

DIVERSIDAD DE ZOOPLANCTON EN EL LAGO TITICACA DURANTE LA EVALUACIÓN DE BIOMASA DE RECURSOS PESQUEROS, JULIO 2019

ZOOPLANKTON DIVERSITY IN LAKE TITICACA DURING THE BIOMASS ASSESSMENT OF FISHERY RESOURCES (JULY 2019)

Ana Julia Flores Chambi¹

RESUMEN

FLORES, A. (2022). *Diversidad de zooplancton en el lago Titicaca durante la evaluación de biomasa de recursos pesqueros, julio 2019*. Inf Inst Mar Perú. 49(4): 552-569.- En julio 2019 y durante la evaluación de biomasa de recursos pesqueros y limnología del Lago Titicaca se colectaron 116 muestras de zooplancton, los que se identificaron y cuantificaron a nivel de género. Se reporta diversidad y distribución del zooplancton, densidad y distribución de grupos tróficos y el efecto de variables abióticas. Se identificaron 15 géneros de rotíferos, 6 de cladóceros, 3 de copépodos. Los nauplii predominaron en el lago Titicaca, seguidos por rotíferos y cladóceros, los rotíferos fueron más variables en densidad. En el Lago Menor, la variabilidad es atribuida al aporte de nutrientes alóctonos y a su condición de lago somero, en el Lago Mayor la escasa variabilidad se atribuye al aporte de las poblaciones aledañas. Como estaciones más diversas se identifican a isla Taquiri, orilla del Pomata y de Guaqui, salida de los ríos Coata y Tilali, las menos diversas están en la Fosa de Chúa y el centro del transecto Copacabana-Ancoraimes. El grupo trófico más abundante y con más variabilidad fueron pequeños herbívoros del Lago Menor, los grandes herbívoros fueron más representativos en la salida del río Coata y en la parte sur oeste del Lago Menor, los carnívoros están presentes solo en algunas estaciones del Lago Mayor. Las variaciones en densidades de zooplancton a diferentes profundidades se dieron para copépodos entre las profundidades de 5, 10, 20-30 m respecto de la superficial de 0,5 m, y de las profundidades de 50-70 y >100 m. El viento pudo homogenizar la columna de agua, sobre todo en los primeros metros e impedir la estratificación del zooplancton. No se encontró relación importante entre variables fisicoquímicas, nutrientes y clorofila con el zooplancton ni con los grupos tróficos.

PALABRAS CLAVE: zooplancton, grupos tróficos, diversidad, lago Titicaca

ABSTRACT

FLORES, A. (2022). *Zooplankton diversity in Lake Titicaca during the biomass assessment of fishery resources (July 2019)*. Inf Inst Mar Perú. 49(4): 552-569.- We carried out a biomass assessment of fishery resources and limnology of Lake Titicaca in July 2019. During our study, a total of 116 zooplankton samples were collected, identified, and quantified to genus level; also, we reported the diversity and distribution of zooplankton, as well as such of the trophic groups and the effect of abiotic variables. In all, we identified 15 genera of rotifers, 6 cladocerans, and 3 copepods. Nauplii predominated in Lake Titicaca, followed by rotifers and cladocerans; rotifers were more variable in density. The variability in Lake Titicaca's shallow sub-basin is due to the contribution of allochthonous nutrients and its condition as a shallow lake; in its deep main basin, the scarce variability is associated with the contribution of neighboring populations. The most diverse stations are Taquiri Island, the shores of the Pomata and Guaqui rivers, and the outlet of the Coata and Tilali rivers, while the Chúa Trench and the center of the Copacabana-Ancoraimes transect are the least diverse stations. Small herbivores were the most abundant and most variable trophic group in the shallow Lago Menor sub-basin, large herbivores were more representative in the outlet of the Coata river and the southwestern part of Lago Menor, while carnivores were present only in some stations of the deep Lago Mayor main basin. Variations in zooplankton densities at different depths occurred for copepods between the depths of 5, 10, and 20-30 m compared to the shallow depth of 0.5 m, and the depths of 50-70 and >100 m. The water column may have been homogenized by the wind, especially in the first few meters, and prevented zooplankton stratification. No significant relationship was found between physicochemical variables, nutrients, and chlorophyll with zooplankton or trophic groups.

KEYWORDS: zooplankton, trophic groups, diversity, Lake Titicaca

1. INTRODUCCIÓN

El lago Titicaca es un cuerpo de agua compartido entre Perú y Bolivia, está ubicado al norte de la cuenca del altiplano existente entre los dos países (DEJOUX y IRTIS, 1991). El lago cuenta

con fauna endémica con historia biogeográfica y filogenética pobremente entendida (KROLL *et al.*, 2012). Además, se observa que se encuentran con presión antropogénica causada por la contaminación del cuerpo de agua y presión selectiva por pesca.

¹ Autoridad Autónoma Binacional del Lago Titicaca

El Lago Menor del Titicaca es la parte más frágil y vulnerable, al ser somero (profundidad promedio de 9 m) y debido a su altitud recibe altas dosis de radiación solar, que provoca pérdida de agua por evaporación siendo esta del 95%. Por su ubicación geográfica los efectos del cambio climático serán más intensos como se pronostica para las regiones tropicales de altura (ANDERSON *et al.*, 2017). El crecimiento demográfico también es un factor que impacta directamente en el Lago Menor ya que muchas de las actividades humanas se realizan en sus riberas. El Lago Mayor al ser más transparente y poseer mayor masa de agua es más resiliente a los impactos antropogénicos; sin embargo, también es impactado por las condiciones meteorológicas y la radiación solar. Este ecosistema es estudiado desde el 2006 por el Instituto del Mar del Perú (IMARPE) y el Proyecto Especial Lago Titicaca (PELT) que vienen realizando expediciones anuales y/o bianuales de caracterización de la biomasa íctica y de la calidad de sus aguas. Sin embargo, es desde el 2015 que se trabaja de una forma más cooperativa y de intercambio de información a nivel binacional. En tal sentido, mediante una invitación del Ministerio de Medio Ambiente y Agua y de la Autoridad Binacional del Lago Titicaca se participó en la "Evaluación Binacional de la Biomasa Íctica y Condiciones Limnológicas en el Lago Titicaca"

tomando parte activa en la colecta de muestras de zooplancton y su evaluación. Los resultados se reportan en el presente informe.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

El Lago Titicaca, tanto el lado peruano como el boliviano, se tomó como área de estudio. Se trabajaron 34 estaciones (Fig. 1). En cada punto, se colectaron las muestras a diferentes profundidades según la profundidad máxima. No se evaluaron las estaciones E28 y E48 porque las condiciones meteorológicas impidieron el acercamiento a la zona de colecta.

Se registraron datos fisicoquímicos *in situ* (pH, conductividad, oxígeno disuelto y temperatura); toma de muestras para fisicoquímicos *ex situ* (nitratos, fosfatos y clorofila), materia orgánica, fitoplancton, zooplancton y macroinvertebrados bentónicos. Se determinaron las profundidades de colecta de muestras de fitoplancton y zooplancton en función a los resultados de anteriores expediciones. Los primeros 10 metros se colectaron cada 5 metros (0,5; 5 y 10 m), luego cada 20 metros y cuando las profundidades fueron mayores a 100 metros se colectaron muestras cada 50 metros.

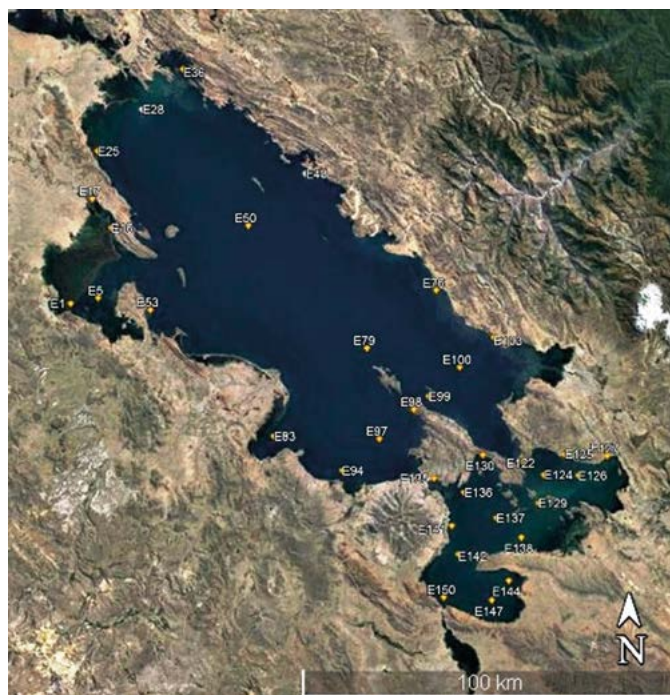


Figura 1.- Estaciones de colecta de muestras de zooplancton. Evaluación Binacional de la Biomasa Íctica y Condiciones Limnológicas en el Lago Titicaca, julio 2019

La colecta de zooplancton se realizó con una botella Niskin de 5 L de volumen (Fig. 2a) y consistió en sumergir la botella previamente articulada a una cuerda graduada y a un dispositivo de cierre llamado mensajero (Fig. 2b). La muestra fue concentrada y vertida en un frasco plástico con tapa doble, donde se añadió 3 mL de formol al 37%. Los frascos fueron etiquetados con datos de fecha, hora, estación y profundidad de colecta (Fig. 2c). Las muestras fueron ordenadas sistemáticamente y almacenadas en envases de plastoformo hasta su disposición final en laboratorio.

Para los datos fisicoquímicos, se colectaron muestras de agua con botella Niskin en las mismas profundidades de colecta de plancton y algunas otras profundidades. Los datos fisicoquímicos *in situ* (temperatura, pH, conductividad y oxígeno disuelto) fueron medidos con un equipo multiparamétrico directamente de la muestra obtenida con la botella. De ella se extrajeron 500 mL de agua para análisis de fosfatos, nitratos y clorofila, las que fueron analizadas en el laboratorio de IMARPE, Puno.

Evaluación en laboratorio

En el laboratorio de Limnología del Instituto de Ecología de la Universidad Mayor de San Andrés se identificó y cuantificó el zooplancton a nivel de género. Para ello se depositó el contenido de una muestra en un tamiz de 60 μm (Fig. 3a) y se enjuagó con agua destilada repetidas veces hasta eliminar el contenido de formol, de materia orgánica y sedimento. Luego, con ayuda de una pipeta Pasteur se colocaron alícuotas de 1 mL de muestra en una

cámara Sedgwick-Rafter (Fig. 3b), el contenido de la muestra fue analizado en un microscopio óptico compuesto (Olympus) con objetivos de 10x (Fig. 3c, d) y se registraron los organismos encontrados para cada género.

Los organismos que no fueron identificados se aislaron en cajas Petri (Fig. 3e) según grupo de pertenencia (rotíferos, cladóceros o copépodos). Para la determinación de rotíferos se depositaron uno a uno los individuos no identificados en portaobjetos individuales, se añadió 1 gota de una solución de hipoclorito de sodio al 5% con pipeta Pasteur para lograr observar las características internas del rotífero e identificarlo. Para desarrollar esta actividad se utilizaron las descripciones de RUTNER-KOLISKO (1974) y KOSTE (1978).

