

COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA EN LA LAGUNA TRANCA GRANDE (JUNÍN, PERÚ)

STRUCTURE AND COMPOSITION OF THE PHYTOPLANKTONIC COMMUNITY IN TRANCA GRANDE LAGOON (JUNIN, PERU)

Mauro Mariano-Astocondor*

RESUMEN

La laguna Tranca Grande es un sistema en donde se realiza la truchicultura, actividad productiva que sustenta a la laguna desde 1995. Se localiza en el piso Páramo o Montano Tropical en el departamento de Junín, provincia de Jauja a 4320 msnm (11°43'57" S) y (75°13'18" W). Entre enero y diciembre de 1996, mensualmente se evaluó la composición y estructura comunitaria del fitoplancton superficial, en relación con 21 variables físico-químicas de las aguas. Se registraron 51 especies correspondientes a las Divisiones Bacillariophyta, Chlorophyta, Cyanophyta, Euglenophyta, Chrysophyta y Pyrrophyta. Las especies dominantes fueron *Gloeocystis gigas*, y *Ulothrix* sp. En el período lluvioso la precipitación atmosférica influye en la dilución y sedimentación de los macronutrientes responsables de la conductividad, alcalinidad, dureza total, calcio y magnesio, los cuales disminuyen sus valores, así como los valores de la diversidad y la densidad, que también decrecen. En el período de estiaje, las características mencionadas se presentan de manera inversa al período lluvioso. Se definió dos ecuaciones que pueden utilizarse para predecir el número de especies y la densidad del fitoplancton mediante un Análisis de Regresión Múltiple:

- a) N.º de especies = $7,32 + 10,59$ (Transparencia) - $0,1614$ (dureza de calcio) + $4,90$ (nitratos).
- b) Densidad = $-1,00 + 4397,18$ (pH) - $223,6$ (alcalinidad total) - $1,4$ (fosfato)

Palabras clave: fitoplancton, laguna tropical, Tranca Grande, precipitación atmosférica.

ABSTRACT

The Tranca Grande lagoon is one of the systems where the truchiculture is realized, a productive activity which supports the lake since 1995. It is located in the Paramo floor or Tropical Montano in the Department of Junin, Province of Jauja to 4320 m of altitude (11°43'57"S) and (75°13'18" W). The structure and composition of the superficial phytoplanktonic community was studied from monthly samples collected from January to December on 1996 in relation to 21 physical-chemical variables of water. The community showed 51 species belonging to Bacillariophyta, Chlorophyta, Cyanophyta, Euglenophyta, Chrysophyta and Pyrrophyta. The highest average values of density were from *Gloeocystis gigas* and *Ulothrix* sp. On the rainy months, the rain fall had a considerable influence on the dilution and sedimentation of the macronutrients responsible for the conductivity, alkalinity, hardness, calcium and magnesium which decrease their values, and likewise the values of the diversity and density decrease. In the period of low-water mark, the characteristics mentioned about rainy period appear on the inverse way. The quantity of species and their density on the phytoplankton were found with the Multiple Regression Analysis.

- a) Species = $7,32+10,59$ (The clearness of water)) - $0,1614$ (hardness of calcium) + $4,90$ (nitrates).
- b) Density = $-1,00 + 4397,18$ (pH) - $223,6$ (total alkalinity) - $1,4$ (phosphates)

Keywords: phytoplankton, tropical lagoon, Tranca Grande, atmospheric rainfall.

INTRODUCCIÓN

La trascendencia ecológica de las comunidades algales en los ecosistemas de lagos,

lagunas y reservorios tropicales ha sido destacada por Findenege (1965), Brylinsky y Mann (1973) y Lázaro (1981).

(*)Lab. de Fauna Dulceacuicola, Fac. de Ciencias Biológicas. UNMSM. e-mail: d190066@unmsm.edu.pe

Los estudios sobre la estructura de la comunidad algal en sistemas lagunares tropica-

les de alta montaña en vías de explotación son parcialmente conocidos, no obstante que juegan un papel vital en la producción primaria y como alimento del zooplancton, según Scasso et al. (2001).

