

# DIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS EN ZONAS LITORALES DEL LAGO TITICACA, JULIO 2019

## DIVERSITY OF BENTHIC MACROINVERTEBRATES IN LITTORAL AREAS OF LAKE TITICACA (JULY 2019)

Luey Adilen Fernández Paz<sup>1</sup>

### RESUMEN

FERNÁNDEZ, L. (2022). *Diversidad de macroinvertebrados bentónicos en zonas litorales del lago Titicaca, julio 2019*. *Inf Inst Mar Perú*. 49(4): 577-586.- Se estudió la comunidad de macroinvertebrados bentónicos (MiB) de las zonas litorales del lago Titicaca. La colecta de MiB fue por medio de la draga tipo van-Veen en 22 estaciones de muestreo y en cinco estaciones de muestreo exploratorio del 11 al 24 julio 2019. Se evaluó 71 muestras, se identificó 8.752 MiB correspondientes a 11 clases, 11 órdenes, 12 familias y entre género/morfotipo se identificaron 31 taxones. Las familias Hyalellidae, Hydrobiidae, Planorbidae y Ancyliidae fueron las más abundantes en las estaciones trabajadas. Además, se reporta presencia de las especies: *Hyalella armata*, *H. lucifugax*, *H. longipes*, *H. echina*, *H. gauthieri* de la familia Hyalellidae. Finalmente, se relacionó la abundancia de MiB con las variables fisicoquímicas de las estaciones de muestreo determinando los parámetros y taxones que diferencian al lago Mayor del lago Menor del Titicaca.

PALABRAS CLAVE: macroinvertebrados, litoral, morfotipo, lago Titicaca

### ABSTRACT

FERNÁNDEZ, L. (2022). *Diversity of benthic macroinvertebrates in littoral areas of Lake Titicaca (July 2019)*. *Inf Inst Mar Perú*. 49(4): 577-586.- From 11 to 24 July 2019, we studied the benthic macroinvertebrate (BMI) community of the littoral zones of Lake Titicaca; therefore, BMIs were collected using a van-Veen dredge at 22 sampling stations and five exploratory sampling stations. A total of 71 samples were evaluated and 8,752 BMIs were identified corresponding to 11 classes, 11 orders, and 12 families, while 31 taxa were identified between genus/morphotype. The families Hyalellidae, Hydrobiidae, Planorbidae, and Ancyliidae were the most abundant in the sampled stations. The following species were also reported: *Hyalella armata*, *H. lucifugax*, *H. longipes*, *H. echina*, and *H. gauthieri* of the family Hyalellidae. We finally related the abundance of BMI with the physicochemical variables of the sampling stations, determining the parameters and taxa that differentiate Titicaca's deep Lago Mayor main basin from its shallow Lago Menor sub-basin.

KEYWORDS: macroinvertebrates, littoral, morphotype, Lake Titicaca

## 1. INTRODUCCIÓN

Los macroinvertebrados bentónicos (MiB) son aquellos invertebrados que miden entre 2 mm y 30 cm, viven o están adheridos al bentos (sedimento) de los sistemas acuáticos (FIGUEROA, 1999), dentro de este grupo encontramos a los insectos, crustáceos, moluscos y oligoquetos, formando la mayor parte de la comunidad bentónica (O'SULLIVAN & REYNOLDS, 2008). Estos organismos también son importantes bioindicadores de contaminación debido a que cada grupo tiene diferente grado de tolerancia a diversos contaminantes lo que afecta su composición, abundancia y crecimiento, también participan en los procesos de la cadena alimenticia y en los ciclos de nutrientes (SOLIMINI *et al.*, 2006).

Los macroinvertebrados bentónicos del lago Titicaca representan un componente fundamental en la biología de este ecosistema, teniendo un papel importante a nivel de producción secundaria (alimento de la ictiofauna), como también en el flujo de energía (moluscos y anfípodos como

descomponedores) (CUEVAS, 2018; DEJOUX & ILLIS, 1991).

El estudio realizado por LOAYZA (2019) en base al contenido estomacal de la ictiofauna (*Orestias agassizii*, *O. luteus* y *O. mulleri*) en el lago Titicaca (Toke Pucuro), reportó que los macroinvertebrados bentónicos son de suma importancia en la dieta de estos; siendo los anfípodos (*Hyalella* spp.) su principal alimento seguido de los moluscos. Además, el estudio resalta la presencia de anfípodos espinosos como *Hyalella longipes* cerca de la comunidad de Toke Pucuro en el lago Mayor.

Por otro lado, en el Crucero de evaluación de biomasa de recursos pesqueros y condiciones limnológicas del Lago Titicaca, en julio-agosto 2015, una de las áreas de estudio fue la fauna de macroinvertebrados bentónicos, reportándose presencia de 14 taxones provenientes de 16 estaciones de muestreo a profundidad entre 2 y 13 metros, siendo el taxón más frecuente los anfípodos (Hyalellidae) (LANZA *et al.*, 2016).