De manera similar a los rotíferos, se colocaron uno a uno los cladóceros y copépodos no identificados en portaobjetos separados. Luego se colocó una gota de glicerina y se realizó la disección con agujas entomológicas 000 bajo un estereoscopio WILD HEERBRUGG. En el caso de los cladóceros se separaron las valvas, el postabdomen, el rostro y las anténulas, en cambio para la identificación de copépodos se diseccionaron anténulas, patas nataatorias y quinto par de patas modificadas, segmento genital y furca. Una vez finalizada la disección, cada portaobjetos fue cubierto con cubreobjetos y se colocó aceite de inmersión para observar al microscopio óptico con aumentos de 50X y 100X las estructuras diseccionadas. Se utilizaron los trabajos de REY (1991) y PAGGI (1995) para cladóceros y, REID (1985) y BAYLY (1992) para copépodos. Todos los organismos identificados fueron registrados.

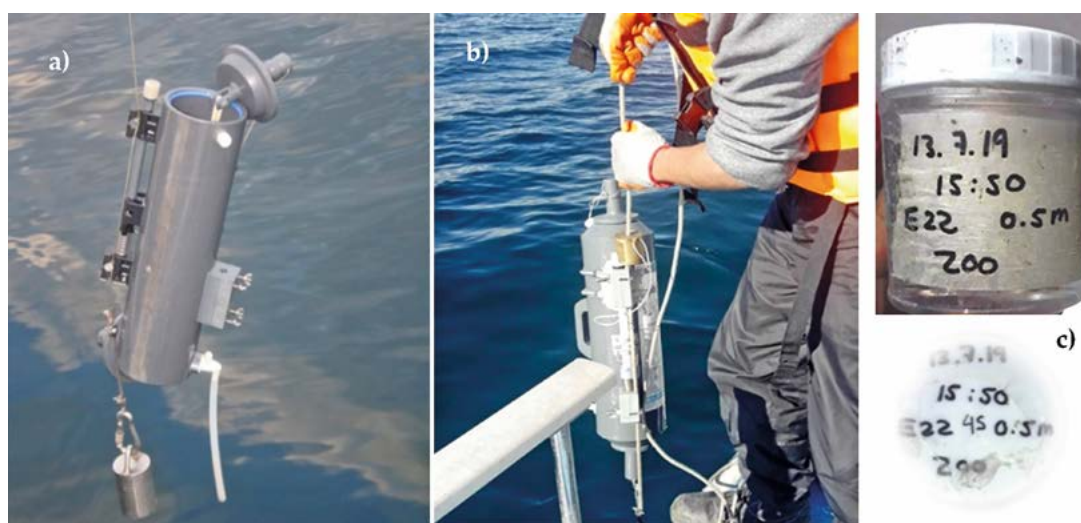


Figura 2.- Colecta de zooplancton en campo. a) botella Niskin, b) inmersión de botella articulada a una cuerda graduada y a un mensajero, c) etiquetado de muestras en frasco y tapa externa

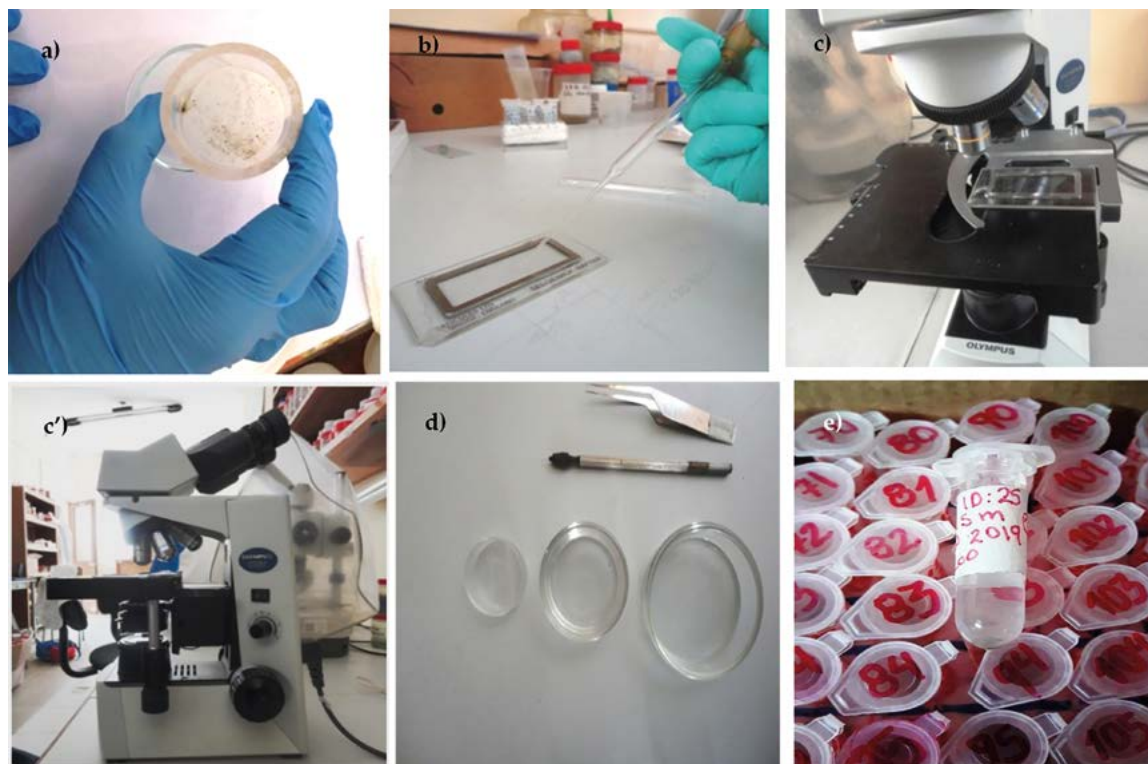


Figura 3.- Preparación de la muestra para evaluación. a) concentración de muestra en tamiz, b) disposición de una alícuota de muestra en la cámara Sedgwick-Rafter, c) disposición de la cámara Sedgwick-Rafter en la platina del microscopio óptico, c') microscopio óptico compuesto (Olympus), d) organismos aislados en placas Petri y e) muestras preservadas con alcohol al 75%

Análisis de datos

Se realizó una descripción para reportar la diversidad del zooplancton a través de figuras de tortas, barras, líneas en Microsoft Excel 2010 y BoxPlot en el programa PAST, estas figuras permitieron observar la distribución de las densidades de los grupos de zooplancton (Rotíferos, Cladóceros, Copépodos adultos total, juveniles y Nauplii) y de grupos tróficos (herbívoros pequeños, herbívoros grandes y carnívoros). Se reportaron medidas de tendencia central y de dispersión, como la desviación estándar, para las dos categorías de grupos del zooplancton.

Densidad y distribución del zooplancton fueron explicadas a través de figuras de barras compuestas en los que se muestran tanto las densidades como la ubicación de colecta.

Para valorar el efecto de las variables ambientales, se realizó una prueba de ANOVA de 1 vía para evaluar el efecto de la profundidad con el programa PAST. Para ello se categorizaron las profundidades en 6: 0,5 m, 5 m, 10 m, 20-30 m, 50-70 m y >100 m. Luego se probó su efecto en las densidades de los grupos de zooplancton: Rotíferos, Cladóceros y Copépodos, y en las densidades de los grupos tróficos Pequeños herbívoros, Grandes herbívoros y carní-

voros. Cuando fue necesario se utilizó pruebas no paramétricas.

Se hicieron análisis de regresión simple entre las variables fisicoquímicas (pH, conductividad, oxígeno disuelto, fosfatos, nitratos y clorofila) como variables independientes y como variables dependientes se consideró a los grupos del zooplancton (rotíferos, cladóceros y copépodos), al zooplancton a nivel de familias y como grupos tróficos. Estas pruebas se realizaron en Microsoft Excel 2010.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Distribución y abundancia

El zooplancton del Lago Titicaca estuvo constituido por rotíferos y microcrustáceos de las clases Branchiopoda (representados por cladóceros) y de la clase Maxillipoda de los órdenes Calanoida, Cyclopoida y Harpacticoida (Tabla 1).

Entre los rotíferos se registraron 15 géneros, uno de ellos con dos especies identificadas, *Keratella cho-clearis* y *K. quadrata*. Entre los artrópodos, 6 géneros de cladóceros, 3 géneros de copépodos, individuos juveniles de copépodos de tipo calanoide y ciclopoide así como larvas nauplii.

Tabla 1.- Diversidad de zooplancton registrado

FILO	CLASE	SUBCLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO			
Rotífera	Eurotatoria	Bdelloidea	Philodinida	Philodinidae	<i>Philodina</i>			
		Monogononta	Ploima	Asplanchnidae	<i>Asplanchna</i>			
				Brachionidae	<i>Brachionus</i>			
				Brachionidae	<i>K. quadrata</i>			
				Brachionidae	<i>K.choclearis</i>			
				Gastropodidae	<i>Ascomorpha</i>			
				Hexarthridae	<i>Hexarthra</i>			
				Lecanidae	<i>Lecane</i>			
				Lepadellidae	<i>Lepadella</i>			
				Lepadellidae	<i>Colurella</i>			
				Proalidae	<i>Proales c.f.</i>			
				Synchaetidae	<i>Polyarthra</i>			
				Synchaetidae	<i>Synchaeta</i>			
				Trichotriidae	<i>Trichotria</i>			
				Flosculariaceae	Filiniidae	<i>Filinia</i>		
	Testudinellidae	<i>Pompholyx</i>						
Arthropoda	Branchiopoda	Diplostraca	Anomopoda	Bosminidae	<i>Alona</i>			
				Chydoridae	<i>Bosmina</i>			
				(Cladocera)	Chydoridae	<i>Chidorus</i>		
				Chydoridae	<i>Pleuroxus</i>			
				Daphnidae	<i>Ceriodaphnia</i>			
				Daphnidae	<i>Daphnia</i>			
				Maxillopoda	Copepoda	Calanoida	Centropagidae	<i>Boeckella</i>
					Ciclopoida	Cyclopidae	<i>Metacyclops</i>	
					Harpacticoida	Canthocamptidae	<i>Attheyella</i>	
						Copepodito calanoide		
			Copepodito ciclopoide					
			Nauplii*					

*Los registros de nauplii incluyen a los dos tipos de copéodos

De manera general, se observó que la comunidad de copéodos en el Lago Mayor y en el Lago Menor es mayor a la de rotíferos y más aún a la de los cladóceros en términos de densidad relativa (Fig. 4) y por su presencia en casi la totalidad de las muestras colectadas (Fig. 6). Los rotíferos les siguen con densidad relativa de 23% y 37% en el Lago Mayor y Menor, respectivamente. Los cladóceros tienen densidades relativas menores a 10% en ambos sectores.