Los estudios limnológicos realizados en lagos del Sur de América han establecido que éstos presentan una oligotrofia con características comunes a las conocidas en otras latitudes, según Löffler (1964), Richerson et al. (1977), Roldán (1980), Campos (1984), Dejoux e Iltis (1991). La limitación en nutrientes es la mejor explicación para las condiciones oligotróficas de esta laguna y de otros sistemas; estos iones son los principales factores reguladores de la biomasa fitoplanctónica, según Schindler y Fee (1974).

En el Perú, la mayoría de los estudios realizados con las algas planctónicas superficiales son de tipo taxonómico y de distribución geográfica, según Löffler (1964), Richerson et al. (1977), Távora (1980), Hegewald et al. (1980); Carney et al. (1987), Dejoux e Iltis (1991) y Montoya (1993); existen escasos estudios sobre las comunidades fitoplanctónicas y sus variaciones en tiempo y espacio, según Loayza (1976), Carney et al. (1987), Rojas (1988) y Zelada et al. (1994). Esta circunstancia suscitó el interés del autor por realizar investigaciones de algunos aspectos limnológicos en la laguna Tranca Grande, una de las más prósperas en producción pesquera de la región andina del centro del país, comenzando en 1995 con un programa de promoción de piscicultura semiintensiva de *Oncorhynchus mykiss* "Trucha arco iris", para contribuir al mejor aprovechamiento y administración de los recursos hidrobiológicos. Los objetivos de este trabajo fueron:

1) determinar la estructura de la comunidad algal durante un ciclo anual, considerando la composición, diversidad, abundancia y especies dominantes;

2) determinar la similaridad ecológica entre las comunidades y las estaciones de muestreo; y

3) establecer la relación que existe entre los valores físico-químicos de las aguas.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en la laguna Tranca Grande, ubicada en el valle glaciar de la subcuenca del río Tulumayo (Comas), cuenca alta del río Perené, a 4320 m de altitud, localizada en los 11°43' S y 75°13' W en el distrito de Apata al este de la provincia de Jauja, departamento de Junín (Fig. 1). La laguna tiene una superficie de 164 ha, profundidad media de 24,4 m, una línea de desarrollo de 2,28 y un volumen de desarrollo de 1,59 Mariano (2000). Se establecieron cuatro estaciones fijas: las estaciones L1 y L2 que abarcaron la zona litoral, mientras que P1 y P2 abarcaron la zona pelágica.

Los datos físico-químicos de las aguas superficiales, se obtuvieron mensualmente en cada una de las estaciones de muestreo. Se tomaron submuestras de agua (2 L) desde una embarcación de pesca artesanal, para el análisis de: 1) oxígeno disuelto, 2) anhídrido carbónico libre, 3) demanda biológica de oxígeno, 4) nitratos, 5) fosfato, 6) alcalinidad total, 7) dureza total, 8) turbidez, 9) conductividad, 10) fierro, 11) temperatura, 12) pH, 13) sólidos totales, 14) materia orgánica, 15) potasio, 16) sulfatos, 17) calcio, 18) magnesio, 19) sodio, 20) silicatos y 21) transparencia, respectivamente, las cuales fueron determinadas según metodologías de Fukushima et al. (1982) y Apha (1993). Las muestras para los análisis de demanda biológica de oxígeno, turbidez, fierro, sólidos totales y materia orgánica, se conservaron a 4 °C y en la oscuridad (Apha, 1993) para posteriormente ser analizadas en los laboratorios de agua de CERQUIME, Lima, y la transparencia fue medida con un disco de Secchi.