<sup>1</sup> Autoridad Autónoma Binacional del Lago Titicaca

CUEVAS (2018) indicó que: «en el lago Titicaca se considera a los macroinvertebrados bentónicos escasamente estudiados y se necesita realizar estudios taxonómicos, ecológicos y biológicos sobre estos organismos, debiendo considerarse como prioritarios a los dos grupos predominantes: Moluscos y Anfibios». KROLL *et al.* (2012) mencionan que este lago cuenta con fauna endémica diversa con una historia biogeográfica y filogenética pobremente entendida tanto en invertebrados acuáticos como en plancton y especies ícticas, los cuales sufren una presión antropogénica causada por su contaminación, además de la presión selectiva que produce la pesca.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

### Área de estudio

El lago Titicaca es un cuerpo de agua compartido entre Perú y Bolivia, se encuentra localizado al norte de la cuenca endorreica del altiplano existente entre esos dos países (DEJOUX & ILLIS, 1991; ALLMENDINGER *et al.*, 1997; PAWLEY *et al.*, 2001; BAKER *et al.*, 2005; KROLL *et al.*, 2012).

El área de estudio corresponde al lago Mayor y Menor y fue recorrido a bordo de la embarcación BICPELT desde el 11 al 24 de julio 2019. Las estaciones donde se realizaron las colectas de macroinvertebrados bentónicos (MiB) se distribuyeron en las zonas litorales. En esta ocasión se debe destacar que es el primer trabajo cuantitativo realizado exclusivamente para el estudio de la fauna bentónica del Lago Titicaca, el que también incluye medición de parámetros fisicoquímicos. A diferencia de anteriores expediciones, como el 2015, cuando se realizó un estudio cualitativo y el 2016 se hizo un trabajo cuantitativo sin medición de parámetros fisicoquímicos y solo en el lago Menor.

### Estaciones de muestreo

Se efectuaron 22 estaciones de muestreo (Fig. 1 a, b) con un rango de profundidad de 4 a 22 metros para el lago Mayor, 1,5 a 10 metros para el lago Menor y 32 metros en la estación E125 cercana a la comunidad de Huatajata en el lago Menor (Tabla 1), obteniendo 65 muestras de MiB. Adicionalmente, se realizaron cinco colectas exploratorias de MiB en estaciones con mayor profundidad: tres en el lago Mayor y 2 en el lago Menor. En total se obtuvieron 71 muestras de MiB.

### Colecta de macroinvertebrados bentónicos (MiB)

En las estaciones de muestreo correspondientes a la zona litoral del lago Titicaca, se colectaron MiB

con una draga tipo van-Veen de área de 200 cm<sup>2</sup>. En cada estación se obtuvieron 3 submuestras. En el caso de las estaciones control, se realizó un muestreo con la misma metodología.

Cada muestra de draga fue lavada con abundante agua en una red tipo bolsa de abertura de malla de 1000 µm, las que fueron conservadas en frascos de 500 mL con alcohol al 96%; en caso de muestras muy voluminosas se las guardó en bolsas ziploc con alcohol al 96%. Fueron transportadas a la Unidad de Limnología perteneciente al IE-UMSA (Instituto de Ecología - Universidad Mayor de San Andrés) para su evaluación.

### Medición de parámetros fisicoquímicos

Para medir parámetros fisicoquímicos, se colectó muestras de agua en botella Niskin, se tomaron en cuenta los parámetros fisicoquímicos correspondientes a las estaciones donde se obtuvieron las muestras de MiB.

Para la toma de temperatura, potencial de Hidrógeno, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, salinidad, concentraciones de Amonio y Amoniaco, se utilizó el equipo multiparamétrico YSI y el *Thermo Scientific Star Orion A329* (UOB).

Con el Medidor polarográfico Mettler Toledo se registró oxígeno disuelto en mg/L y en %.

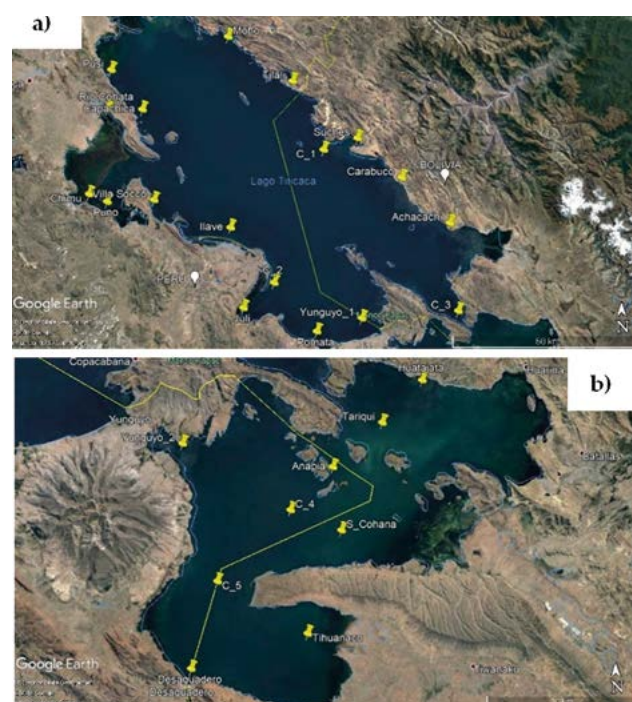


Figura 1.- Ubicación de estaciones de muestreo de MiB en a) lago Mayor y b) lago Menor, Lago Titicaca