En el Lago Mayor, la sumatoria de densidades de rotíferos fue 650,1 rotíferos/L con media de 8,2±10,7; 164,7 cladóceros/L con media de 2,1 ±3,0 y 2.043 copéodos/L con media de 25,9±24,2. La categoría de Copéodos totales incluye a las categorías Copéodos adultos, juveniles y Nauplii, los valores de organismos totales colectados, media y desviación estándar se reportan en la Tabla 2, al igual que los valores máximos y mínimos colectados por muestra.

En el Lago Menor la sumatoria de densidades fue de 1.029,2 rotíferos/L con media de 27,8±47,9; 102,2 cladóceros/L con media de 2,8±3,6 y 1.612,6 copéodos/L con media de 43,6±33,3. De igual manera, en la Tabla 2 se reportan los valores para las categorías de Copéodos adultos, juveniles y Nauplii, al igual que los valores máximos y mínimos colectados por muestra.

La cantidad total de rotíferos capturados por litro y la máxima densidad reportada para rotíferos es mayor en el Lago Menor respecto del Mayor, en cambio la cantidad de cladóceros y copéodos totales o en subcategorías son mayores en el Lago Mayor (Tabla 2). La cantidad de copéodos adultos y juveniles son similares en ambas partes del Lago Titicaca, la diferencia se debe a los nauplii, que son superiores en densidad total en el Lago Mayor, así sus densidades indican que las fases de reproducción y la eclosión de los huevos de copéodos no presentan limitantes.

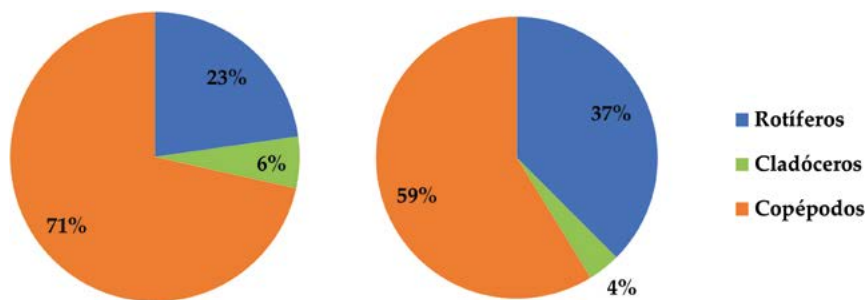


Figura 4.- Densidad relativa del zooplancton en las estaciones del Lago Mayor (izquierda) y del Lago Menor (derecha)

Tabla 2.- Media y desviación estándar

	Lago Mayor					Lago Menor				
	Total	Media	DS*	Max	Min	Total	Media	DS*	Max	Min
Rotíferos	650,1	8,2	±10,7	51,4	0,0	1.029,2	27,8	±47,9	203,8	0,0
Cladóceros	164,7	2,1	±3,0	15,4	0,0	102,2	2,8	±3,6	16,4	0,0
Copépodos totales	2.043,4	25,9	±24,2	105,6	0,0	1.612,6	43,6	±33,3	112,0	0,0
Copépodos adultos y juveniles solamente	825,2	10,4	±11,6	65,6	0,0	722,8	19,5	±20,1	83,0	0,0
Nauplii	1.218,2	15,4	±16,1	60,6	0,0	889,8	24,0	±22,1	82,4	0,0

*Desviación estándar muestral

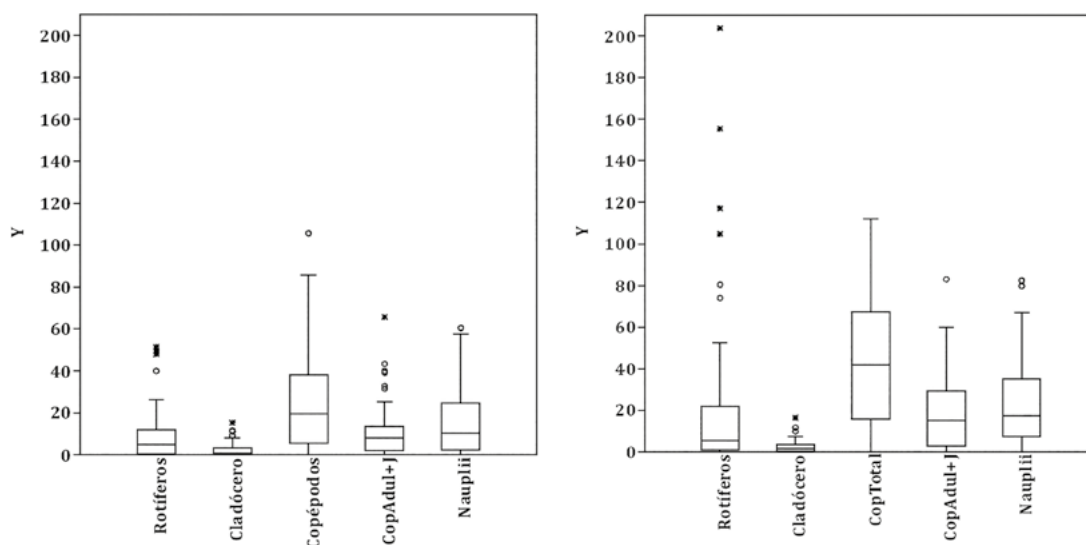


Figura 5.- Diagrama de boxplot de las densidades de los grupos del zooplancton en el Lago Mayor (izquierda) y Menor (derecha)

A pesar de que la media, en este caso, es una medida sesgada porque existen muestras con alta y baja densidad y otras con cero organismos reportados, se utilizó la desviación estándar para mostrar cuán variables son las densidades de los distintos grupos del zooplancton (Tabla 2, Fig. 5). Por ejemplo, los rotíferos alcanzan desviación estándar de $\pm 47,9$ en el Lago Menor (Tabla 2), este valor cobra sentido si se toma en cuenta las profundidades medias de 180 vs 9 metros del

Lago Mayor y del Lago Menor, respectivamente. Como consecuencia de esta diferencia de profundidades medias ocurre mayor heterogeneidad de ambientes en el Lago Menor que además favorece el crecimiento de macrofitas que benefician a los rotíferos y cladóceros principalmente. Seguidos en variación, están las categorías de Copépodos adultos, juveniles y la de los Nauplii del Lago Menor (Fig. 5b), que alcanzan desviaciones estándar de $\pm 20,1$ y $\pm 22,1$ respectivamente.

La alta variabilidad en las densidades reportadas para los rotíferos en el Lago Menor se debe a que estos organismos sobreabundan sólo en algunas colectas como en el E132 (10 m), en el cual se registraron 203,8 individuos/L (Tabla 2, Fig. 5b) y se colectó cerca a la isla Anapia (Figs. 1, 6); otra colecta importante fue en E124 (3,5) con 155,4 rotíferos/L tomada cerca a la isla Taquiri (Figs. 1, 6). En otras colectas en cambio se registraron densidades menores a 10 rotíferos por litro o ningún organismo como en las colectas E25 (Pusi), E36 (Vilquechico), E79 (isla del Sol), E97 (entre Pomata y Copacabana), E98 y E99 (ambos lados de la península de Copacabana), E100 (centro del transecto Copacabana y Ancoraimes), E103 (cerca Ancoraimes), E122 (Estrecho de Tiquina) y E125 (Fosa de Chúa), las cuales se encuentran en el Lago Mayor. Entonces una distribución más desigual se observa en el sector del Lago Menor (Fig. 6) podría deberse a la mayor diversidad de hábitats, alimento y nutrientes disponibles.

Los cladóceros mostraron los registros más altos (16 ind./L y 15 ind./L) en las colectas E130(10 m) y E50(5 m) (Fig. 6) tomadas cerca de Tinicachi y al centro del transecto entre Tilali y Villa Socca, respectivamente (Fig. 1). Una respuesta difícil de explicar ya que ambos lugares se encuentran distantes y tienen características morfométricas muy diferentes.

Los copépodos mostraron mayor densidad en el Lago Menor sólo en algunas colectas. Resulta útil dividir esta categoría en sus partes Copépodos adultos, juveniles y Nauplii como en la figura 7.

La anterior apreciación no hace referencia a los estadios de vida de los copépodos, este aspecto es importante dado que la distribución de estos estadios de vida no es equitativa en cada muestra. Si observamos la distribución de estos estadios (Fig. 7), se observa que los individuos en estadio larvario o nauplios están presentes en cantidades mayores que los copépodos adultos y subadultos

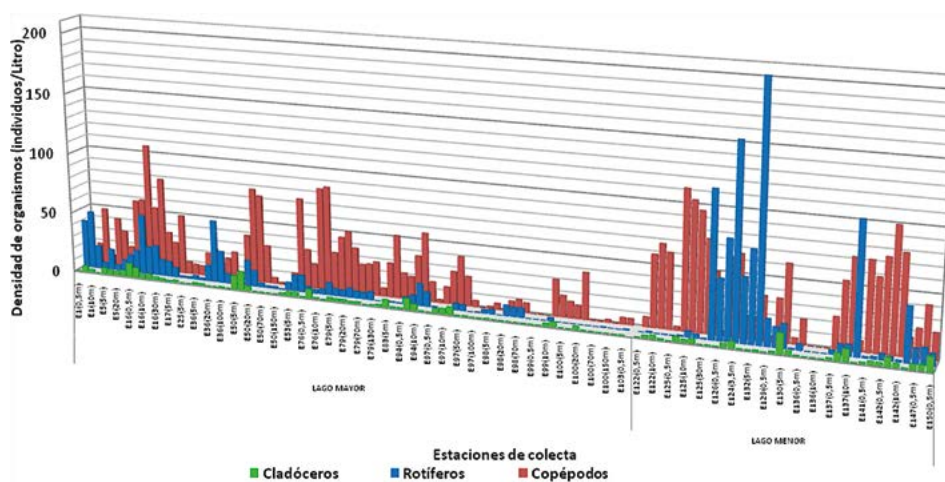


Figura 6.- Densidad de rotíferos, cladóceros y copépodos en las estaciones de colecta del Lago Mayor y del Lago Menor del Lago Titicaca

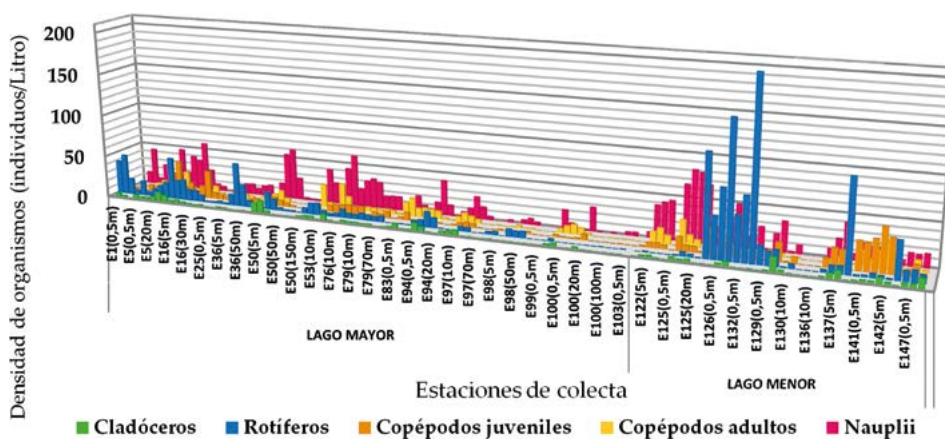


Figura 7.- Densidad de rotíferos, cladóceros, nauplios, copépodos juveniles y copépodos adultos en las estaciones de colecta del Lago Mayor y del Lago Menor del Lago Titicaca

o juveniles, entonces los nauplios son los que dan la representatividad mencionada a este grupo. Además, se observan estaciones con abundantes nauplios en el Lago Menor, nuevamente un reflejo de la heterogeneidad ambiental de este sector del Lago Titicaca.