Los muestreos mensuales del fitoplancton superficial por estación de muestreo fueron realizados desde una embarcación de pesca artesanal. En cada fecha se obtuvo tres muestras de 100 ml, filtrando 100 litros de agua con el uso de red estándar de 40 µ. Las muestras

Tabla 1. Valores promedios de los factores físico-químicos de la laguna Tranca Grande

FACTORES		PERÍODO	
		Estiaje	Lluvioso
1	TEMPERATURA (° C)	11.200	11.210
2	SÓLIDOS TOTALES (mg/L)	27.590	29.100
3	TURBIDEZ (UNT)	0.570	0.630
4	TRANSPARENCIA (m)	7.400	7.100
5	CONDUCTIVIDAD (uS/cm)	61.660	51.750
6	pH	7.510	7.130
7	NITRATOS (mg/L)	0.010	0.010
8	FOSFATOS (mg/L)	0.050	0.050
9	SULFATOS (mg/L)	3.660	6.490
10	OXÍGENO DISUELTO (mg/L)	7.430	7.360
11	DBO5 (mg/L)	1.170	1.100
12	MATERIA ORGÁNICA (mg/L)	0.020	0.055
13	ALCALINIDAD TOTAL (mg/L)	29.070	21.990
14	DUREZA TOTAL (mg/L)	21.910	17.890
15	CALCIO (mg/L)	4.630	4.400
16	MAGNESIO (mg/L)	0.400	0.380
17	SODIO (mg/L)	1.070	1.040
18	POTASIO (mg/L)	0.410	0.410
19	CLORUROS (mg/L)	5.830	5.890
20	SILICATOS (mg/L)	39.150	37.750
21	HIERRO (mg/L)	0.030	0.030

ya preservadas con 3 gotas de solución lugol fueron analizadas según la metodología de Prescott (1978) y Apha (1993), utilizando la cámara Sedgwich Raffter de 1 ml de capacidad. La abundancia de las especies se expresó en número de individuos/litro. La estructura comunitaria fue analizada basándose en la determinación de especies y sus densidades. El índice de diversidad H' de Shannon-Wiener fue calculado usando \log_2 .

Los análisis multivariados de la variación de la estructura comunitaria fitoplanctónica, a lo largo del año, fueron realizados utilizando los índices de similaridad de las densidades. Se calculó el índice de similaridad de Bray y Curtis para determinar el grado de diferencia o semejanza entre las densidades de cada estación de muestreo mensual. Se elaboró una matriz de similaridad y su posterior clasificación jerárquica acumulativa, usando el méto-

do de agrupamiento UPGMA para obtener un dendrograma. Se usó el escaleo no métrico multidimensional (NMDS) como técnica complementaria para la determinación de los grupos (Fasham, 1977). Se realizó el Análisis de Componentes Principales para determinar las relaciones existentes entre las variables estudiadas. Los datos considerados para este análisis corresponden a los valores de cada uno de los factores físico-químicos del agua por estación de muestreo mensual.

Se utilizó el Análisis de Regresión Múltiple para establecer cuál de los factores abióticos estarían condicionando al número de especies y la densidad del fitoplancton; la prueba se llevó a cabo con todos los parámetros físico-químicos estudiados. Se usaron los métodos de selección de variables explicativas, basados en las correlaciones significativas más altas, lo que quiere decir que estas variables