Tabla 1.- Estaciones de muestreo de MiB en el Lago Titicaca, julio 2019

Estación	Lugar	Código	Latitud	Longitud	Prof. (m)	Submuestras
E1	Chimu	Chim	15°51,129 'S	69°57,645 'O	10,60	3
E3	Bahía Puno	Puno	15°52,460 'S	69°54,470 'O	41,00	3
E17	Rio Cohata	Rcoh	15°36,327 'S	69°54,299 'O	6,00	3
E25	Pusi	Pusi	15°29,448 'S	69°53,597 'O	5,35	3
E39	Moho	Moho	15°20,539 'S	69°31,739 'O	14,00	3
E22	Capachica	Capa	15°36,398 'S	69°48,133 'O	29,00	3
E53	Villa Socca	ViSo	15°52,217 'S	69°46,161 'O	13,00	3
E48	Tilali	Tila	15°31,596 'S	69°21,611 'O	7,30	3
E72	Suches	Such	15°41,584 'S	69°10,246 'O	22,00	3
E58	Ilave	Ilav	15°57,080 'S	69°32,692 'O	8,00	3
E83	Juli	Juli	16°11,095 'S	69°30,479 'O	20,00	3
E113	Yunguyo 1	Yung 1	16°13,786 'S	69°06,811 'O	11,00	3
E94	Pomata	Poma	16°15,267 'S	69°17,503 'O	20,00	3
E76	Carabuco	Cara	15°48,460 'S	69°02,482 'O	13,00	3
E103	Achacachi	Acha	15°56,388 'S	68°54,000 'O	6,00	3
E125	Huatajata	Huat	16°12,793 'S	68°43,950 'O	32,00	3
E124	Tariqui	Tari	16°15,784 'S	68°47,051 'O	4,00	3
E132	Anapia	Anap	16°18,898 'S	68°50,873 'O	10,00	3
E135	Yunguyo 2	Yung 2	16°16,813 'S	69°02,062 'O	0,50	3
E138	Cohana	Scoh	16°23,528 'S	68°50,392 'O	1,70	3
E144	Tihuanacu	Tihu	16°30,964 'S	68°53,195 'O	4,00	3
E150	Desaguadero	Desa	16°33,232 'S	69°02,028 'O	4,50	3

La transparencia de midió con el disco Secchi.

**Trabajo en laboratorio**

Las muestras de MiB, fueron organizadas y almacenadas en el laboratorio de la Unidad de Limnología del Instituto de Ecología. Usando tamices de 1 mm y 630 µm, se efectuó el lavado de cada una con abundante agua de grifo, cuya secuencia se puede observar en la figura 2.

La identificación taxonómica se realizó hasta nivel de género y en algunos casos se llegó a morfotipo, debido a la variación estructural que presentan los grupos de macroinvertebrados bentónicos. Para la identificación de los MiB se utilizaron claves dicotómicas (MERRITT & CUMMINS, 1996; DOMÍNGUEZ y FERNÁNDEZ, 2009), artículos científicos de GONZÁLEZ & COLEMAN, 2002; GONZÁLEZ & WATLING, 2003; KROLL *et al.*, 2012; DEJOUX y ILTIS, 1991. Las muestras ya evaluadas se conservan en frascos con alcohol al 70%.



Figura 2.- Secuencia de pasos seguidos para la evaluación de macroinvertebrados bentónicos en la Unidad de Limnología

## Análisis de datos

Para estudiar la fauna de macroinvertebrados bentónicos de las zonas litorales, se calculó por medio del programa estadístico *Paleontological Statistics* versión 2.17c (PAST) la diversidad Inverso de Simpson (Cinv), Dominancia y la Riqueza de MiB en cada estación de muestreo. Luego se realizó un análisis de similitud con el índice Sorensen-Dice en las 22 estaciones de muestreo.

Se analizaron las variables fisicoquímicas por medio del Análisis de Componentes Principales (ACP) para determinar variables que caractericen a las estaciones de muestreo. Seguido del multivariado Análisis de Correspondencia Canónico (ACC) para relacionar la abundancia de macroinvertebrados bentónicos con los parámetros fisicoquímicos.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Caracterización de la fauna bentónica

Se evaluó 8.752 (MiB) correspondientes a 11 clases, 11 órdenes, 12 familias y entre género/morfotipo se identificaron 31 taxones. En la Tabla 2 se observan los diferentes grupos taxonómicos identificados en las zonas litorales del Lago Titicaca.

La Clase Gastropoda (familias: Hydrobiidae, Planorbidae y Ancyliidae) y la Clase Malacostrata (familia: Hyalellidae) presentaron mayor abundancia relativa en comparación con los otros grupos de MiB identificados. En la figura 3 se muestra la abundancia relativa de 14 de 31 taxones que superan 100 individuos contados por estación de muestreo. Para esta gráfica se descartaron las estaciones Huatajata y Pomata debido a que presentan 2 y 5 individuos por sitio.

### Tabla taxonómica

En la Tabla 3 se muestra la lista taxonómica de los MiB identificados en las muestras del Lago Titicaca.

### Grupos de interés

DEJOUX y ILTIS (1991), describen a la fauna bentónica del lago con énfasis en el lago Menor. De la fauna citada, muchos de los taxones no fueron reportados nuevamente, es el caso de la familia Hyalellidae (Clase: Malacostrata) y la familia Hydrobiidae (Clase: Gastropoda), las que representan 36% y 44%, respectivamente, de la fauna colectada en el lago Titicaca.