La figura 7 también muestra que, entre copépodos adultos y juveniles, en el Lago Mayor son más representativos los copépodos adultos, en cambio a medida que las estaciones de colecta se acercan a zonas más someras del Lago Menor la representatividad es de copépodos juveniles. Esta observación, junto a la de los nauplii, podría significar que no existen condiciones para pasar al siguiente estadio de desarrollo en esta parte del Lago Titicaca. Entre los principales causantes estaría un probable cambio en la calidad de alimento, de algas unicelulares o pequeñas colonias filamentosas que dificultan su manipulación; ectoparásitos que consumen los nutrientes del organismo, presencia de depredadores, ya que éstos optan por los individuos más grandes o presencia de fibra y microplásticos disueltos en el agua que se fijan y dificultan el movimiento de los copépodos porque se prenden y se enredan en la furca y en los apéndices de los copépodos. La disminución de adultos tiene implicancia ecológica dado que los copépodos adultos son un ítem alimenticio principal de *Orestias ispi* y de aves acuáticas filtradoras, principalmente. A su vez, estos vertebrados podrían verse afectados por esas condiciones desfavorables ya que utilizan el agua para alimentarse y respirar en el caso de peces y en el caso de aves filtradoras para alimentación.

La figura 8, representa la suma de densidades totales y muestra que, efectivamente, entre los copépodos, las larvas nauplios son los más abundantes tanto en el Lago Mayor como en el Menor. Enseguida se encuentran los juveniles de copépodos calanoides, el copépodo adulto *Boeckella*, copépodos juveniles del tipo ciclopoida y el adulto *Metacyclops*; el copépodo adulto harpacticoide *Attheyella* solo es registrado en el Lago Menor y en muy baja densidad.

Además de lo ya mencionado, es probable que las altas densidades de nauplios se deban a un reciente evento de eclosión de huevos de copépodos y a fenómenos de dinámica poblacional más naturales como al modelo de sobrevivencia de los copépodos. Según LAMPERT & SOMMER (2007) los copépodos responden a un modelo en que producen alta cantidad de descendencia, pero no cuidan de ellos, entonces la tasa de sobrevivencia de los nauplios es baja, de manera que cada vez pasan menos organismos a un estadio posterior de desarrollo. En este sentido la cantidad de copepoditos calanoides y ciclopoides son menores que los nauplios. De igual manera se observan menos adultos de calanoides (*Boeckella*) y de ciclopoides (*Metacyclops*). La estrategia es producir varios huevos que eclosionen a nauplios, estos tienen altas tasas de mortalidad sin embargo es amortiguado por la gran cantidad de huevos producidos e individuos que eclosionan.

Los rotíferos son el segundo grupo representativo del zooplancton. La figura de barras de la suma de densidades (Fig. 9) muestra que existen más rotíferos en el Lago Menor, estos están representa-

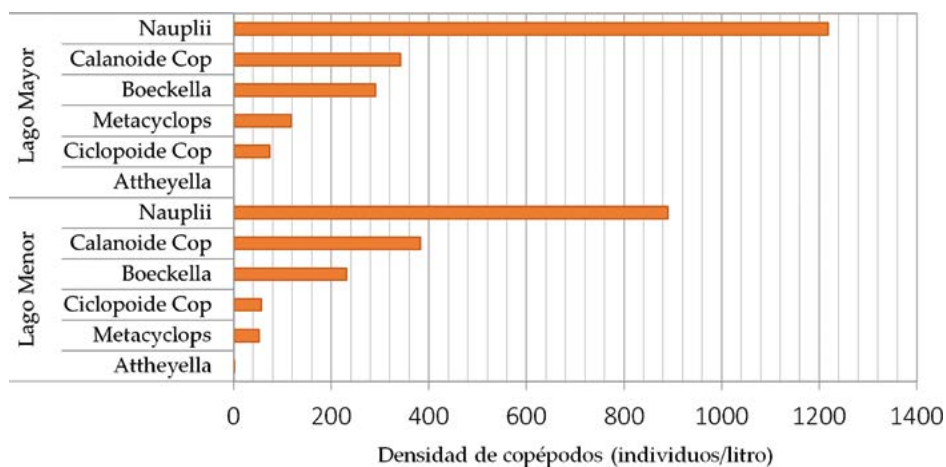


Figura 8.- Densidad de nauplios, copépodos juveniles ciclopoides, copépodos juveniles calanoides y copépodos adultos de los géneros *Metacyclops*, *Boeckella* y *Attheyella* en las estaciones del Lago Mayor y del Lago Menor

dos principalmente por los géneros *Pompholyx*, *K. quadrata* y *Synchaeta*, con menor representatividad están *Ascomorpha*, *Lecane* y *Polyarthra*, y entre los menos representativos están *Philodina*, *Filinia*, *Asplanchna*, *Lepadella*, *Trichotria*, *Proales*, *K. choclearis*, *Hexarthra* y *Colurella*. En el Lago Mayor los dominantes son *Synchaeta*, seguida de *Keratella quadrata* y *Ascomorpha*, en menor cantidad *Asplanchna* y *Polyarthra*, y con mucha menor representatividad están *Keratella choclearis*, *Hexarthra*, *Lecane*, *Philodina*, *Pompholyx*, *Colurella*, *Lepadella*, *Proales* y *Trichotria* (Fig. 9).

La sobreabundancia de *Pompholyx* en el Lago Menor con respecto del Lago Mayor podría responder a características morfoestructurales del Lago Menor ya que la profundidad media del Lago Menor es de 9 m en contraste con 180 m del Mayor (LAZZARO y GAMARRA, 2014). En esas condiciones existe una influencia importante de la vegetación macrofítica que favorecen a *Pompholyx* y *Keratella quadrata* a pesar de pertenecer al hábitat pelágico (KOSTE, 1978).

Otros aspectos abióticos podrían condicionar las mayores densidades de rotíferos en el Lago Menor respecto del Mayor, entre ellos mayor disponibilidad de alimento apropiado para rotíferos (algas entre 7-17 nm de tamaño, ciliados, bacterias, levaduras, protistas), mayor oferta de hábitat y refugio, menor cantidad de depredadores, principalmente.

Referente a la densidad total de cladóceros se registraron muy pocos como se aprecia en las figuras 4, 5, 6. Entre los cladóceros reportados en el Lago Mayor, *Daphnia* fue el género más representativo y menos abundantes fueron *Bosmina*, *Ceriodaphnia*, *Chidorus* y *Pleuroxus* (Fig. 10). En cambio, en el Lago Menor, *Daphnia* y *Ceriodaphnia* fueron los más representativos, aunque mucho menos abundantes que *Daphnia* del Lago Mayor; igualmente *Bosmina*, *Pleuroxus*, *Alona* y *Chidorus* fueron registrados con mucha menos abundancia (Fig. 10).

RICHMAN & DODSON (1983) mencionan la importancia de la cantidad y calidad del alimento en la distribución de cladóceros. Alegan que la presencia de cianobacterias, algas verde azules conocidas por estar entre las más pequeñas o por formar colonias filamentosas y ser tóxicas, dificultan la ingestión y asimilación por parte de los cladóceros. Si estas cianofitas son filamentosas existe un impedimento físico para ingerirlas, si son unicelulares son fácilmente atrapadas pero el mecanismo que tienen los cladóceros de atrapar, formar un bolo y luego ingerirlas o rechazarlas, significa gasto de energía que muchas veces no es compensado si el alimento es tóxico. Entonces la presencia de cladóceros está condicionada a la calidad y cantidad de alimento, es decir necesita ambientes con cantidades medias de alimento, pero de alta calidad (RICHMAN & DODSON, 1983). Así, es probable que, durante la colecta de zooplankton en el Lago Titicaca, éste haya

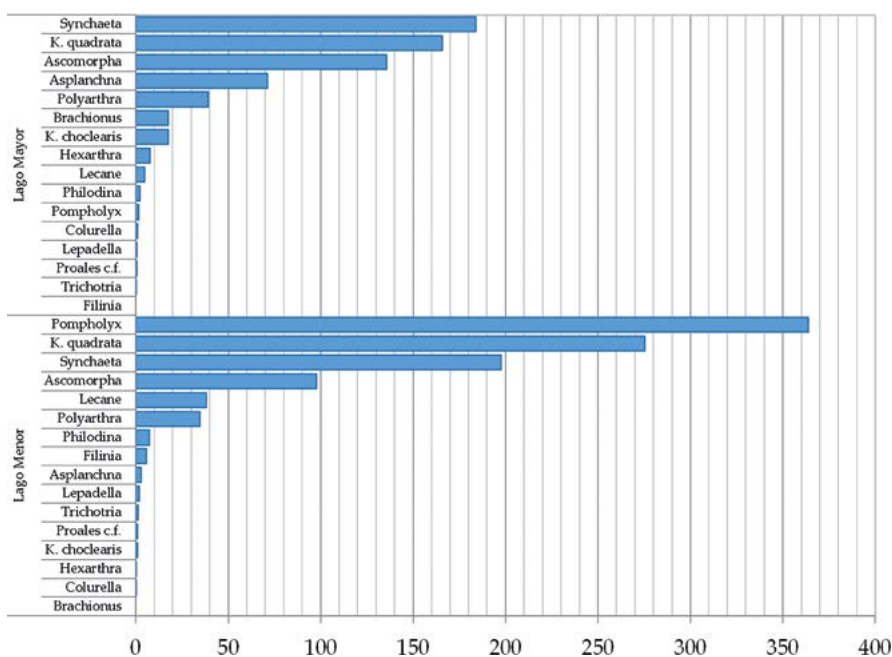


Figura 9.- Densidad de rotíferos en las estaciones del Lago Mayor y del Lago Menor, Lago Titicaca

estado dominado por cianofitas en altas o bajas densidades o por otro tipo de alga, pero en muy bajas concentraciones.