Tabla 2. Composición cualitativa del fitoplancton de la laguna Tranca Grande

Nº	Grupo	Especie
1	Euglenophyta	<i>Euglena acus</i> Ehrenberg
2		<i>Phacus contortus</i> Bour
3	Cyanophyta	<i>Oscillatoria limosa</i> (Roth) C.A. Agardh
4		<i>Oscillatoria princeps</i> Vaucher
5		<i>Nostoc sphaerium</i> Vaucher
6		<i>Nostoc</i> sp.
7	Bacillariophyta	<i>Fragilaria leptostauron</i> (Ehrenberg) Hustedt
8		<i>Fragilaria capusina</i> Desmazieres
9		<i>Ceratoneis arcua</i> (Ehrenberg) Kuetzing
10		<i>Synedra accus</i> Kuetzing
11		<i>Synedra ulna</i> (Kuetzing) Ehrenberg
12		<i>Eutonia lunaris</i> Manguin
13		<i>Achnanthes flexella</i> (Kuetzing) Brun.
14		<i>Achnanthes inflata</i> (Kutz.) Grunow
15		<i>Navicula cuspidata</i> Kuetzing
16		<i>Navicula dolosa</i> Manguin
17		<i>Navicula lanceolata</i> Kuetzing
18		<i>Navicula rauchi</i> Manguin
19		<i>Navicula subdeliverata</i> Manguin
20		<i>Frustulia frenquelli</i> Manguin
21		<i>Frustulia vulgaris</i> Thwaites
22		<i>Gomphonema acuminatum</i> Ehrenberg
23		<i>Gomphonema abgustatum</i> (Kuetzing) Rabenhorst
24		<i>Gomphonema constrictum</i> Ehrenberg
25		<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg
26		<i>Cymbella heteropleura</i> (Her.) Kuetzing
27		<i>Cymbella lanceolata</i> (Ehr.) Kirch
28		<i>Epithemia aarhus</i> Kuetzing
29		<i>Epithemia sorex</i> Kuetzing
30		<i>Nitzschia linearis</i> W. Smith
31		<i>Nitzschia palea</i> (Kutz.) W. Smith
32		<i>Pinnularia microstauron</i> Manguin
33		<i>Pinnularia dactylus</i> Ehrenberg
34	Chlorophyta	<i>Pandorina morum</i> (Muell) Bory
35		<i>Spirogyra</i> sp.
36		<i>Mougeotia</i> sp.
37		<i>Zygnema</i> sp.
38		<i>Closterium pseudolunula</i> Borge
39		<i>Closterium Cynthia</i> De Notaris
40		<i>Closterium reniforme</i> (Ralfs) Archer
41		<i>Cosmarium botrytis</i> (Beneghini)
42		<i>Volvox aureus</i> Ehrenberg
43		<i>Gloeocystis gigas</i> (Kuetz) Lagerheim
44		<i>Sphaerocystis achroeteris</i> Chodat
45		<i>Cladophora glomarata</i> (L.)
46		<i>Oocystis bongei</i> (Snow)
47		<i>Crucigenia irregularis</i> (Wille)
48		<i>Staurastrum diekei</i> (Ralfs) Lillieroth
49		<i>Ulothrix</i> sp.
50	Chrysophyta	<i>Hyalobryon mucicola</i> Pascher
51	Pyrrophyta	<i>Glenodinium</i> sp.

contribuyen a la explicación del comportamiento del número de especies y de la densidad. Toda variable no significativa tiene un impacto despreciable en el modelo por su escasa contribución. Este análisis conduce a la formulación de una ecuación que puede utilizarse para predecir el valor de algunas de las variables dependientes (número de especies y densidad) conociendo el valor de las variables independientes asociadas a ellas.

El procesamiento estadístico de los datos fue realizado utilizando los programas computacionales SPSS (V. 9.0), STATGRAPHICS (V. 7.0) y PRIMER.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características físicas y químicas de las aguas

En la tabla 1 se indica que la composición físico-química de las aguas superficiales es poco variable. El sistema presenta aguas blandas, de baja conductividad y baja cantidad de nutrientes. En el período lluvioso (diciembre, enero, febrero, marzo, abril y mayo), la precipitación atmosférica se relaciona con el descenso de los valores de los macronutrientes de las variables conductividad, alcalinidad total, dureza total, calcio y magnesio. Las observaciones concuerdan con Lewis (1987), Löffler (1964) y Margalef (1965), quienes reportan que en los sistemas de alta montaña tropical, la precipitación influye en la dilución y sedimentación de los macronutrientes. En el período de estiaje (junio, julio, agosto, setiembre, octubre y noviembre) las características se presentan de manera inversa al período lluvioso.

