

# FITOPLANCTON EN EL LAGO TITICACA DURANTE LA EVALUACIÓN DE BIOMASA DE RECURSOS PESQUEROS, JULIO 2019

## PHYTOPLANKTON IN LAKE TITICACA DURING THE BIOMASS ASSESSMENT OF FISHERY RESOURCES (JULY 2019)

Luis Alberto Puntaca Quispe<sup>1</sup>

Danitza Fiorella Cáceres García<sup>1</sup>

### RESUMEN

PUNTACA, L. A., CÁCERES, D. F. (2022). *Fitoplancton en el lago Titicaca durante la evaluación de biomasa de recursos pesqueros, julio 2019*. *Inf Inst Mar Perú*. 49(4): 570-576.- Del 11 al 24 de julio 2019, se evaluó el fitoplancton durante el crucero de estimación de biomasa de principales recursos pesqueros del Lago Titicaca. El análisis cualitativo y cuantitativo se efectuó en el laboratorio de Limnología del IMARPE, empleándose el método de Utermöhl y microscopio invertido. Se registraron 69 géneros, en los grupos Chlorophyta (27 géneros), Bacillariophyta (19 géneros), Charophyta (10 géneros), Cyanophyta (9 géneros), Miozoa (2 géneros) y Ochrophyta (2 géneros). La composición fitoplanctónica en el lago Mayor está dada por Bacillariophyta (48%) y Charophyta (32%), en el lago Menor por Chlorophyta (40%) y Bacillariophyta (28%). Los resultados para el lago Mayor muestran mayor diversidad en la zona litoral, la equidad es similar en ambas zonas; la riqueza es mayor en la zona pelágica mostrando diferencia de 26 géneros. El lago Menor presenta mayor diversidad en la zona litoral y similar equitatividad entre ambas zonas, pero la riqueza en el litoral es mayor que en la pelágica mostrando diferencia de 6 géneros. Hay 2 grupos de estaciones que tienen similitud sobre 80%, el primer grupo formado por E-32, E-36 (perfil Pusi-Vilquechico), E-42 (perfil Moho-Capachica) y E-50 (perfil Tilali-Villa Socca), el segundo grupo por E-76, E-79 (perfil Carabuco-Juli) y E-97 (perfil Pomata-Península de Copacabana) pertenecientes al lago Mayor. La correlación entre diversidad fitoplanctónica y los parámetros: OD ( $r=0,53$ ), conductividad eléctrica ( $r=0,44$ ) moderado-positiva, pH ( $r=0,31$ ) débil-positiva,  $CO_2$  ( $r=-0,55$ ) y Temperatura ( $r=-0,42$ ) moderado-negativa. Para los nutrientes  $PO_4$  ( $r=-0,40$ ) y  $NO_3$  ( $r=-0,41$ ) es moderada-negativa, finalmente se hizo correlación entre la densidad de fitoplancton y la clorofila-a encontrándose un valor  $r=0,60$  que indica correlación alta y tendencia positiva.

PALABRAS CLAVE: fitoplancton, litoral, pelágica, lago Titicaca

### ABSTRACT

PUNTACA, L. A., CÁCERES, D. F. (2022). *Phytoplankton in Lake Titicaca during the biomass assessment of fishery resources (July 2019)*. *Inf Inst Mar Perú*. 49(4): 570-576.- Phytoplankton was evaluated during the biomass estimation cruise of the main fishery resources of Lake Titicaca, which took place from July 11 to 24, 2019. The IMARPE Limnology laboratory carried out the qualitative and quantitative analysis using the Utermöhl method and inverted microscopy. A total of 69 genera were recorded in the groups Chlorophyta (27), Bacillariophyta (19), Charophyta (10), Cyanophyta (9), Miozoa (2), and Ochrophyta (2). The phytoplankton composition in the deep Lago Mayor main basin is given by Bacillariophyta (48%) and Charophyta (32%), while in the shallow Lago Menor sub-basin it is given by Chlorophyta (40%) and Bacillariophyta (28%). The results for Lago Mayor show a greater diversity in the littoral zone, with similar equity in both zones; the richness is greater in the pelagic zone, with a difference of 26 genera. Lago Menor shows a higher diversity in the littoral zone and similar equity between both zones, but the richness in the littoral zone is higher than in the pelagic zone, showing a difference of 6 genera. There are 2 groups of stations with similarity of over 80%, the first group formed by E-32, E-36 (Pusi-Vilquechico profile), E-42 (Moho-Capachica profile), and E-50 (Tilali-Villa Socca profile) and the second formed by E-76, E-79 (Carabuco-Juli profile) and E-97 (Pomata-Copacabana Peninsula profile) belonging to Lago Mayor. The correlation between phytoplankton diversity and the parameters: DO ( $r=0.53$ ), electrical conductivity ( $r=0.44$ ) moderate-positive, pH ( $r=0.31$ ) weak-positive,  $CO_2$  ( $r=-0.55$ ) and Temperature ( $r=-0.42$ ) moderate-negative. Regarding the nutrients,  $PO_4$  ( $r=-0.40$ ) and  $NO_3$  ( $r=-0.41$ ) is moderate-negative. Finally, a correlation was made between phytoplankton density and chlorophyll-a, and a value  $r=0.60$  was found, indicating a high correlation and a positive tendency.