Se encontró que los nauplii fueron los organismos dominantes en la mayoría de las estaciones del Lago Mayor y del Menor, y con densidades importantes (Fig. 11). Luego, se observa que los copepoditos de tipo calanoide y los copépodos adultos *Boeckella* y *Metacyclops* tienen una representatividad importante en el lago por su presencia en la mayoría de las estaciones de colecta. Entre los rotíferos, se observa que en la mayoría de las estaciones del Lago Mayor están en bajas densidades ya que existen áreas sin rotíferos reportados; en el Lago Menor se encontró dominancia de *Pompholyx*, *Synchaeta*, *K. quadrata* y *Ascomorpha* y en otros ningún rotífero (Fig. 11). Esta figura, al igual que la Fig. 5, hace evidente la alta variabilidad de las densidades reportadas para rotíferos del Lago Menor que, como mencionamos anteriormente podría responder a mayor diversidad de hábitats disponibles: pelágicos con distintas concentraciones de nutrientes y por tanto de fitoplancton, zonas de litoral con distintos tipos de macrofitas como *Elodea*, *Chara*, *Miriophyllum*, entre otras y zonas bentónicas con sustratos pedregoso, arenoso y arcilloso. El Lago Menor ofrece variedad de condiciones ambientales no solamente por su morfo estructura sino por la afluencia de nutrientes variados, que son vertidos al Lago Menor por las poblaciones aledañas. A pesar de poseer esas características de heterogeneidad de hábitats, éstas se uniformizan cuando ocurren eventos de precipitación con fuertes vientos porque remueven la columna de agua, además de que el Lago Menor

es somero y es más susceptible a que las partículas sedimentadas, así como los organismos de hábito bentónico, se resuspendan en la columna de agua.

En la figura 12 se observa que en el Lago Mayor la máxima densidad del zooplancton no supera 170 individuos por litro y corresponde a la estación E16 (5 m) (salida del río Coata a 5 m de profundidad), le siguen las estaciones E16 (20 m) y E50 (10 m) del centro entre Tilali y Villa Socca con más de 100 individuos por litro.

Entre las muestras con menos individuos están aquellas colectadas a 0,5 m de profundidad, aunque existen excepciones como en las estaciones E1, E16, E79 y E83, con 30 o más individuos por litro, que corresponden a las zonas de la bahía interior de Puno, salida del río Coata, isla del Sol y Juli, respectivamente (Figs. 1, 12). Evidentemente estas zonas están de alguna manera conectadas a poblaciones humanas que directa o indirectamente aportan nutrientes ocasionando un medio más productivo además que son zonas con 10 a 33 a metros de profundidad (excepto la estación E79) lo que significa que están cerca a zonas de macrofitas que proporcionan mejores condiciones de hábitat en términos de alimento y refugio (GREEN, 1972). El resto de las colectas a 0,5 m y con baja densidad respondería directamente al efecto de la radiación ultravioleta que incide en los primeros metros de profundidad (LAMPERT & SOMMER, 2007). Este efecto se traduce en el aumento de mortalidad de los organismos, ya sea por daños al material genético o por una disminución en la disponibilidad del alimento. LAMPERT & SOMMER (2007) compilan

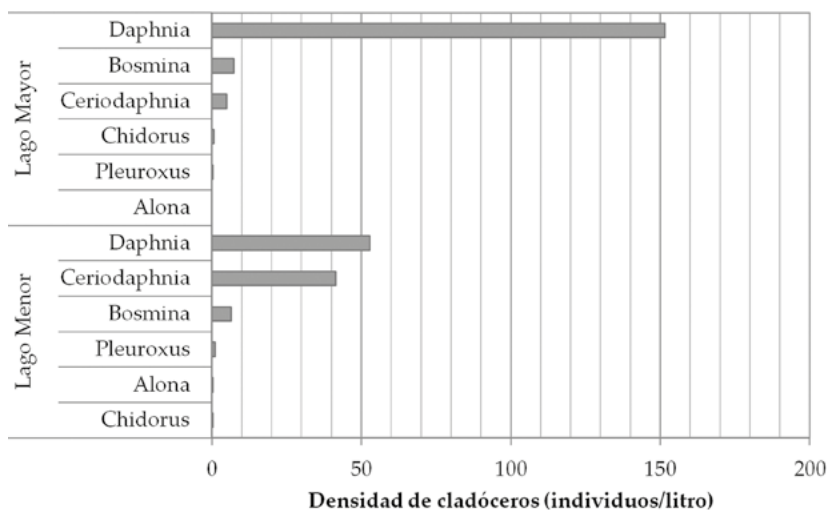


Figura 10.- Densidad de cladóceros en las estaciones de colecta del Lago Mayor y del Lago Menor, Lago Titicaca

varios trabajos en los que mencionan que el daño al material genético disminuye la sobrevivencia del zooplancton. Respecto al alimento, se ha demostrado que la radiación ultravioleta en los primeros metros inhibe la fotosíntesis del fitoplancton ya que el óptimo para la fotosíntesis es una intensidad de radiación visible de 50 a 60 W/m², no obstante, la radiación visible que incide en el Lago es de 500 W/m² aproximadamente (VILLAFANE *et al.*, 1999).

Específicamente en adultos y juveniles de *Boeckella titicacae*, se ha demostrado que en el Lago Titicaca éstos pueden acumular compuestos a través de la dieta que los protegen de los efectos dañinos de la radiación ultravioleta (HELBLING *et al.*, 2002), sin embargo, los copépodos también evitan los primeros metros de la columna de agua, lo cual podría estar más relacionado a la baja disponibilidad de alimento.

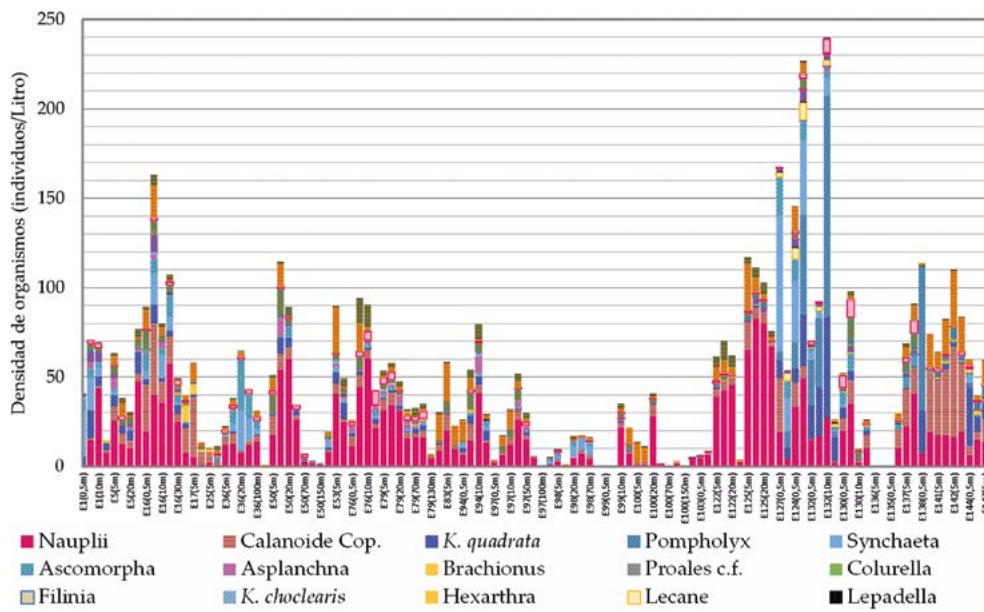


Figura 11.- Densidad de zooplancton en las estaciones de colecta del Lago Mayor y del Lago Menor, Lago Titicaca

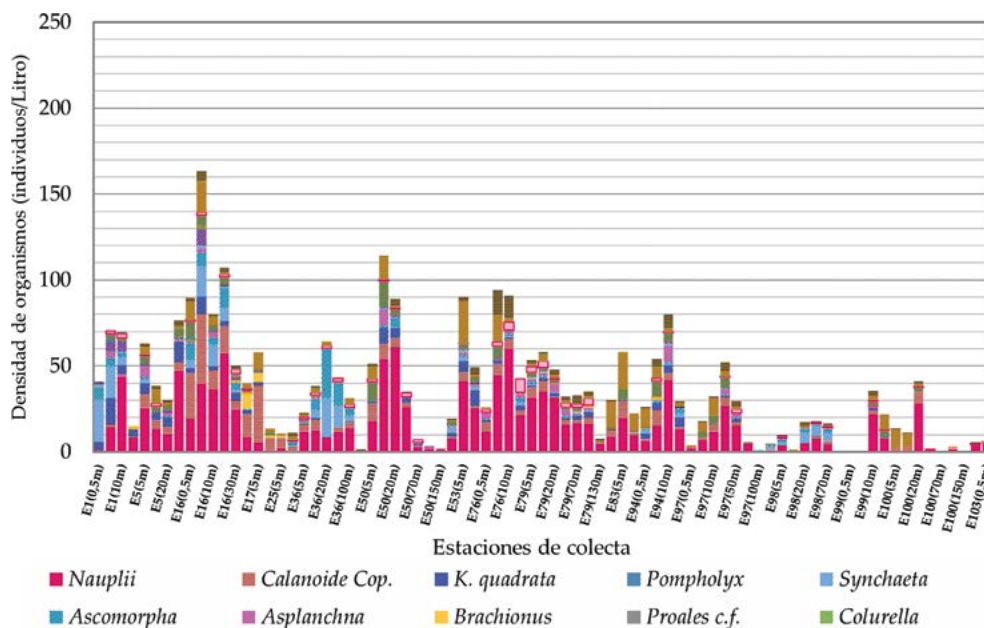


Figura 12.- Densidad de zooplancton en las estaciones de colecta del Lago Mayor del Lago Titicaca

En el Lago Menor, en cambio, la mayoría de las muestras superan 50 organismos/litro y las muestras con densidades menores a esa son colectadas a 0,5 m de profundidad (Fig. 13), entre estas resaltan las muestras del Estrecho de Tiquina, de la Fosa de Chúa y de Yunguyo (Figs. 1, 13). Estas figuras también revelan que entre las colectas más densas a 0,5 m de profundidad se encuentran la de Huarina a 0,5 metros (E127), de la isla Tariqui a 0,5 y 3,5 metros (E124 y E124) y de la isla Anapia a 10 m (E132).

Diversidad y equidad del zooplancton

Los géneros reportados en el conteo de zooplancton van de 0 a 20, la mayor densidad de 0 a 239,8 individuos/L, el índice de diversidad (H) de 0 a 2,145 y la Equidad (J) va de 0, en colectas sin organismos a 1, su valor máximo indica que las densidades están proporcionalmente distribuidas entre los registros para esa muestra (Fig. 14).