## Familia Hyalellidae

Según los diferentes trabajos realizados por COLEMAN & GONZÁLEZ (2006), GONZÁLEZ & COLEMAN, (2002), GONZÁLEZ & WATLING (2003), entre otros, se describen 13 especies endémicas de la familia Hyalellidae para el Lago Titicaca. En el presente trabajo se reportan los siguientes Taxones (Tabla 3).

KROLL *et al.* (2012) estudiaron a las especies endémicas del Lago Titicaca compuestas por miembros del género *Heleobia*, en base a análisis moleculares concluyeron que existe una especiación intralacustre en el Titicaca.

En las Tablas 4 y 5 se presentan las fotografías de los ejemplares de las familias Hyalellidae, Hydrobiidae, Planorbidae y Ancyliidae.

### Colectas exploratorias de MiB

Aparte de las colectas de MiB en zonas litorales, se realizaron cinco colectas exploratorias en estaciones con mayor profundidad: tres en el lago Mayor y 2 en el lago Menor (Cn). En las estaciones del lago Mayor con profundidad de 73 y 80 metros se reportó presencia de Hirudinea (hiru), Hyalellidae (hm1c), Hydrobiidae (hycu) y Ancyliidae (ancy). Para la estación con profundidad de 38 metros en el lago Mayor se detectó presencia de Hirudinea (hiru), Chironomidae (chir), Hyalellidae (hm1c, hm3l, hlon), Bivalvia (biva), Hydrobiidae (hycu, hymi) y Dugesia (duge) (Tabla 6). En las dos estaciones de colecta exploratoria en el lago Menor, no hubo presencia de MiB.

### Comunidad de macroinvertebrados bentónicos

De las 22 estaciones litorales de colecta de MiB, las estaciones Huatajata y Pomata solo se reportaron 2 y 3 taxones, respectivamente, estas dos estaciones se excluyeron del análisis de diversidad, dominancia, equitatividad y riqueza.

En la figura 4 se observa que la diversidad de MiB es mayor en las estaciones Desaguadero y Tihuanacu en el lago Menor; Carabuco, Ilave, Villa Socco, Moho y Pusi en el lago Mayor. El sitio con mayor dominancia de MiB es Yunguyo 1 ubicado en el lago Mayor. En cuanto a la riqueza, el lago Mayor presenta estaciones con mayor riqueza de MiB las cuales son Achacachi (Acha), Ilave (Ilav), Moho y Pusi; en el lago Menor las estaciones con mayor riqueza de MiB son Yunguyo 2 y Anapia.

Tabla 2.- Macroinvertebrados bentónicos del Lago Titicaca

			
Clase: Arachnida Orden: Trombidiformes	Clase: Arachnida Orden: Sarcoptiformes	Clase: Hirudinea Orden: Rhynchobdellida	Clase: Insecta Orden: Díptera
			
Clase: Insecta Orden: Hemiptera	Clase: Insecta Orden: Tricoptera	Clase: Malacostraca Orden: Amphipoda	Clase: Ostrácoda
			
Clase: Oligochaeta	Clase: Hydrozoa Orden: Anthoathecatae	Clase: Bivalvia	Clase: Gastropoda Orden: Caenogastropoda
			
Clase: Gastropoda Orden: Basommatophora	Clase: Gastropoda Orden: Basommatophora	Clase: Nematoda	Clase: Rhabditophora Orden: Tricladida

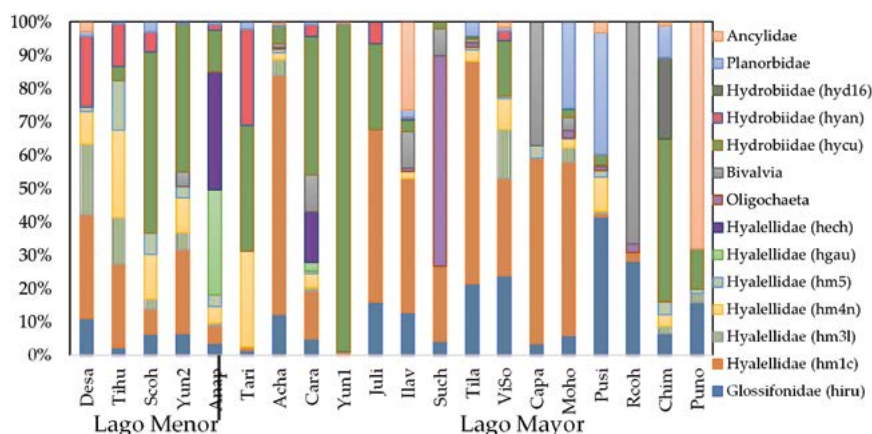


Figura 3.- Abundancia relativa de grupos de macroinvertebrados bentónicos en las estaciones litorales del Lago Titicaca

Tabla 3.- Tabla taxonómica de los macroinvertebrados bentónicos colectados en el Lago Titicaca. m: morfotipo