KEYWORDS: phytoplankton, littoral, pelagic, Lake Titicaca.

## 1. INTRODUCCIÓN

El Lago Titicaca se encuentra en la zona altiplánica entre Perú y Bolivia, a 3.810 msnm, con área total de 8.167 km<sup>2</sup>, es considerado como el lago navegable más alto del mundo (DEJOUX & ILTIS,

1991; ALLMENDINGER *et al.*, 1997; PAWLEY *et al.*, 2001). Este ecosistema alberga gran cantidad de especies de flora y fauna, así como gran diversidad de organismos microscópicos que son considerados como la comunidad planctónica del lago Titicaca (DEJOUX & ILTIS, 1991).

<sup>1</sup> Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca

El estudio de la comunidad fitoplanctónica es importante debido a que desempeña un rol importante en la cadena trófica al ser organismos autótrofos y sostenedores, siendo el principal alimento de organismos secundarios y superiores; además, son susceptibles a los efectos de cambio climático y actividades antropogénicas por lo que se les considera como indicadores de calidad de agua. Su conocimiento proporciona una base informativa necesaria para el manejo y ordenamiento racional de recursos acuáticos, así como control de la calidad ambiental, en relación a su composición, distribución, variación estacional y concentración de nutrientes, ya que estos factores son limitantes del proceso productivo primario, que también repercute en la trama alimentaria (CONTRERAS y ZABALEGUI, 1991).

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

### Área de estudio

El crucero de estimación de biomasa de los recursos pesqueros del lago Titicaca se realizó del 11 al 24 de julio 2019, en 39 estaciones se colectó 145 muestras para estudio cuantitativo de fitoplancton en un recorrido completo del lago (lado peruano y boliviano) (Fig. 1).

### Material y equipos

#### Embarcación: BIC - PEBLT

Para la colecta de muestras: GPS, ecosonda comercial marca Lowrance, botella Niskin de 5 L, winche,

cámara fotográfica, baldes de plástico, frascos de tapa ancha de 250 mL, lugol alcalino al 1%, cajas de Tecnopor, cooler de 40 L, parafilm, rotulador de tinta indeleble.

Para protección personal: chaleco salvavidas, guantes de látex

### Metodología

El muestreo se realizó según metodologías y protocolos propuestos por el MINAM (2014); se utilizó una botella Niskin de 5 litros de volumen total, el agua colectada fue vertida en un balde del cual se extrajo 250 mL de muestra directa en un frasco de boca ancha para evaluación de fitoplancton. Las muestras se fijaron con lugol alcalino al 1%; los frascos fueron etiquetados con datos de fecha, hora, estación de colecta y posteriormente fueron almacenados en cajas adecuadas para su transporte.

Análisis cualitativo y cuantitativo de las 145 muestras de fitoplancton se realizaron en el laboratorio de plancton del área de limnología – IMARPE Puno, en base al protocolo de análisis cualitativo de fitoplancton continental (IMARPE, 2016); para ello se empleó el método de Uthermöhl que involucró el uso de microscopio invertido. Para realizar el análisis se procedió a la homogenización de la muestra concentrada en los frascos de 250 mL, las cuales fueron sedimentadas en cilindros de 25 y 50 mL por 24 horas (LUND *et al.*, 1958), se procedió a la lectura de las cámaras de sedimentación con un objetivo de 20x y 40x.

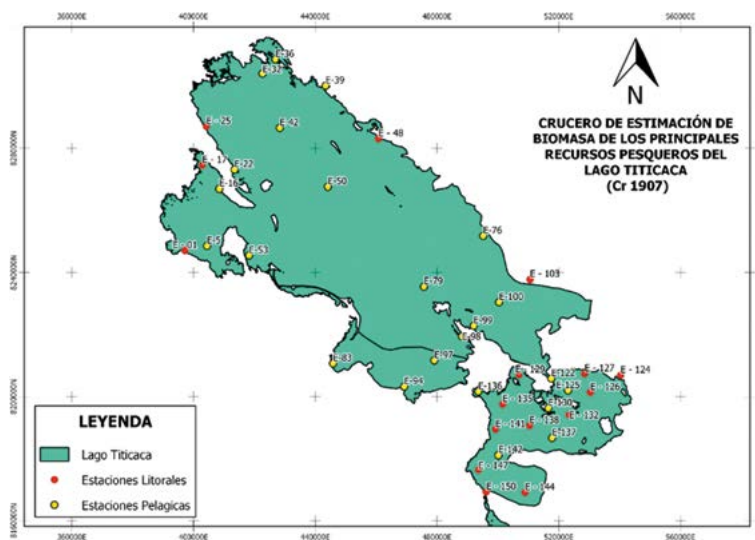


Figura 1.- Estaciones de muestreo de fitoplancton durante el Crucero de Estimación de Biomasa de los Principales Recursos pesqueros del Lago Titicaca (Cr. 1907)