En la figura 2, se presenta el Análisis de Componentes Principales de los datos físico-químicos del sistema. Los dos primeros ejes de los componentes explican un 67% del total de la varianza de los datos. Se observa una clara diferenciación en dos zonas, la de muestras en período lluvioso y las de período de

estiaje. El período lluvioso se relaciona con la turbiedad y sólidos disueltos totales y en menor grado al oxígeno disuelto. También se observa cierta relación de las estaciones de la zona norte, la estación pelágica a valores de transparencia y conductividad y la estación litoral (L2) al oxígeno disuelto. Las estaciones sur tienden a tener características semejantes formando una agrupación asociada a la turbiedad y sólidos disueltos. La época de estiaje se relaciona más con las variables indicadoras de eutroficación.

Los rangos de los valores de estos factores se encuentran dentro de los estándares encontrados para otros lagos o lagunas de alta montaña tropicales de origen glacial, como las lagunas situadas en la cordillera andina tropical de Ancash (Stone, 1982), Colombia (Roldan, 1980 y Roldan et al., 1984) y Chile (Campos et al., 1987).

Composición del fitoplancton

La comunidad fitoplanctónica superficial durante el año 1996 se ha caracterizado por la presencia de un total de 51 especies (Tabla 2), de las cuales dos fueron Euglenophyta (3,92%), 4 Cyanophyta (7,84%), 27 Bacillariophyta (52,94%), 16 Chlorophyta (31,37%), una Chrysophyta (1,96%) y una Pyrrophyta (1,96%). Se determinaron que las especies *Gloeocystis gigas*, *Ulothrix* sp., *Zignema* sp., *Closterium pseudolunula*, *Closterium cynthia*, *Cosmarium reniforme*, *Cosmarium botrytis* y *Volvox aureus*, fueron las más frecuentes y abundantes dominando en más del 63,38% del sistema. El número de taxones es variable para la comunidad algal en las diversas lagunas andinas del Perú, así: Loayza (1976) para la laguna Langui-Layo, registra 43 especies; Távara (1980) para el Lago Junín, 102 exceptuando Bacillariophyta y Charophyta; Zelada et al. (1994), para la Laguna San Nicolás, 63; Carney et al. (1987) para el Lago Titicaca, 259; Mariano et al. (1996) para la Laguna de

Tabla 3. Estructura de la comunidad fitoplanctónica. 1-12,13-24, 25-36 y 37-48 = Meses del año de enero a diciembre, para cada estación estudiada.