Phylum	Clase	Orden	Familia	Taxones	Código	
Arthropoda	Arachnida	Trombidiformes	Hydracarina		ara1	
		Sarcoptiformes	Hydrozetidae	Hydrozetes	ara2	
	Hirudinea	Rhynchobdellida	Glossifonidae		hiru	
	Insecta	Díptera		Chironomidae	Chironominae	chir
					Orthocladinae	orth
		Hemiptera		Corixidae		cori
		Tricoptera		Limnephilidae	Anomalocosmuecus	Limn
		Malacostrata	Amphipoda		Hyalellidae	<i>Hyalella/m1 cuprea</i>
	<i>Hyalella/m2 knickerbrockeri</i>					hm2k
	<i>Hyalella/m3 laminata</i>					hm3l
	<i>Hyalella/m4 neveulemaire</i>					hm4n
<i>Hyalella/m5</i>	hm5					
<i>Hyalella/m6</i>	hm6					
<i>Hyalella/m7 gauthieri</i>	hgau					
<i>Hyalella/m8 echina</i>	hech					
<i>Hyalella/m9 longipes</i>	hlon					
<i>Hyalella/m10 lucifugax</i>	hluc					
	<i>Hyalella/m11 armata</i>	harm				
	Ostrácoda			ostr		
Annelida	Oligochaeta			olig		
Cnidaria	Hydrozoa	Anthoathecatae	Hydridae	Hydra	hydr	
Mollusca	Bivalvia				biva	
		Gastropoda	Caenogastropoda	Hydrobiidae	<i>Heleobia/m12 a. culminea</i>	hycu
	<i>Heleobia/m13 a. andicola</i>				hyan	
	<i>Heleobia/m14 mirum</i>				hymi	
	<i>Heleobia/m15</i>				hyd15	
	<i>Heleobia/m16 heligmopoma</i>				hyd16	
		Basommatophora	Planorbidae		plan	
		Ancyliidae		ancy		
Nematoda	Nematoda			nema		
Platyhelminthes	Rhabditophora	Tricladida	Planariidae	<i>Dugesia</i>	duge	

Tabla 4.- Fotografías de la Familia Hyalellidae del Lago Titicaca

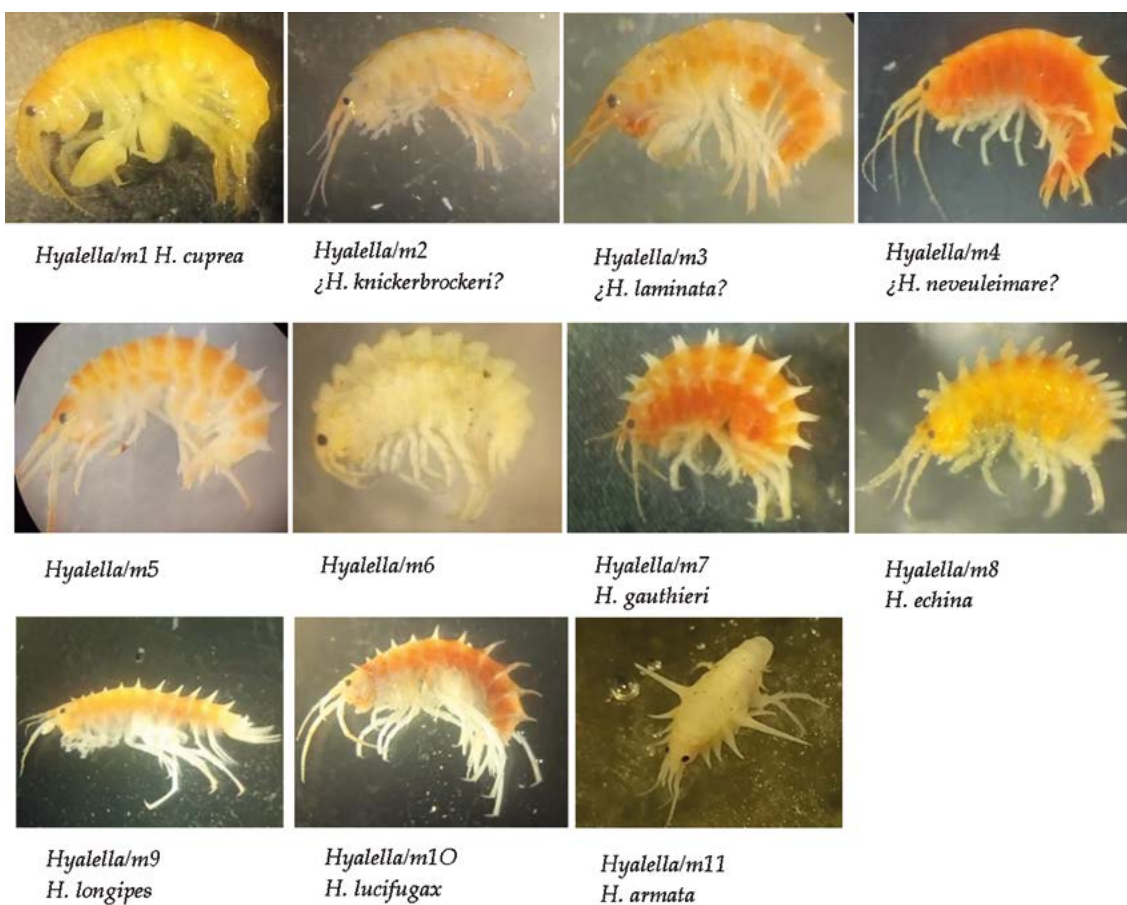


Tabla 5.- Fotografías de las familias Hydrobiidae, Planorbidae y Ancyliidae del Lago Titicaca



