las Bacillariophyta.

Existe una asociación positiva entre la temperatura y el contenido de calcio del agua sobre la densidad poblacional de los caracoles *Lymnaea* spp. y una pobre relación con el contenido de nitratos y el fitoplancton.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acero-Rodríguez, M.; León, Y. 2016. Caracterización de una turbera de *Sphagnum L.* asociada al bosque Montano en Mérida, Venezuela. Acta Botanica Venezuelica 39(2): 204-230.
- Almomani, F.; Al Ketife, A.; Judd, S.; Shurair, M.; Bhosale, R.; Znad, H.; Tawalbeh, M. 2019. Impact of CO<sub>2</sub> concentration and ambient conditions on microalgal growth and nutrient removal from wastewater by a photobioreactor. Science of The Total Environment 662: 662-671.
- APHA (American Public Health Association). 2012. Standard Methods for the examination of water and Wasterwater. 22nd. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation.

- Benavides, J.; Vitt, D.; Wieder, R. 2013. The influence of climate change on recent peat accumulation patterns of *Distichia muscoides* cushion bogs in the high-elevation tropical Andes of Colombia. *Journal of geophysical research: biogeosciences* 118: 1627-1635.
- Brack, A. 1986. Ecología de un país complejo. En *Gran Geografía del Perú*. Vol. II. Edit. ManferJuan Mejía Baca. Barcelona-España.
- Cambra, P. 2002. ¿Réquiem para los manglares? *Rev. Ambiente ecológico* N.º 57. Panamá.
- Choy, A.; Anaya, M. 2018. Hidroquímica y su variabilidad espacio temporal en un bofedal altoandino de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochabamba, Perú. *IDESIA (Chile)* 36(4): 87-97.
- Christmas, K.; Bassingthwaite, J. 2017. Equations for O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> solubilities in saline and plasma: combining temperature and density dependences. *Journal of applied physiology* 122(5): 1313-1320.
- Corredor, L.; Galarza, G.; Hernandez, E.; Macariz, A.; Tamayo, P.; Vallejo, L. 2016. Análisis físico y químico en cuatro ecosistemas acuáticos en el valle del Cauca, Colombia. *Monografía*. Bogotá, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.
- Escobar, M.; Terneus, E.; Yáñez, P. 2013. El plancton como bioindicador de la calidad del agua en zonas agrícolas andinas: análisis de caso. *Qualitas* 5(1):17-37.
- Farahnak, A.; Vafaie-Darian R.; Mobedi, I. 2006. Faunistic Survey of Cercariae from Fresh Water Snails: *Melanopsis* spp. and their Role in Disease Transmission. *Iranian J Publ Health* 35(4): 70-74.
- Ginocchio, L.; Acero, R. 2012. Nueva Ley Forestal y de Fauna Silvestre: Por un aprovechamiento sostenible, equitativo y competitivo de los bosques en el Perú. *Dirección General Forestal y de Fauna Silvestre, Ministerio de Agricultura*. 122 pp.
- Islam, Z.; Alam, M.; Akter, S.; Roy, B.; Mondal, M. 2012. Distribution Patterns of Vector Snails and Trematode Cercaria in their Vectors in Some Selected Areas of Mymensingh. *J. Environ. Sci. & Natural Resources* 5(2): 37- 46.
- Karimi, G.; Derakhshanfar, M.; Paykari, H. 2004. Population Density, Trematode Infection and Ecology of *Lymnaea* Snails in Shadegan, Iran. *Arch. Razi Ins* 58: 125-129.
- Liu, S.; Elvira, P.; Wang, Y.; Wang, W. 2019. Growth and Nutrient Utilization of Green Algae in Batch and Semicontinuous Autotrophic Cultivation Under High CO<sub>2</sub> Concentration. *Applied Biochemistry and Biotechnology* 188(3): 836-853.
- Mostacero, J.; Mejía, F.; Zelada, W.; Medina, C. 2007. *Biogeografía del Perú*. Editorial Asamblea Nacional de Rectores. Trujillo - Perú.
- Pizarro, I. 2016. Diagnóstico de la Meseta Andina Central. Disponible en: <https://docplayer.es/86509953-Ing-isabel-del-pilar-pizarro-cornejo-consultora.html>
- Prepelitchi, L.; Pietrokovsky, S.; Kleiman, F.; Rubel, D.; Issia, L.; Moriena, R.; Racioppi, O.; Álvarez, J.; Wisnivesky-Colli, C. 2011. Population Structure and Dynamics of *Lymnaea columella* (Say, 1817) (Gas-tropoda: Lymnaeidae) in Wetlands of Northeastern Argentina. *Zoological Studies* 50(2): 164-176.
- RAMSAR. 2009. Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971), 4a. edición. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland (Suiza).
- Remigio, J. 2010. Servicio de consultoría para ejecutar el estudio de capacidad de uso mayor de la tierra en el departamento de Piura. *Estudio CUM Región Piura. Tercer Informe (FINAL)*. Piura. Perú. 151 pp.
- Salazar-Torres, G.; Vera, L. 2012. Microalgae community of the Huaytire wetland, an Andean high-altitude wetland in Peru. *Acta Limnol. Bras* 24(3): 285-292.
- Salvador, F.; Moneris, J.; Rochefort, L. 2014. Peatlands of the Peruvian Puna ecoregion: types, characteristics and disturbance. *Mires and Peat* 15(3): 1-17.
- Scott, S.; Dorador, C.; Oyanedel, J.; Tobar, I.; Hengst, M.; Maya, G.; Harrod, Ch.; Vila, I. 2015. Microbial diversity and trophic components of two high altitude wetlands of the Chilean Altiplano. *Gayana* 79(1): 45-56.
- SENAMHI - Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. 2016. Caracterización y Escenarios Climáticos para la Región Piura. Integración metodológica de la investigación para incorporar la variable de cambio climático en los procesos de planificación de las regiones de Piura y Tumbes en el marco del TACC. PNUD. Perú.
- Sharma, R.; Singh, S. 2018. Water quality and phytoplankton diversity of high-altitude wetland, Dodi Tal of Garhwal Himalaya, India. *Biodiversity International Journal* 2(6): 4894-493.
- Sorensen, R.; Minchella, D. 1998. Parasite influences on host life history: *Echinostoma revolutum* parasitism of *Lymnaea elodes* snails. *Oecologia* 115: 188-95.
- Sulca, L.; Franco, P.; Oyague, E. 2019. Caracterización trófica de dos bofedales de la provincia de Candarave, Región Tacna. *Ciencia & Desarrollo* 21(2): 37-49.
- Tabilo, V. 1999. El beneficio de los humedales en América Central: El potencial de los humedales para el desarrollo. 2da edición. Editorial Universidad Nacional Heredia. San José, Costa Rica.
- Utzinger, J.; Tanner, M. 2000. Microhabitat Preferences of *Biomphalaria pfeifferi* and *Lymnaea natalensis* in a Natural and a Man-made Habitat in Southeastern Tanzania. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 95(3): 287-294.