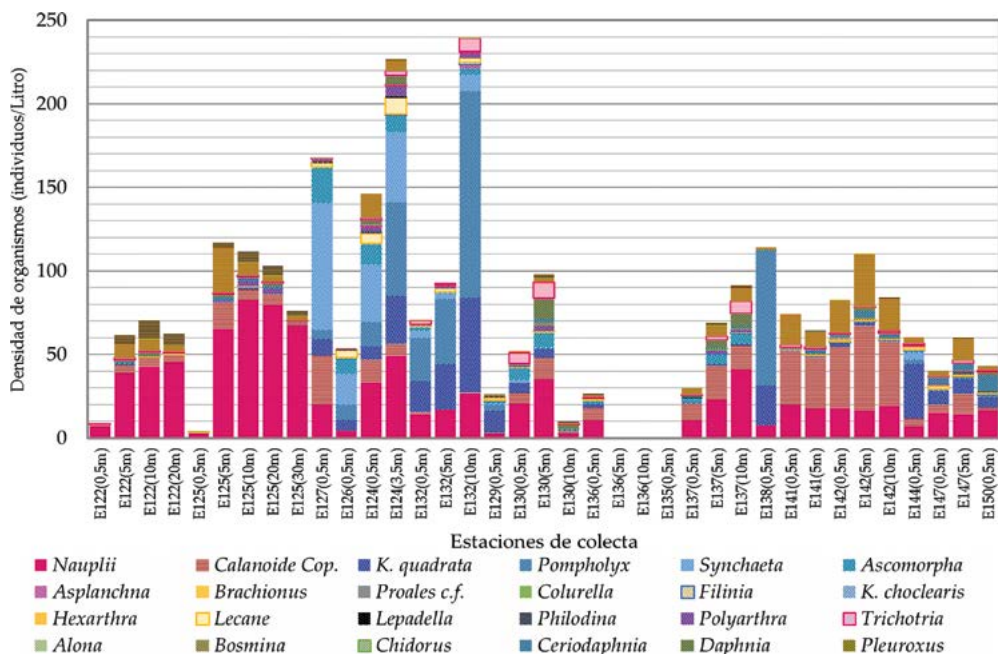


Figura 13.- Densidad de zooplancton en las estaciones de colecta del Lago Menor, Lago Titicaca

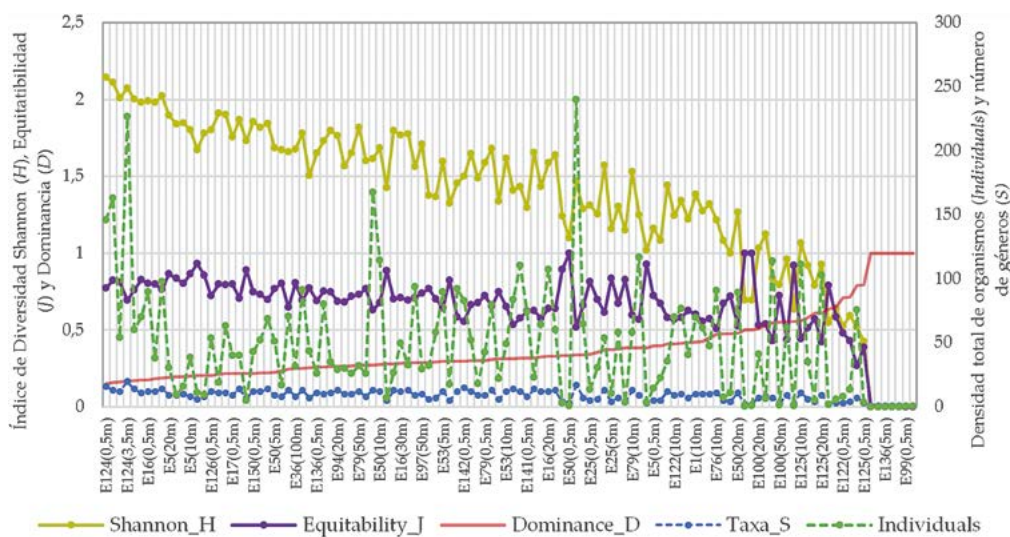


Figura 14.- Líneas de los valores de diversidad de Shannon (H), de equidad (J), dominancia (D), número de géneros o taxa (S) y densidad total (Individuales) en las muestras colectadas en el Lago Titicaca. Las líneas enteras (H, J y D) están graficadas en el eje primario y las líneas puntadas (S e Individuales) están graficadas en el eje secundario

Alta densidad de organismos puede condicionar mayor diversidad de organismos, sin embargo, no necesariamente ocurre. Los altos valores de densidad y por tanto la dominancia de un género o grupo podrían indicar que las condiciones abióticas de ese lugar les favorecen sobremanera, como en la estación E132(10 m) cerca de la isla Anapia cuya densidad total alcanzó a 239,8 individuos/L pero su diversidad fue 1,45 y su equidad 0,5. En cambio colectas como la E16(5 m) en la salida del río Coata y la E124(0,5 m) cerca a la isla Taquiri alcanzaron densidades de 163,2 y 145,8 individuos/L, diversidad H de 2,11 y 2,14 y equidad de 0,8 y 0,7, respectivamente. Estos valores de diversidad fueron altos porque reportaron alto número de géneros con densidades similares dentro de cada muestra. Otras estaciones con diversidad similar se reportaron en la orilla de Pomata, frente a Guaqui y cerca de Tilali.

Lo contrario ocurrió en E125 en la Fosa de Chúa por ejemplo, que reportó los valores de diversidad más bajos, seguido de E100 en el centro del transecto Copacabana-Ancoraimes. Esto ocurrió porque además de las pocas especies que se reportaron, una fue dominante respecto a las otras.

La figura 14 muestra en orden ascendente los valores de Dominancia (D). Esta configuración hace evidente cómo la dominancia de un género afecta la diversidad de la colecta. Esto implica que las colectas con menor diversidad podrían tener condiciones abióticas extremas que favorecen sólo a los pocos géneros dominantes.

A pesar que los índices de Diversidad y de Dominancia son un reflejo de la calidad de un ecosistema, no se encontró relaciones entre el índice de diversidad de Shannon-Wiener, equidad y las variables fisicoquímicas y biológicas (pH, conductividad, oxígeno disuelto, nitratos, fosfatos y clorofila) registradas en las estaciones de colecta.

Grupos tróficos del zooplancton

Una visión interesante del zooplancton es agruparlo en grupos tróficos, es decir agrupaciones

según el hábito alimenticio y el rango de tamaños del zooplancton. Los pequeños herbívoros que agrupan a los rotíferos (excepto *Asplanchna*) y las larvas nauplii resultaron más abundantes en todo el Lago Titicaca. Su abundancia fue mayor en el Lago Menor reportando valores de hasta 228 individuos/L y 204 individuos/L (Tabla 3) que fueron colectados cerca de las islas Anapia y Taquiri (Fig. 1). Se registró alta variabilidad de este grupo, ± 228 organismos/L (Tabla 3).

Los grandes herbívoros, conformados por copépodos adultos del género *Boeckella*, los copepoditos calanoides, copepoditos ciclopoideos y los cladóceros, son menos abundantes que los pequeños herbívoros (Fig. 15), se presentan en cantidades medias en la mayoría de las colectas. En el Lago Mayor alcanzaron máximo de 68 individuos/L en E16(50m) a la salida del río Coata (Figs. 1, 15); en el Lago Menor la mayor densidad (89,8 ind/L) fue colectada frente a la península de Taraco (E142 5m) (Figs. 1, 15). Dado que este grupo consume mayor cantidad de alimento y es potencialmente de mayor importancia en el control de floraciones algales cabe resaltar que estos organismos encuentran mejores condiciones en la parte suroeste del Lago Menor como Taraco, Pomata, Guaqui, exceptuando Desaguadero. Por lo que se esperaría menos eventos de floraciones algales en este sector del Lago Menor.

Los carnívoros, que incluyen los copépodos adultos del género *Metacyclops* y al rotífero *Asplanchna*, se encontraron en mayores densidades en el Lago Mayor (Tabla 4), no obstante, sus densidades son menores a los herbívoros pequeños y grandes. La figura 15 muestra densidades de los tres grupos tróficos, en orden ascendente respecto de los carnívoros; un efecto que puede observarse es que en las colectas en las que se encuentran los carnívoros, las densidades de pequeños herbívoros son reducidas por lo que es posible un efecto de control por depredación, no obstante, esto no aplica a la totalidad de las colectas.

Tabla 3.- Medidas de tendencia central y dispersión de los tres grupos tróficos de zooplancton del Lago Titicaca

	LAGO MAYOR						LAGO MENOR					
	Total	Media	Ds*	Max	Min	Mediana	Total	Media	Ds*	Max	Min	Mediana
Herbívoros pequeños	1797,0	22,7	$\pm 21,9$	87,2	0,0	17,6	1916,0	51,8	$\pm 52,5$	228,0	0,0	36,8
Herbívoros grandes	872,1	11,0	$\pm 12,6$	68,0	0,0	8,4	772,6	20,9	$\pm 21,5$	89,8	0,0	14,8
Carnívoros	189,2	2,4	$\pm 3,5$	17,6	0,0	0,8	55,4	1,5	$\pm 2,5$	11,4	0,0	0,4

*Desviación estándar muestral

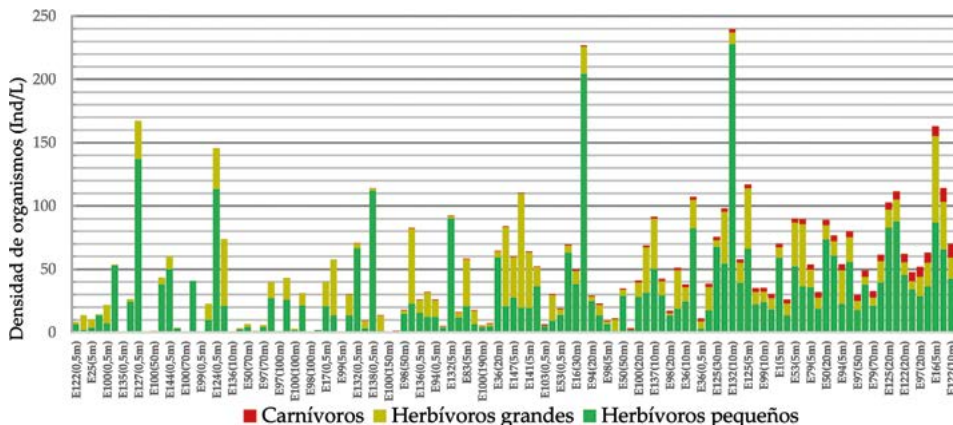


Figura 15.- Densidad de grupos tróficos del zooplancton en las estaciones de colecta del Lago Titicaca