Tabla 6.- Lista de MiB identificados en las estaciones de colecta exploratoria en el lago Titicaca

Estación	Lugar	Prof (m)	Macroinvertebrados bentónicos										
			hiru	chir	hm1c	hm3l	hlon	biva	hycu	hymi	ancy	duge	
C_1	Entre E61-E65 (L. Mayor)	73	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
E82 C_2	Frente Juli (L. Mayor)	80	17	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
E122C_3	Est.Tiquina (L. Mayor)	38	7	139	67	1	14	15	5	80	0	0	9
E137 C_4	Cerca de Islas (L. Menor)	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E142 C_5	Taraco (L. Menor)	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Comparando los resultados del presente trabajo con el trabajo realizado en el lago Menor el 2016 (LANZA *et al.*, 2016), a nivel de riqueza de la fauna de MiB, se vio un incremento, pasando de 11 taxones en la estación Tiquina (expedición 2016) a 13 taxones en las estaciones isla Anapia y Yunguyo 2 (expedición 2019). En cuanto a los sitios de menor diversidad o ausencia de grupos de MiB, comparando con el trabajo del 2016, la estación Taraco presentó dos taxones de MiB y en el actual trabajo en la estación Taraco que fue tomada en cuenta como estación de colecta exploratoria, no se reportó presencia de MiB.

Cabe resaltar que en las estaciones de Ilave y Pusi se reportó presencia de Limenphilidae correspondiente al Orden Tricoptera, esta familia es considerada como uno de los taxones poco tolerante a los cambios en su hábitat. Lo cual indica que estas estaciones en un análisis de calidad ecológica de agua podrían representar sitios mejor conservados.

En el análisis de similitud se consideraron todas las estaciones de muestreo, ya que se utilizó el índice de similitud Sorensen-Dice, el cual considera presencia/ausencia de organismos y no así la abundancia. Con este análisis se formaron cuatro grupos de estaciones para el Lago Titicaca, como se ve en la figura 5, de los cuatro grupos formados se puede resaltar el grupo 1 que considera a los sitios con mayor riqueza de MiB y el grupo 4 que considera a los sitios donde se reporta menor riqueza de MiB.

**Variables fisicoquímicas**

El Análisis de Componentes Principales (ACP) en base a los parámetros fisicoquímicos presentó en sus dos primeros componentes más del 50% de explicación. En el ACP (Fig. 6), la variación del primer componente está explicada por el potencial hidrógeno (pH) y amoníaco (NH<sub>3</sub>) con el 32,7%. En el segundo componente, la variación está explicada por la temperatura (T °C) y sólidos disueltos totales (STD) con 27,7%. En la figura 7

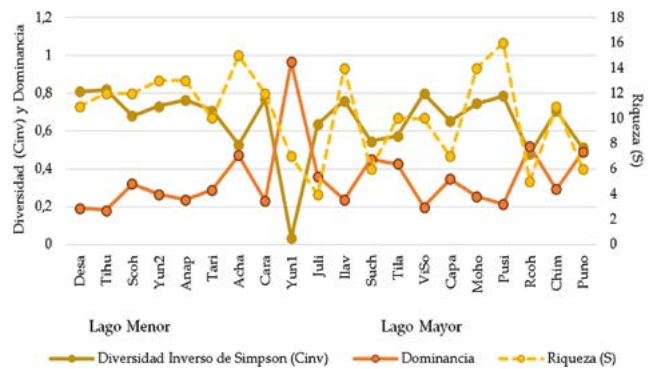


Figura 4.- Diversidad Inversa de Simpson (C<sub>inv</sub>), Dominancia y Riqueza (S) de los MiB del Lago Titicaca

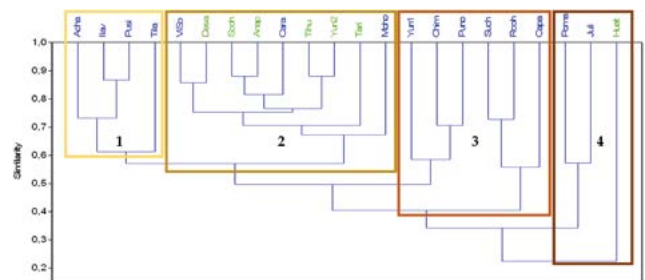


Figura 5.- Análisis de similitud con el índice Sorensen-Dice con los MiB del Lago Titicaca

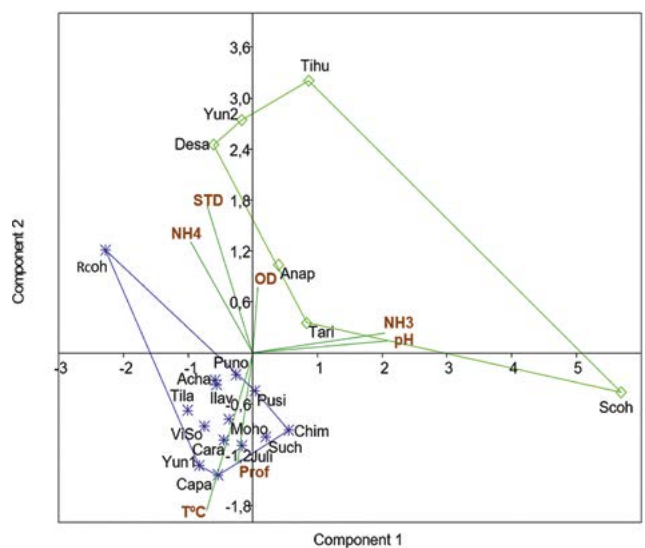


Figura 6.- Análisis de Componentes Principales. T °C: temperatura; NH<sub>4</sub>: amonio; Prof: profundidad; STD: sólidos disueltos totales; pH: potencial hidrógeno; NH<sub>3</sub>: amoníaco; OD: oxígeno disuelto. \*variables fisicoquímicas \*estaciones del lago Menor \*estaciones del lago Mayor