Para la identificación se emplearon los trabajos de BOURRELLY (1985), CARNEY *et al.* (1987), ACLETO (1966), LIBERMAN y MIRANDA (1987), ACLETO y ZUÑIGA (1998), ALDAVE (1989), ACOSTA y PONCE (1978), PARRA *et al.* (1982 a), PARRA *et al.* (1982 b) y PRESCOTT (1892). Los resultados de densidad del fitoplancton fueron expresados en ind/L y para el procesamiento de la información se emplearon los programas Word, Excel.

La biodiversidad del fitoplancton fue determinada en base a géneros presentes, empleando los programas estadísticos Past Versión 3.13 y Primer 6 Versión 6.1.6. Los índices analizados fueron: riqueza (S) que representa el número de géneros determinados; diversidad de Shannon-Weaver (H') que cuantifica la heterogeneidad de la biodiversidad de un ambiente, caracterizando a la vez el número de especies o riqueza específica y la distribución de los individuos dentro de esas especies (equitatividad específica). H' mide la entropía y es representado por un número real positivo por lo general entre 0 y 5, aunque en teoría no tiene máximo (MORENO, 2001).

La estructura de abundancia relativa de las especies determinan la equitatividad o sea el componente de dominancia de la diversidad. Por ejemplo, en un ambiente con S especies, la diversidad es más elevada si todas las especies están bien representadas (equitatividad elevada, baja dominancia) que si un pequeño número de especies (T) son muy comunes, mientras que las especies restantes (S-T) son raras (baja equitatividad, alta dominancia). La evaluación de la equitatividad es útil para detectar cambios en la estructura de una comunidad. Se promediaron las densidades de los géneros para cada estrato de profundidad, diferenciando las zonas: litoral (estaciones con profundidad ≤ 10 m) y pelágica (estaciones con profundidades > 10 m), así como el Lago Mayor del Lago Menor.

### 3. RESULTADOS

#### Composición porcentual de la comunidad fitoplanctónica

Se registró 69 géneros, representados en 6 divisiones: Chlorophyta (27 géneros), Bacillariophyta (19 géneros), Charophyta (10 géneros), Cyanophyta (9 géneros), Miozoa (2 géneros) y Ochrophyta (2 géneros). Entre el lago Mayor y Menor, existe diferencia en cuanto a la composición de la comunidad fitoplanctónica; en el lago Mayor, la composición de algas está dominada por el grupo Bacillariophyta (48%), seguido del grupo Charophyta (32%), Chlorophyta (13%), Miozoa (5%) y los grupos Cyanophyta y Ochrophyta (2%). El lago Menor presentó la composición dominada por el grupo Chlorophyta (40%), Bacillariophyta (28%), Cyanophyta (20%), Charophyta (9%) y los grupos Miozoa y Ochrophyta (3%) (Fig. 2).

En la figura 3, se da a conocer detalladamente la composición fitoplanctónica encontrada en las estaciones analizadas. En el lago Mayor se observa dominancia del grupo Bacillariophyta y el grupo Charophyta además de poca presencia de los grupos Cyanophyta y Ochrophyta, mientras que en el lago Menor se observa mayor presencia de Chlorophytas, corroborando de esta manera los resultados mostrados en la Fig. 2.

La figura 4 muestra los índices de riqueza (S), biodiversidad (H') y equidad (J') para la zona litoral como pelágica. Los resultados para el lago Mayor muestran mayor diversidad en la zona litoral, la equidad es similar entre ambas zonas; pero, la riqueza es mucho mayor en la zona pelágica mostrando diferencia de 26 géneros. En contraste, el lago Menor presenta mayor diversidad en la zona litoral y similar equitatividad entre ambas zonas, pero la riqueza en la zona litoral es mayor que en la zona pelágica mostrando diferencia de 6 géneros.