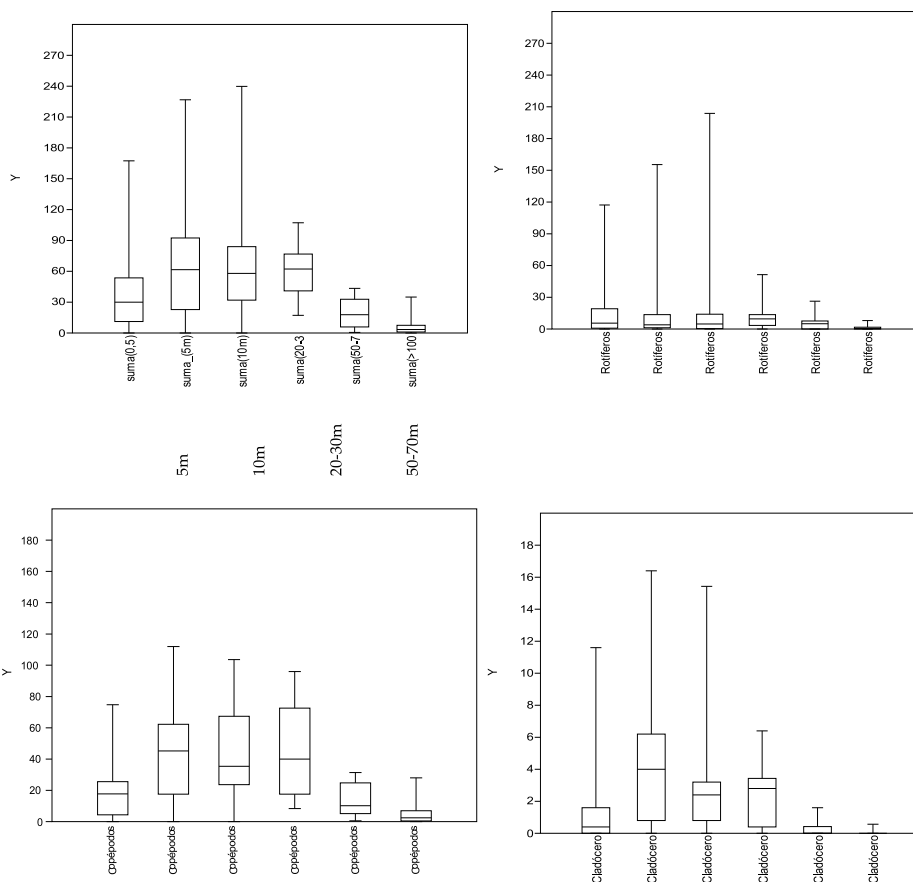


Figura 16.- Diagramas Box Plot de las densidades de: a) Total del zooplancton, b) Rotíferos, c) Copépodos y c) Cladóceros en 6 categorías de profundidad de colecta (0.5, 5, 10, 20-30, 50-70 y >100 metros)

Efecto de la profundidad en el zooplancton

A través de una prueba de ANOVA de una vía, se observó diferencia en la densidad total de zooplancton entre las colectas de las profundidades mayores a 100 m respecto a las colectas de 5, 10 y de 20-30 m de profundidad (Fig. 16). Dado que las densidades reportadas de rotíferos no superan las densidades de copépodos, la variación en las densidades de zooplancton en general estaría más influenciada por densidades

de copépodos y en menor cantidad por la de cladóceros.

En efecto, las densidades de copépodos se diferencian entre profundidades de las categorías 5 m, 10 m y 20-30 m respecto de las profundidades mayores que son 50-70 m y >100 m; de igual manera en los cladóceros, la diferencia de densidades entre profundidades fue entre las categorías 5 m y 10 m respecto de las categorías 50-70 m y >100 m (Fig. 16). Los rotíferos no mostraron diferencias entre profundidades (Fig. 16).

A pesar que los valores de probabilidad para ANOVA son significativos, no se cumplieron los supuestos de normalidad de residuos y homogeneidad de varianzas. Como se muestra en las figuras de Box Plot la distribución de densidades de rotíferos, copépodos y cladóceros en las 6 categorías de profundidad (Fig. 16b, c, d) la variabilidad de los datos de densidad para rotíferos y cladóceros principalmente es alta, esto significa que los datos de densidad no siguen una distribución normal. Este aspecto anteriormente explicado, respondería a la alta heterogeneidad de las condiciones ambientales causado por la vegetación macrofítica que ofrece refugio y sustrato de crecimiento, por disponibilidad de alimento y nutrientes disueltos que son altos en zonas someras y/o cercanas a poblaciones del Lago Titicaca. Esto significa que en ciertas zonas el zooplancton puede verse favorecido y en otras su crecimiento es limitado.

Por otra parte, se esperaba que haya una variación vertical en los primeros metros (0,5 m, 5 m, 10 m y 20-30 m) en función a la penetración de la radiación solar, no obstante, esto no sucedió. Es probable que el viento ocurrido durante las colectas haya mezclado la columna de agua, de manera que los organismos colectados en esos primeros metros no se diferencien entre profundidades.

Los grupos tróficos, de igual manera, muestran distribución de datos que no es normal, por lo cual no se puede comparar si existe variación entre densidades del Lago Mayor y del Lago Menor mediante una prueba de *t-Student*, en su defecto se hizo la prueba no paramétrica de Mann Withney-U (Tabla 4). Según esta prueba existe diferencia entre los grupos de herbívoros pequeños y herbívoros grandes del Lago Mayor y del Lago Menor, en cambio los carnívoros no mostraron diferencia entre estos dos sectores del Lago Titicaca.

De manera similar la figura 17 muestra la diferencia entre los dos grupos de herbívoros del Lago Titicaca y no así el de los carnívoros. También muestra la alta

variabilidad de datos sobre todo de los herbívoros pequeños del Lago Menor.

Análisis de regresión

Un análisis de regresión mostró que las variables físicoquímicas y biológicas como pH, conductividad, oxígeno disuelto, nitratos, fosfatos y clorofila no explicaron la variación de los grupos del zooplancton (Rotíferos, Cladóceros, Copépodos totales, Copépodos adultos, juveniles y Nauplii) ni de los grupos tróficos (Pequeños herbívoros, Grandes herbívoros y carnívoros) en un porcentaje mayor a 30%. Resaltan los valores de pH que explicaron en 25% la densidad total del zooplancton (Fig. 18a), en 24% la variabilidad de los pequeños herbívoros (Fig. 18b) y en 20% la densidad de los rotíferos (Fig. 18c). El resto de las relaciones tienen valor de R² menor a 0,02.

La literatura expone que los rotíferos pueden tolerar ambientes muy ácidos (DENEKE, 2000) como básicos (BĒRZIŅŠ & PEJLER, 1987) a diferencia de los microcrustáceos. En conocimiento de esta información es importante en posteriores expediciones considerar zonas con pH más extremo a manera de verificar esta posible relación entre pH y rotíferos.

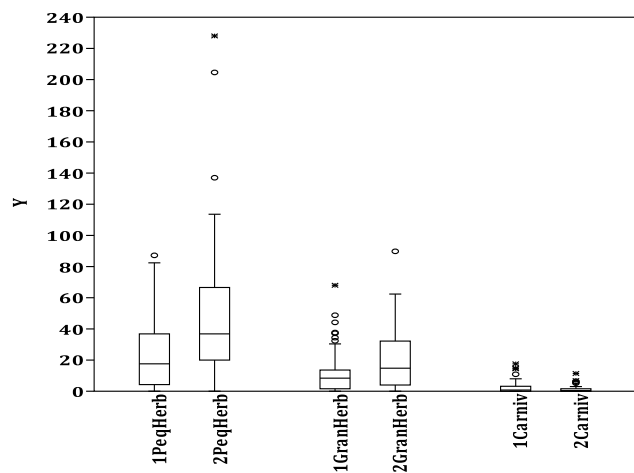


Figura 17.- Box Plot de densidad de grupos tróficos del zooplancton en el Lago Titicaca. Los números 1 y 2 al lado de cada categoría hacen referencia al Lago Mayor y al Lago Menor, respectivamente

Tabla 4.- Rangos y estadísticos de la prueba Mann Withney-U de comparación de medias de los grupos tróficos del zooplancton del Lago Mayor y del Lago Menor del Titicaca. Los números 1 y 2 al lado de cada categoría hacen referencia al Lago Mayor y al Lago Menor respectivamente

	1PeqHerb (N=79) vs. 2PeqHerb(N=37)		1GranHerb (N=79) vs. 2GranHerb(N=37)		1Carniv (N=79) vs. 2Carniv(N=37)
Mean ranks:	35 23,5	Mean ranks:	36,51 21,99	Mean ranks:	42,1 16,4
T=Ub:	900,5	T=Ub:	1075	T=Ub:	1199
p(same):	0,000898	p(same):	0,02213	p(same):	0,1152
Monte Carlo p:	0,0007	Monte Carlo p:	0,021	Monte Carlo p:	0,1117

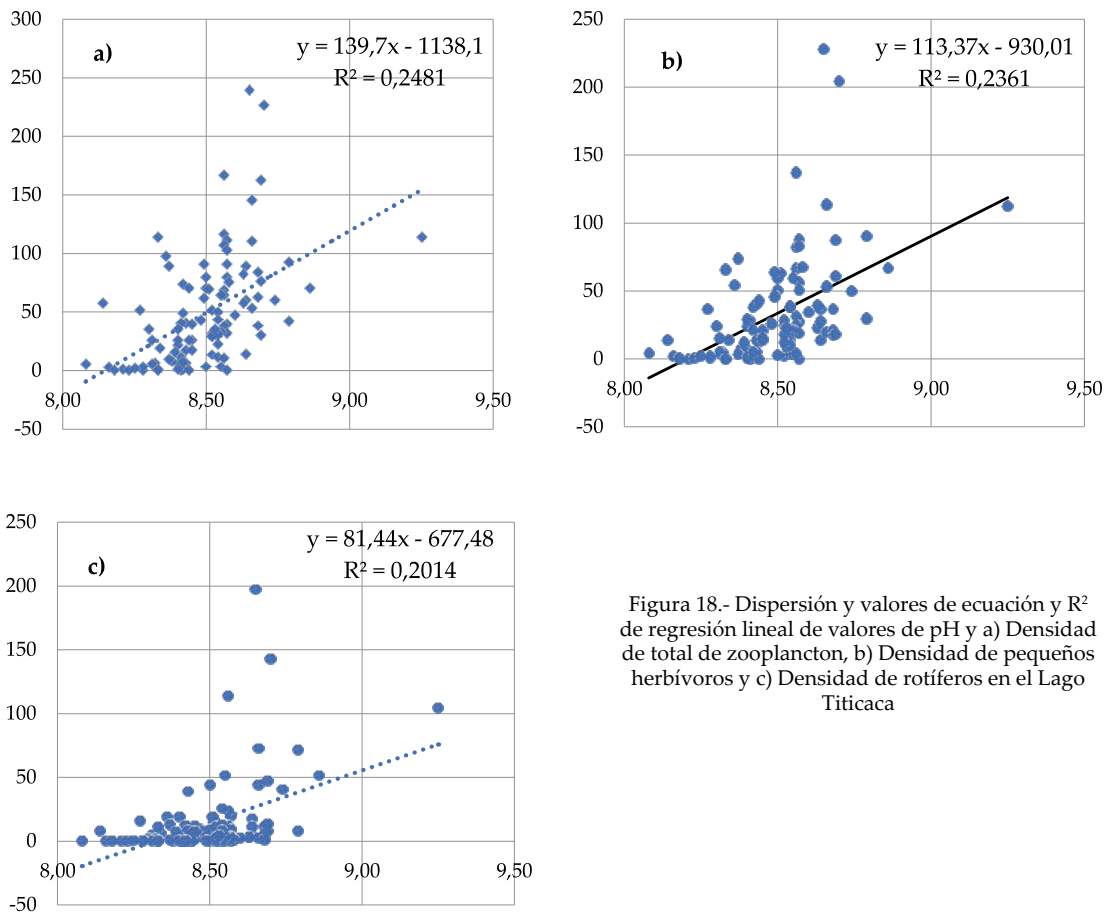


Figura 18.- Dispersión y valores de ecuación y R² de regresión lineal de valores de pH y a) Densidad de total de zooplancton, b) Densidad de pequeños herbívoros y c) Densidad de rotíferos en el Lago Titicaca

La mayoría de los valores de las variables fisicoquímicas se encontraban en un rango dentro de lo tolerable. Esto repercute al no poderse evaluar el verdadero efecto de una variable fisicoquímica en el zooplancton en caso de ocurrir eventos extremos que incrementen o disminuyan los valores de estas variables. Por ejemplo, los eventos de vientos fuertes pueden remover los sedimentos del lago y resuspenderlos en la columna de agua, estos sedimentos pueden llegar a consumir el oxígeno disponible y convertir el agua en un ambiente anóxico y causar directamente la muerte de los organismos o pueden favorecer el crecimiento de cianofitas que son algas tóxicas y no son ingeridas por microcrustáceos; estos efectos pueden causar disminución importante en el zooplancton, peces y otros animales acuáticos. Otro ejemplo puede ocurrir durante un evento de precipitación en el que los nutrientes depositados fuera del lago son arrastrados y depositados en el lecho del lago, así son susceptibles de ser asimilados por microalgas y plantas flotantes y generar una floración de éstas, más aún si se producen vientos y el lago es somero; todo esto puede impedir que la radiación solar penetre en la columna de agua, así se impide la fotosíntesis y la reducción masiva de oxígeno en el agua.