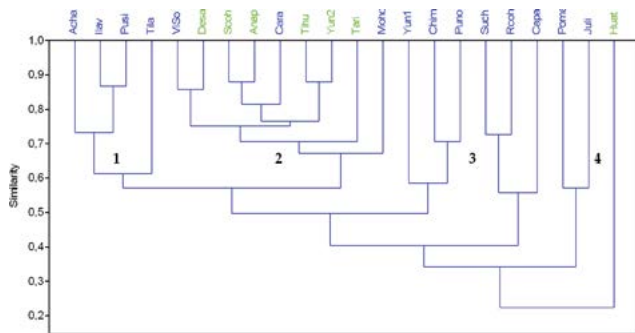


Figura 7.- Análisis de Correspondencia Canónico. T °C: temperatura; NH<sub>4</sub>: amonio; Prof: profundidad; STD: sólidos disueltos totales; pH: potencial hidrógeno; NH<sub>3</sub>: amoniaco; OD: oxígeno disuelto. \*variables fisicoquímicas \*comunidad de MiB \*estaciones del lago menor \*estaciones del lago mayor

se ve una clara separación entre el lago Menor representado en color verde y el lago Mayor representado en color azul. En este análisis se descartó a la estación Huatajata y Pomata por ser sitios con baja abundancia de MiB.

#### Relación entre variables fisicoquímicas y MiB

En base a los resultados de los análisis realizados se procedió con el Análisis de Correspondencia Canónico (ACC) (Fig. 7). En el ACC se consideró siete variables fisicoquímicas, 20 estaciones de muestreo (se descartó Huatajata y Pomata), y 17 taxones de MiB según el Índice de Valor de Importancia (IVI) (RICO-SANCHEZ *et al.*, 2014).

El primer eje del ACC explica 42,5% de las variables fisicoquímicas, este eje está bien correlacionado con el potencial hidrógeno (pH), amoníaco (NH<sub>3</sub>), sólidos totales disueltos (STD) y oxígeno disuelto (OD). El eje 2 explica el 24,5% de variación y está bien correlacionado con la temperatura (T °C). El ACC separa al lago Mayor del lago Menor (Fig. 7) caracterizando al lago Mayor con variables fisicoquímicas más altas como temperatura (T °C), profundidad, amonio y (NH<sub>4</sub>), en cambio el lago Menor está caracterizado por variables como potencial hidrógeno (pH), amoníaco (NH<sub>3</sub>), sólidos totales disueltos (STD) y oxígeno disuelto (OD).

Los grupos de MiB que caracterizan al lago Mayor son: Oligochaeta (olig), Bivalvia (biva), Ostracoda (ostr), Hydrobiidae mirum (hymi), Ancyliidae (ancy) y Dugesia (duge); y en el lago Menor son: Hyalellidae (hm2k, hech), Chironominae (chir) y Hydrobiidae (hyan).

#### 4. CONCLUSIONES

En el trabajo realizado con la fauna de macroinvertebrados bentónicos (MiB) correspondiente a la “Evaluación Binacional de la Biomasa Íctica y Condiciones Limnológicas en el Lago Titicaca”, las familias Hyalellidae, Hydrobiidae, Planorbidae y Ancyliidae fueron las más representativas de las zonas litorales del Lago Titicaca.

Las estaciones con mayor diversidad de MiB fueron Desaguadero y Tihuanacu en el lago Menor; Carabuco, Ilave, Villa Socco, Moho y Pusi en el lago Mayor; y las estaciones con menor diversidad de MiB fueron Yunguyo 1 y Pomata en el lago Mayor, y Huatajata en el lago Menor.

En las estaciones de Ilave y Pusi se reporta presencia de Limenphilidae (Orden: Tricoptera), taxón considerado como buen indicador de calidad de agua, lo cual muestra que estas estaciones podrían representar sitios de referencia para el lago Mayor.

Las estaciones de Moho en el lago Mayor e isla Anapia en el lago Menor son sitios donde se reporta presencia de especies de la familia Hyalellidae (*H. armata*, *H. lucifugax*, *H. longipes*, *H. echina*, *H. gauthieri*) registrados en baja frecuencia o no obtenidos en las últimas décadas desde el trabajo realizado por DEJOUX & ILTIS (1991). Además, se reportan morfotipos de Hyalellidae (m2, m3, m4, m5 y m6) que deben ser verificados taxonómicamente en futuros trabajos.