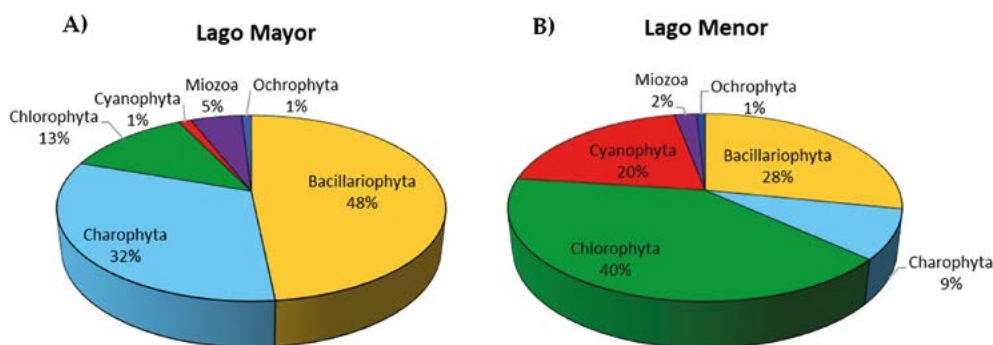


Figura 2.- Composición porcentual (%) de la comunidad fitoplanctónica: A) Lago Mayor, B) Lago menor. Cr. 1907

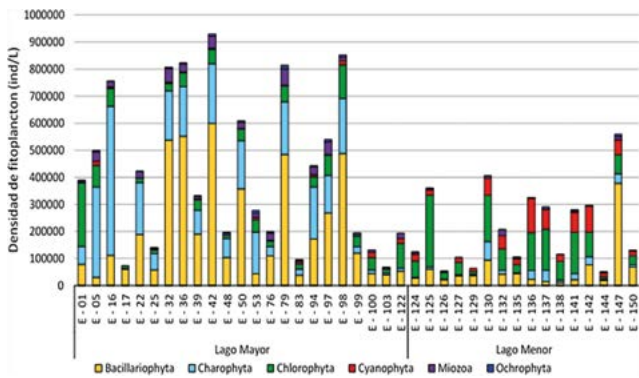


Figura 3.- Densidad promedio (ind/L) de la comunidad fitoplanctónica por estación de evaluación. Cr. 1907

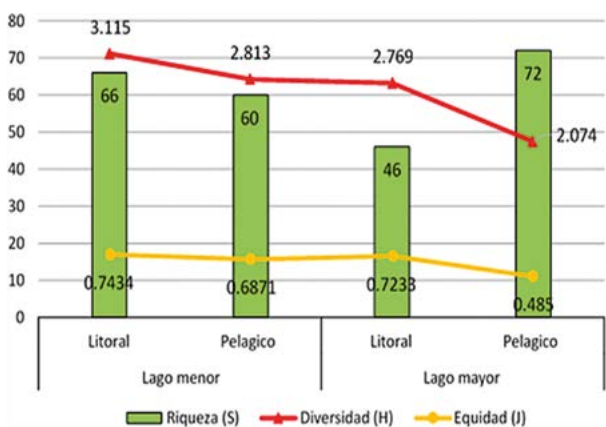


Figura 4.- Índices de Diversidad (H'), Equidad (J) y Riqueza (S) de la comunidad de fitoplancton según zona litoral y pelágica, para el lago Mayor y Menor. Cr. 1907

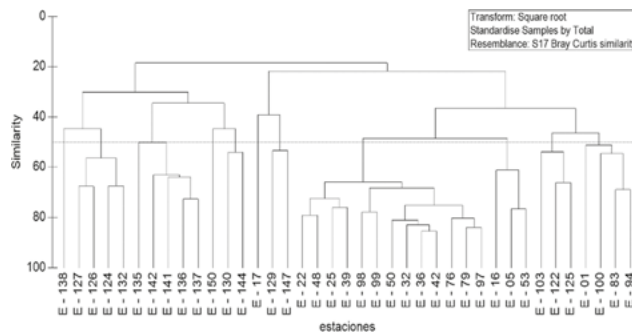


Figura 5.- Dendrograma de similitud cuantitativa de Bray Curtis para el fitoplancton. Cr. 1907

El análisis de similaridad muestra que hay 2 grupos de estaciones que tienen similitud sobre 80%, las cuales pertenecen a las estaciones E-32, E-36 (Perfil Pusi-Vilquechico), E-42 (perfil Moho-Capachica) y E-50 (perfil Tilali-Villa Socca) y el segundo grupo estaría conformado por las estaciones E-76, E-79 (perfil Carabuco-Juli) y la E-97 (perfil Pomata- Península de Copacabana) pertenecientes al lago mayor (Fig. 5).

En el lago Mayor, la composición de algas en función a la profundidad muestra similar densidad en las 3 profundidades, las Bacillariophytas y Charophytas, son las de mayor presencia en los 3 estratos, mayor presencia mostraron las Bacillariophytas en la parte intermedia. Por otra parte, las Ochrophytas y Cyanophytas muestran baja densidad en los 3 estratos de profundidad (Fig. 6).