Para evaluar el efecto de valores de pH extremo se pueden escoger ambientes oligotróficos que fue lo que más ocurrió en esta campaña y ambientes eutrofizados que generalmente son menos profundos. Incorporar valores extremos de variables fisicoquímicas en la evaluación del impacto en el zooplancton incrementará el porcentaje de variabilidad explicada por la variable ambiental. Por ejemplo, si se remueve el valor más alto de pH (9,25) (Fig. 18c), que corresponde a la estación E138(0,5 m) una de las zonas cercanas a la bahía de Cohana, la variación explicada para los rotíferos se reduce a 13%.

Las características fisicoquímicas del agua discutidas anteriormente hacen que los cuerpos de agua sean hábitats únicos. El agua actúa como amortiguador contra muchas de las fluctuaciones en el medio ambiente, haciendo que las condiciones de vida sean más constantes y predecibles. Por ejemplo, en un día de verano, las temperaturas del suelo en un hábitat seco de tierras altas pueden diferir fácilmente en 30 °C entre el día y la noche, pero en las capas superficiales de un lago el rango rara vez excede los 2 °C. Por lo tanto, los organismos acuáticos han desarrollado muchas adaptaciones en respuesta a factores biológicos más que a los factores físicos.

En este sentido, se debe considerar que los organismos a través de su actividad metabólica alteran su propio entorno y lo convierten en parte del "entorno" de otros organismos (LAMPERT & SOMMER, 2007). Los depredadores, parásitos o competidores pueden evitar que una especie establezca una población estable en un hábitat determinado, a pesar de que las condiciones están dentro del rango de tolerancia fisiológica para la reproducción y el desarrollo en general. Es común que la distribución de una especie esté considerablemente más restringida de lo que se predeciría por el rango de tolerancia fisiológica, incluso cuando se excluyen otros efectos limitantes de la población como la historia distributiva y las barreras geográficas. Por lo tanto, las interacciones biológicas pueden concretar las condiciones para que ocurra una distribución óptima de una población. Por ejemplo, muchos animales acuáticos viven en aguas frías y profundas del lago, a pesar de que su óptimo fisiológico es cercano a los 20 °C, debido a la amenaza de los depredadores en las regiones más cálidas y poco profundas del lago. Esto hace que los sistemas acuáticos sean especialmente útiles para el estudio de las interacciones de los organismos y que pueden ser replicados en otros cuerpos de agua similares.

4. CONCLUSIONES

El zooplancton colectado en el marco de la Evaluación Binacional de la Biomasa Íctica y Condiciones Limnológicas en el Lago Titicaca realizado en julio 2019 consta de 15 géneros de rotíferos, 6 géneros de cladóceros, 3 géneros de copépodos e individuos juveniles y en estado larvario de este grupo.

Los copépodos predominaron en el Lago Mayor y en el Lago Menor, sin embargo, esta predominancia es explicada por presencia de nauplios, por lo tanto, éstos son los organismos más abundantes en el Lago Titicaca. Le siguen los rotíferos de Lago Menor, luego del Lago Mayor. Con poca representatividad los cladóceros.

Se observaron diferencias en comparación con la colecta realizada en la gestión 2018, cuando los organismos más abundantes y presentes en casi todas las de colecta del Lago Mayor y del Lago Menor fueron los rotíferos *Keratella* y no así los nauplios y los rotíferos *Synchaeta* como en 2019.

En el Lago Mayor, una diferencia importante es que en 2018 los cladóceros tuvieron baja

representatividad por igual, en cambio en 2019 la dominancia de *Daphnia* respecto de resto de cladóceros fue marcada. De manera similar, en el Lago Menor, los dominantes en 2018 fueron *Keratella* y no así *Pompholyx*.

En la gestión 2018 las muestras colectadas reportaron mayor variabilidad de organismos, con más de 2800 organismos/litro, en cambio, la colecta mayor reportada en 2019 fue de 240 organismos/litro.

Existe más variabilidad en los tres grupos de zooplancton del Lago Menor respecto del Lago Mayor, sobre todo en la comunidad de rotíferos. Esta variabilidad se atribuye a que el Lago Menor es un lago somero que permite el crecimiento de macrofitas y al elevado aporte de nutrientes alóctonos que favorece la productividad en algunas zonas, generando heterogeneidad ambiental. También se reporta presencia de factores adversos como ectoparasitismo y presencia de microfibras.

Las estaciones más diversas están cerca a la isla Taquiri, en la orilla de Pomata, frente a Guaqui, en la salida del río Coata y Tilali. En cambio, las menos diversas fueron la Fosa de Chúa y el centro del transecto Copacabana-Ancoraimes.

Los grupos tróficos más abundantes y con más variabilidad fue el de pequeños herbívoros del Lago Menor. Los grandes herbívoros fueron más representativos en la salida del río Coata y en la parte sur oeste del Lago Menor, así en este sector podrían evitar eventos de floración algal. Fueron significativamente más abundantes en el Lago Menor. Los carnívoros fueron más abundantes sólo en algunas estaciones del Lago Mayor, así podrían ejercer un tipo de control sobre rotíferos.

Las variaciones en densidades de zooplancton a diferentes profundidades se dieron para las comunidades de copépodos entre las profundidades de 5 m, 10 m, 20-30 m respecto de la superficial de 0,5 m, y de las profundidades de 50-70 y >100 m. Se menciona que el factor viento pudo haber homogenizado la columna de agua, sobre todo en los primeros metros e impedir cierta estratificación del zooplancton y haber impedido que se detecten variaciones respecto a la profundidad.

No se encontró ninguna relación importante entre variables fisicoquímicas, nutrientes y clorofila con el zooplancton ni con los grupos tróficos.

5. REFERENCIAS

- ANDERSON, E. P., MARENGO, J., VILLALBA, R., HALLOY, S., YOUNG, B., CORDERO, D., MARTINEZ, R. (2017). Consequences of climate change for ecosystems and ecosystem services in the tropical Andes.
- AUTORIDAD BINACIONAL DEL LAGO TITICACA. s.f. Estatuto de la Autoridad Binacional Autónoma del Sistema Hídrico del Lago Titicaca, Rio Desaguadero, Lago Poopó, Salar de Coipasa. Recuperado de: <http://www.alt-erubolivia.org/web/nosotros/marco-legal.html>.
- BAYLY, I. A. E. (1992). Fusion of the genera *Boeckella* and *Pseudoboeckella* (Copepoda) and revision of their species from South America and sub-Antarctic islands. *Revista Chilena de Historia Natural*, 65, 17-63.
- BĒRZIŅŠ, B., PEJLER, B. (1987). Rotifer occurrence in relation to pH. *Hydrobiologia*, 147 (1), 107-116.
- DENEKE, R. (2000). Revisión de rotíferos y crustáceos en ambientes altamente ácidos con valores de pH \leq 3. *Hydrobiologia*, 433(1-3), 167-172.
- DEJOUX, C., ILLIS, A. (1991). El lago Titicaca, síntesis del conocimiento limnológico actual. *ORSTOM*, 584 pp.
- GREEN, J. (1972). Latitudinal variation in associations of planktonic Rotifera. *J. Zool., Lond.*, 167, 31-39.
- HELBLING, E. W., ZARATTI, F., SALA, L. O., PALENQUE, E. R., MENCHI, C. F., VILLAFANE, V. E. (2002). Mycosporine-like amino acids protect the copepod *Boeckella titicacae* (Harding) against high levels of solar UVR. *Journal of Plankton Research*, 24(3), 225-234.
- KOSTE, W. (1978). Rotatoria: die Rädertiere Mitteleuropas: Überordnung Monogononta: ein Bestimmungswerk. Gebrüder Borntraeger. 2. Aufl edition. Germany.
- KROLL, O., HERSHLER, R., ALBRECHT, C., TERRAZAS, E. M., APAZA, R., FUENTEALBA, C., WOLFF, C., WILKE, T. (2012). The endemic gastropod fauna of Lake Titicaca: correlation between molecular evolution and hydrograph history. *Ecology and Evolution*, 2 (7), 1517-1530.
- LAMPERT, W., SOMMER, U. (2007). *Limnoecology: the ecology of lakes and streams*. Oxford University Press.
- LAZZARO, X., GAMARRA, C. (2014). Funcionamiento limnológico y fotobiología del Lago Titicaca. En: Pouilly, M., Lazzaro, X., Point, D. & Aguirre, M. Línea base de conocimientos sobre los recursos hidrológicos en el sistema TDPS con enfoque en la cuenca del Lago Titicaca. IRD - UICN, Quito, Ecuador. 320 pp.
- PAGGI, J. C. (1995). Crustacea Cladocera. En: Lopreto E.C. y Tell G. (Eds.). 1995. Ecosistemas aguas continentales. Ediciones Sur. Argentina.
- REID, J. W. (1985). Chave de identificação para as espécies continentais sul américas de vida livre da ordem Cyclopoida (Crustacea Copepoda). *Bol. Zool. Univ. S. Paulo*, 9, 17 - 143.
- REY, J. (1991). Los cladóceros. En: Dejoux C. & Illis A. (Eds.). El lago Titicaca, síntesis del conocimiento limnológico actual. 265 - 276 pp.
- RICHMAN, S., DODSON, S. I. (1983). The effect of food quality on feeding and respiration by *Daphnia* and *Diaptomus* 1. *Limnology and Oceanography*, 28(5), 948-956.
- RUTNER-KOLISKO, A. (1974). *Plankton rotifers. Biology and taxonomy*. Schweizerbart. Germany.
- VILLAFANE, V. E., ANDRADE, M., LAIRANA, V., ZARATTI, F., HELBLING, E. W. (1999). Inhibition of phytoplankton photosynthesis by solar ultraviolet radiation: studies in Lake Titicaca, Bolivia. *Freshwater Biology*, 42(2), 215-224.