En cuanto a las estaciones de colecta exploratoria, se reporta mínima presencia de macroinvertebrados bentónicos en las estaciones con profundidad de 80 y 73 metros en el lago Mayor, y para las estaciones de colecta exploratoria en el lago Menor no se reporta presencia de MiB.

Las variables fisicoquímicas que mejor caracterizaron a las estaciones de estudio fueron temperatura, potencial hidrógeno (pH) y amoníaco (NH<sub>3</sub>).

Finalmente, se sugiere profundizar estudios en la familia Hyalellidae a mayor resolución taxonómica sobre todo a nivel de especie en base a análisis moleculares, pues las especies de esta familia son endémicas del Lago Titicaca y muy importantes en la dieta de la fauna íctica.

## 5. REFERENCIAS

- ALLMENDINGER, R. W., JORDAN, T. E., KAY, S. M., ISACKS, B. I. (1997). The evolution of the Altiplano-Puna plateau of the Central Andes. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*, 25, 139–174.
- BAKER, P. A., FRITZ, S. C., GARLAND, J., EKDAHL, E. (2005). Holocene hydrologic variation at Lake Titicaca, Bolivia/Peru, and its relationship to North Atlantic climate variation. *J. Quat. Sci.*, 20, 655–662.
- COLEMAN, C. O., GONZÁLEZ, E. R. (2006). New hyalellids (Crustacea: Amphipoda, Hyalellidae) from Lake Titicaca. *Org. Divers. Evol.*, 6, 218–219.
- CUEVAS ALAVE, A. B. (2018). Macroinvertebrados bentónicos como referentes de la calidad de aguas del Lago Titicaca en el centro de Investigación y tratamiento tecnológico Chucuito-Puno.
- DEJOUX, C., LITIS, A. (1991). El lago Titicaca, síntesis del conocimiento limnológico actual. *ORSTOM*, 584 pp.
- DOMÍNGUEZ, E., FERNÁNDEZ, H. R. (2009). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos.
- FIGUEROA, R. (1999). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos de calidad de agua. Río Damas, Osorno, X Región de los Lagos, Chile. Tesis para optar al Magister en Ciencias Mención en Zoología, 105 pp.
- GONZÁLEZ, E. R., COLEMAN, C. O. (2002). *Hyalella armata* (Crustacea, Amphipoda, Hyalellidae) and the description of a related new species from Lake Titicaca. *Organisms' diversity and evolution*, 2(3), 271-273.
- GONZÁLEZ, E. R., WATLING, L. (2003). Two new species of *Hyalella* from Lake Titicaca, and redescription of four others in the genus (Crustacea: Amphipoda). *Hydrobiologia*, 497(1-3), 181-204.
- KROLL, O., HERSHLER, R., ALBRECHT, C., TERRAZAS, E. M., APAZA, R., FUENTEALBA, C., WILKE, T. (2012). The endemic gastropod fauna of Lake Titicaca: correlation between molecular evolution and hydrographic history. *Ecology and Evolution*, 2(7), 1517-1530.
- LANZA AGUILAR, W. G., LOAYZA TORRICO, E. Z., FERNÁNDEZ PAZ, L. A., ALCOREZA ORTIZ, M. P., FLORES CHAMBI, A. J., FERNÁNDEZ, P., IBÁÑEZ LUNA, C., LA CRUZ APARCO, L., MORALES, S., LAZZARO, X. (2016). Expedición Científica Binacional de Evaluación de las Características Limnológicas y Ecológicas del Lago Menor del Titicaca. Informe Técnico de los equipos boliviano (IE/UMSA), peruano (IMARPE, PELT) y francés (IRD/BOREA) detallando el Plan de Trabajo de la Expedición. Programa ECERP – Evaluación Científica de Recursos Pesqueros, 02-15 de agosto de 2016, 30 pp.
- LOAYZA, E. (2019). Seasonal and depth variations in diet composition and dietary overlap between three native killifish of an emblematic tropic-mountain lake: Lake Titicaca (Bolivia). *BioRxiv*, 635821.
- MERRITT, R., CUMMINS, K. (1996). An introduction to the aquatic insects of North America. Third Edition. Kendall/Hunt. Iowa, United States.
- O'SULLIVAN, P., REYNOLDS, C. S. (2008). The lakes handbook: limnology and limnetic ecology. John Wiley & Sons.
- PAWLEY, A., FRITZ, S. C., BAKER, P. A., SELTZER, G. O., DUNBAR, R. (2001). The biological, chemical, and physical limnology of Lake Titicaca, Bolivia/Peru. Pp. 195–215 in M. Munawar and R. Hecky, Eds. *The Great Lakes of the World; food web, health and integrity*. Ecovision world monograph series. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands.
- RICO-SANCHEZ, A. E., RODRIGUEZ-ROMERO, A. J., LOPEZ-LOPEZ, E., SEDEÑO-DÍAZ, J. E. (2014). Patrones de variación espacial y temporal de los macroinvertebrados acuáticos en la laguna de Tecocomulco, Hidalgo (México). *Revista de Biología Tropical*, 62, 81-96.
- SOLIMINI, A. G., FREE, G., DONOHUE, I., IRVINE, K., PUSCH, M., ROSSARO, B., SANDIN, L., CARDOSO, A. C. (2006). Using benthic macroinvertebrates to assess ecological status of lakes current knowledge and way forward to support WFD Implementation. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.