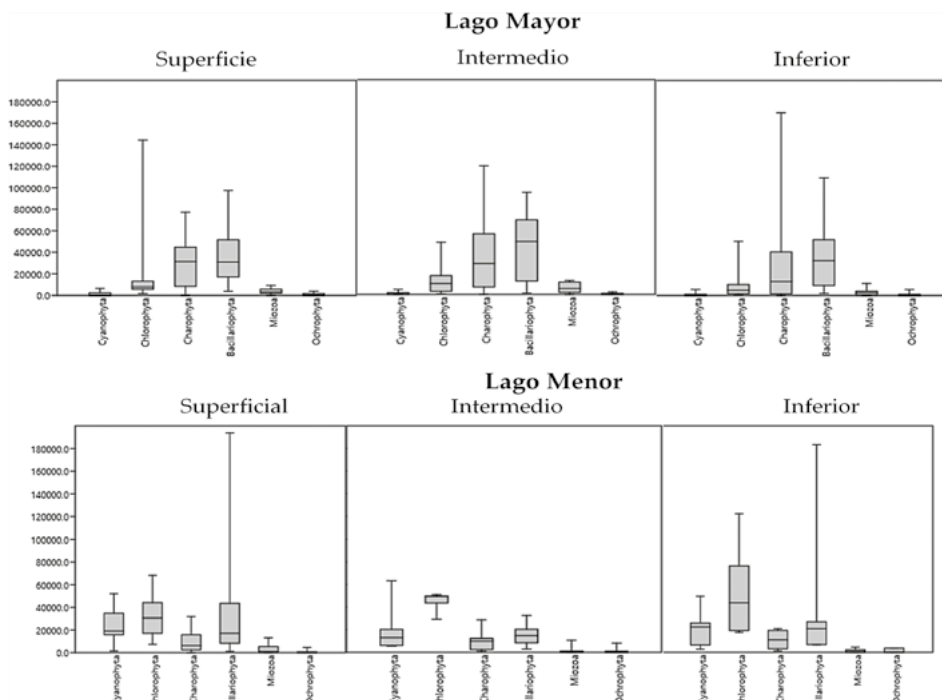


Figura 6.- Diagrama de caja (boxplot) de las densidades medianas del fitoplancton (ind./L) entre las diferentes estaciones y grupos taxonómicos, en los tres estratos de profundidades de las estaciones de muestreo del lago Mayor y lago Menor, combinadas. Cr. 1907

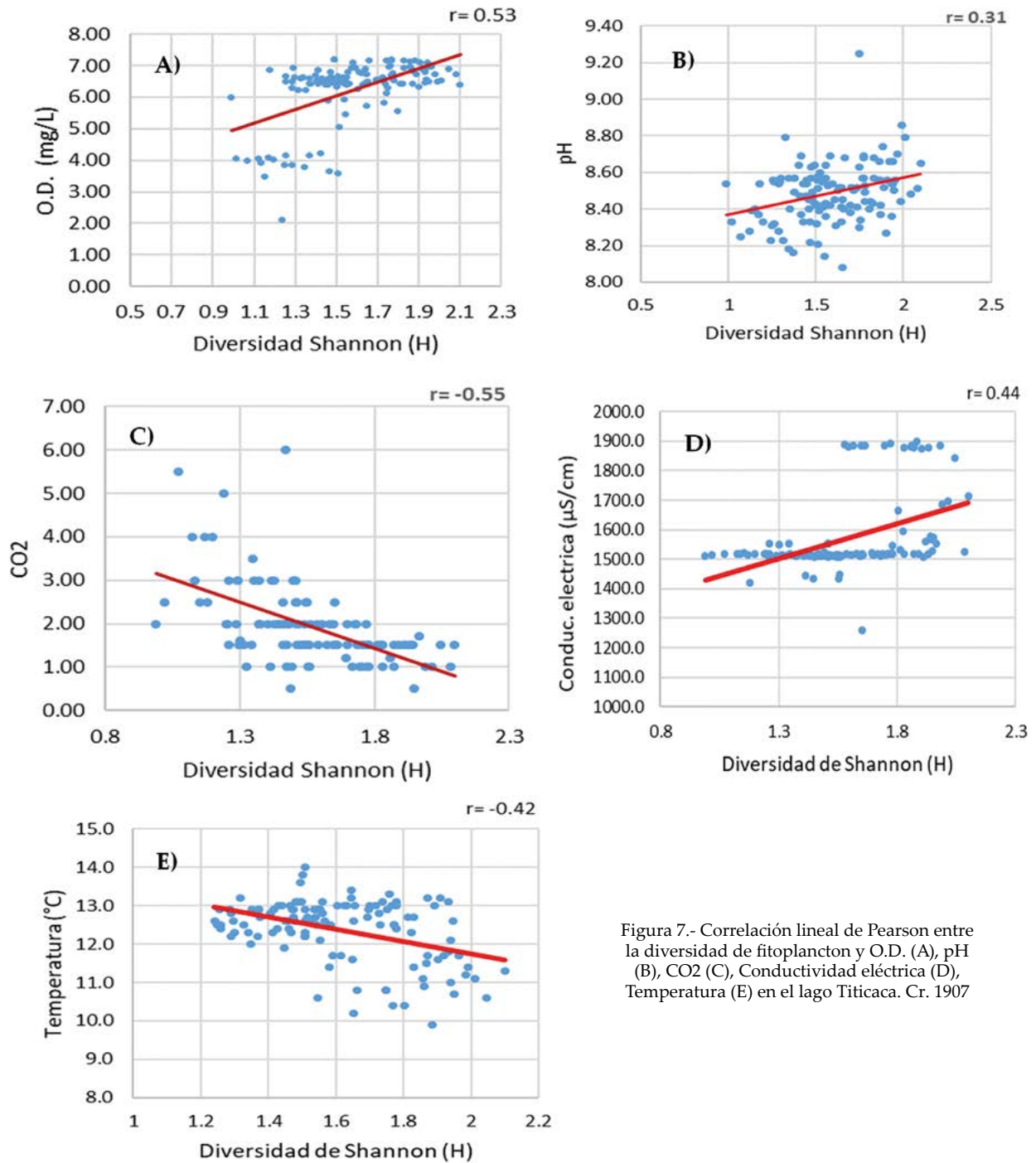


Figura 7.- Correlación lineal de Pearson entre la diversidad de fitoplancton y O.D. (A), pH (B), CO<sub>2</sub> (C), Conductividad eléctrica (D), Temperatura (E) en el lago Titicaca. Cr. 1907

El lago Menor muestra variabilidad entre datos, pero en general las densidades algales se muestran menor en el estrato intermedio. Las Chlorophytas y Bacillariophytas muestran mayor presencia en el estrato superficial, mientras que en el estrato inferior más dominantes son las Chlorophytas. Los grupos Ochrophytas y Miozoa muestran baja densidad en los 3 estratos. Se puede observar que las densidades algales entre el lago Mayor y Menor presentan diferencia, obteniendo mayor densidad el lago Mayor (Fig. 6).

La relación entre la diversidad fitoplanctónica con el oxígeno disuelto ( $r= 0,53$ ) y la conductividad eléctrica ( $r= 0,44$ ), indican correlación moderada y de tendencia positiva, a diferencia con el pH ( $r= 0,31$ ) la correlación que presenta es baja. Por otra parte, la correlación entre la diversidad fitoplanctónica con el CO<sub>2</sub> ( $r=-0,55$ ) y temperatura ( $r=-0,42$ ) indican correlación moderada, pero con tendencia negativa (Fig. 7).

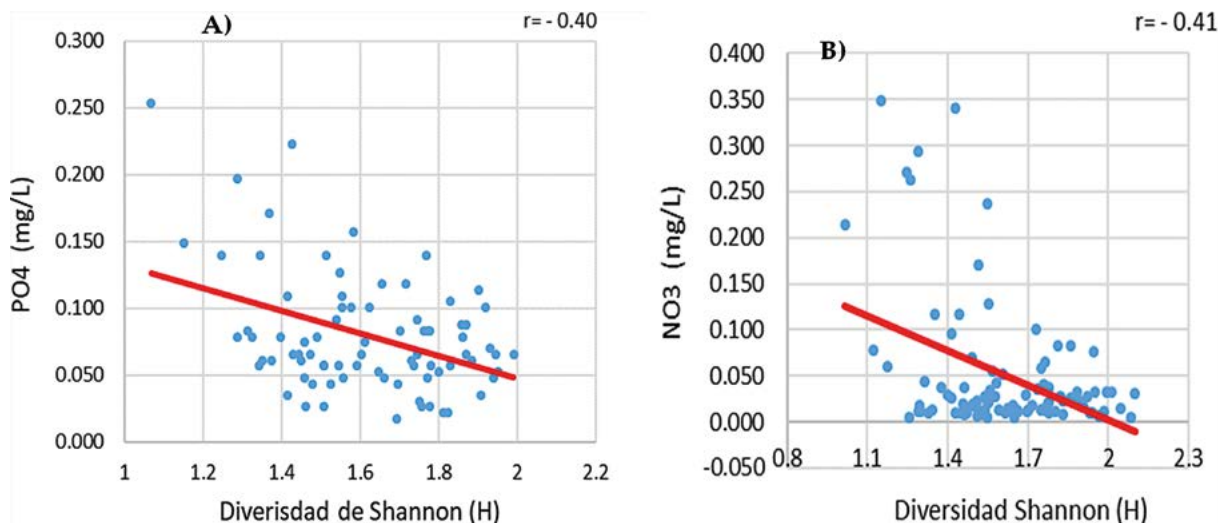


Figura 8.- Correlación lineal de Pearson entre la diversidad de fitoplancton y PO4 (A), NO3 (B) en el lago Titicaca. Cr. 1907

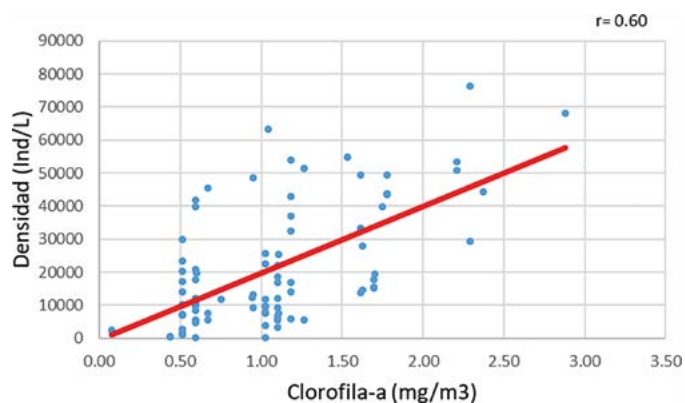


Figura 9.- Correlación lineal de Pearson entre la densidad de fitoplancton y clorofila - a en el lago Titicaca. Cr. 1907

En cuanto a la relación existente entre la diversidad fitoplanctónica y los nutrientes: PO<sub>4</sub> y NO<sub>3</sub> indicaron correlación moderada con tendencia negativa, con valores de  $r = -0,40$  y  $r = -0,41$ , respectivamente (Fig. 8). Finalmente, la correlación entre la clorofila-a y la densidad de fitoplancton, presentó valor  $r = 0,60$  el cual muestra correlación alta con diferencia de los demás parámetros comparados (Fig. 9).

#### 4. DISCUSIÓN

Según la información recopilada por LAZZARO y GAMARRA (2014) de diferentes estudios sobre la composición del fitoplancton en el Lago Titicaca desde 1973 – 1981, el lago Mayor presentaba predominancia de Bacillariophytas, Chlorophytas y Cyanophyta en orden de dominancia, ya para 1984-1985 se reveló predominancia de Chlorophyta (55%), Bacillariophyta y Cyanophyta (19%) y en menor proporción Pyrrophytas (5%) y Crysophytas (2%).

Así mismo, en el informe técnico del IMARPE Cr.1013 del 2013 escrito por C. Villanueva, registró 48 géne-

ros, los cuales estuvieron representados en cuatro divisiones Bacillariophyta (33%), Pyrrophyta (32%), Chlorophyta (29%) y Cyanophyta (6%) y para el 2014 la composición del fitoplancton estuvo representado en cinco grupos de flora fitoplanctónica Chlorophyta (54,55%), seguido de Bacillariophyta (23,38%), continuado de Cyanophyta (15,58%), Pyrrophyta (3,90%) y finalmente de Cryptophyta (2,60%)

Por otro lado, en el informe técnico del PEBLT del 2018, en el lago Mayor, los resultados muestran que el grupo de Chlorophytas y Bacillariophytas son ampliamente dominantes (41,88% y 40,27%, respectivamente), seguido de Dinophytas (8,7%), Cyanophytas (5,5%), Charophytas (3,5%), además presentó 54 taxones a nivel de género. Por otra parte, el lago Menor indicó predominancia de algas verdes como Chlorophyta (60,9%) y Bacillariophyta (22,6%).

Según los resultados obtenidos en julio 2019, en el lago Mayor se observó mayor presencia del grupo Bacillariophyta y Charophyta con 48% y 32%, respectivamente, resultados que se aseme-

jan a los datos presentados por el PELT (2018). Por otra parte, en el lago Menor los grupos que presentaron mayor dominancia fueron Chlorophyta y Bacillariophyta con 40% y 28%, respectivamente, que concuerda con datos reportados por PEBLT (2018) y Lazzaro en el periodo de 1979 – 1980. Además, se registró 69 géneros a lo largo del estudio.

En cuanto a la riqueza, biodiversidad y equitatividad, la comunidad del fitoplancton en la zona litoral y pelágica, en el lago Mayor muestra mayor diversidad en la zona litoral ( $H' = 2,7$ ), a diferencia de la zona pelágica que muestra mayor riqueza ( $S = 72$ ), con diferencia de 26 especies en la zona litoral. En contraste, el lago Menor muestra mayor diversidad en la zona litoral ( $H' = 3,1$ ) con mayor riqueza en la zona litoral ( $S = 66$ ).

## 5. CONCLUSIONES

La composición del fitoplancton varía en los lagos Mayor y Menor del Titicaca. Los 69 géneros registrados en el presente informe pertenecen a seis grupos principales o divisiones, Bacillariophyta, Chlorophyta, Cyanophyta, Charophyta y Dinophyta. En el lago Mayor, Bacillariophyta y Chlorophyta son dominantes y el lago Menor estuvo representado por Chlorophyta y Bacillariophyta.

De forma general, la diversidad del fitoplancton en el lago Titicaca tanto en el lago Mayor como en el Menor, presenta mayor diversidad en las zonas litorales a diferencia de las zonas pelágicas, debido a las condiciones fisicoquímicas particulares y la variedad de nichos que pueden ofrecer las macrofitas acuáticas.

## 6. REFERENCIAS

- ACLETO, C. (1966). Algas de agua dulce de las cascadas de Barranco. 65 pp.
- ACLETO, C., ZÚÑIGA, A. R. (1998). Introducción a las algas. Museo de Historia Natural. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima - Perú. 383 pp.
- ACOSTA, J., PONCE H. A. (1978). Las algas superficiales del lago Titicaca. Universidad Nacional Federico Villarreal. Centro de Investigaciones Pesqueras. Lima – Perú, 1, 5-40.
- ALDAVE, P. A. (1989). Algas. Editorial Libertad E.I.R.L. Urb. Huerta Grande, Trujillo – Perú. Primera Edición. 459 pp.
- ALLMENDINGER, R. W., JORDAN, T. E., KAY, S. M., ISACKS, B.L. (1997). The evolution of the Altiplano Puna of the Central Andes. *Annual Reviews Earth Planet, Sci*, 25, 139-174.
- BOURRELLY, P. (1985) Blue and Red Algae. Euglenes, Peridinians and Cryptomonadales. *Freshwater Algae*, Tome 3. Boubée Ed & Cie, Paris, 606 pp.
- CARNEY, H., RICHESON, P., ELORANTA, P. (1987). Lake Titicaca (Perú/Bolivia) phytoplankton: Species composition and structural comparison with the tropical and temperate lakes. *Arch. Hydrobiol.*, 110 (3), 365-385.
- CONTRERAS, F., ZABALEGUI, L. (1991). Hidrología, nutrientes y productividad primaria en la laguna La Joya-Buenavista, Chiapas, México. *Anales del instituto de Ciencias del Mar y Limnología*, 18 (2), 27 – 215.
- DEJOUX, C., ILTIS, A. (Eds.). (1991). El lago Titicaca: Síntesis del conocimiento limnológico actual. IRD Editions.
- MARPE. (2016). Protocolo: Análisis Cuantitativo del Fitoplancton Continental
- MARPE. (2013). Estudio del fitoplancton durante el crucero de estimación de la biomasa de los principales recursos pesqueros y condiciones limnológicas del lago Titicaca. Cr 1013. Inf Técnico.
- 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.
- LIBERMAN, M., MIRANDA, C. (1987). Contribución al Conocimiento del fitoplancton del Lago Titicaca. La Paz, Bolivia. 78 pp.
- LUND, J. W. G., KIPLING, C., LE CREN. (1958). El método del microscopio invertido para estimar los números de algas y la base estadística de las estimaciones por conteo. *Hidrobiología*, 11, 143-170.
- MINAM. (2014). Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú/Departamento de Limnología, Departamento de Ictiología -- Lima: Ministerio del Ambiente.
- MORENO, C.E. (2001). Métodos para medir la diversidad biológica. Vol. 1. M&T – Manuales y tesis SEA, Zaragoza.
- PARRA, O., GONZALES, M., DELLAROSSA, V., RIVERA, P., ORELLANA M. (1982a). Manual Taxonómico del Fitoplancton de Aguas Continentales: Cyanophyceae. Editorial Universidad de Concepción. Concepción – Chile, 70 pp.
- PARRA, O., GONZALES, M., DELLAROSSA, V. (1982b). Manual Taxonómico del Fitoplancton de Aguas Continentales: Chlorophyceae. Editorial Universidad de Concepción. Concepción – Chile, 151 pp.
- PAWLEY, A., FRITZ, S. C., BAKER, P., SELTZER, G. O. (2001). The biological, chemical, and physical limnology of Lake Titicaca, Bolivia/Peru. In: *The Great Lakes of the World (GLOW)*. Pp. 195-216, Doi: [10.14321/j.ctt1bqzmb5.17](https://doi.org/10.14321/j.ctt1bqzmb5.17)
- PEBLT. (2018). Informe Técnico: Estudio del fitoplancton durante el crucero de estimación de la biomasa de los principales recursos pesqueros y condiciones limnológicas del lago Titicaca. Cr. 0718.
- PRESCOTT, G. (1892). Algae of the western great lakes area with an illustrated key to the genera of desmids and freshwater diatoms. 976 pp
- SHANNON, C., WEAVER, M. (1963). The mathematical theory of communication. University of Illinois Press-Urbana, 125 pp.