ESTACIÓN	Meses	Densidad N° ind./l	Especies N	Taxa Dominante en Densidad (%)	Diversidad (bitios)	
L1	1	2070	20	<i>Gloeocystis gigas</i>	16.42	2.26
	2	1234	20	<i>Ulothrix sp.</i>	17.98	2.35
	3	1062	19	<i>Ulothrix sp.</i>	19.30	2.70
	4	1510	19	<i>Ulothrix sp.</i>	11.23	2.14
	5	1552	24	<i>Ulothrix sp.</i>	12.15	2.59
	6	3214	30	<i>Ulothrix sp.</i>	9.69	2.62
	7	2979	30	<i>Ulothrix sp.</i>	9.74	2.52
	8	3962	32	<i>Gloeocystis gigas</i>	10.54	2.82
	9	3962	32	<i>Ulothrix sp.</i>	13.81	2.82
	10	2979	30	<i>Zignema sp.</i>	12.15	2.52
	11	2070	20	<i>Ulothrix sp.</i>	14.41	2.26
	12	1062	19	<i>Ulothrix sp.</i>	12.25	2.70
L2	13	994	17	<i>Ulothrix sp.</i>	10.46	2.20
	14	994	17	<i>Gloeocystis gigas</i>	10.82	2.20
	15	994	17	<i>Zignema sp</i>	11.36	2.20
	16	1062	19	<i>Zignema sp</i>	18.26	2.70
	17	1510	19	<i>Ulothrix sp.</i>	7.21	2.14
	18	2915	24	<i>Zignema sp</i>	7.47	2.41
	19	1540	20	<i>Zignema sp</i>	12.72	2.17
	20	2915	24	<i>Ulothrix sp.</i>	5.55	2.40
	21	2735	24	<i>Ulothrix sp.</i>	5.92	2.48
	22	5136	25	<i>Zignema sp</i>	7.22	2.42
	23	1101	18	<i>Zignema sp</i>	11.62	2.32
	24	1189	17	<i>Zignema sp</i>	10.26	2.25
P1	25	2070	20	<i>Gloeocystis gigas</i>	15.36	2.26
	26	994	17	<i>Gloeocystis gigas</i>	12.07	2.20
	27	1101	18	<i>Gloeocystis gigas</i>	17.25	2.32
	28	1510	19	<i>Navicula dolosa</i>	10.06	2.14
	29	2070	20	<i>Gloeocystis gigas</i>	12.75	2.26
	30	2907	28	<i>Epithemia argus</i>	5.09	2.59
	31	3214	30	<i>Gloeocystis gigas</i>	9.64	2.62
	32	3962	32	<i>Gloeocystis gigas</i>	5.24	2.82
	33	3214	30	<i>Gloeocystis gigas</i>	10.26	2.62
	34	3214	30	<i>Navicula dolosa</i>	4.23	2.62
	35	1510	20	<i>Gloeocystis gigas</i>	20.52	2.17
	36	1101	18	<i>Ulothrix sp.</i>	15.25	2.32
P2	37	1737	17	<i>Gloeocystis gigas</i>	11.16	2.27
	38	1510	19	<i>Gloeocystis gigas</i>	16.15	2.14
	39	1189	17	<i>Gloeocystis gigas</i>	27.08	2.25
	40	1062	19	<i>Cosmarium reniforme</i>	11.48	2.70
	41	1234	20	<i>Gloeocystis gigas</i>	25.7	2.35
	42	2915	24	<i>Gloeocystis gigas</i>	7.20	2.41
	43	2070	20	<i>Epithemia argus</i>	6.37	2.26
	44	2907	28	<i>Gloeocystis gigas</i>	9.35	2.59
	45	2915	24	<i>Gloeocystis gigas</i>	9.12	2.41
	46	2070	20	<i>Gloeocystis gigas</i>	7.00	2.26
	47	1101	18	<i>Gloeocystis gigas</i>	9.99	2.32
	48	1544	17	<i>Gloeocystis gigas</i>	9.45	2.14

Tabla 4. Coeficientes de Correlación de Spearman más significativos respecto a la asociación con las variables.

Parámetros físico - químicos	Coeficiente de correlación de Spearman			
	Nº de especies		Densidad del Fitoplancton	
	r	* p-value	r	p-value
Alcalinidad Total	0,4618	0,0100	0,4910	0,0100
Calcio	-0,4016	0,0500	-0,4122	0,0500
Dureza total	0,4113	0,0500	0,4314	0,0500
pH	0,4219	0,0100	0,3962	0,0100
Nitratos	0,3910	0,0500	0,3610	0,0500
Fosfatos	0,3962	0,0500	0,3984	0,0500
Sílice	0,3925	0,0500	0,4210	0,0500
Transparencia	0,4867	0,0100	0,4933	0,0500

Nivel no significativo ($p > 0.05$)

* p-value: probabilidad de rechazo del parámetro estimado.

Paca, 50; Montoya (1993) para la lagunas Santa Ana, Ninococha y Tinquicocha registra 51 taxones. Estas diferencias de los valores en taxones se deben a los cambios de los substratos geológicos que se presentan en los diferentes ramales de la cordillera andina y que a su vez generan en los sistemas acuáti-

cos variaciones en las condiciones químicas.

La densidad del fitoplancton varió entre los taxa. La División Chlorophyta fue la más representativa con 30 858 ind./L (75,86%), seguido de la División Bacillariophyta con 8 630 ind./L (21,15%), Cyanophyta 760 ind./L

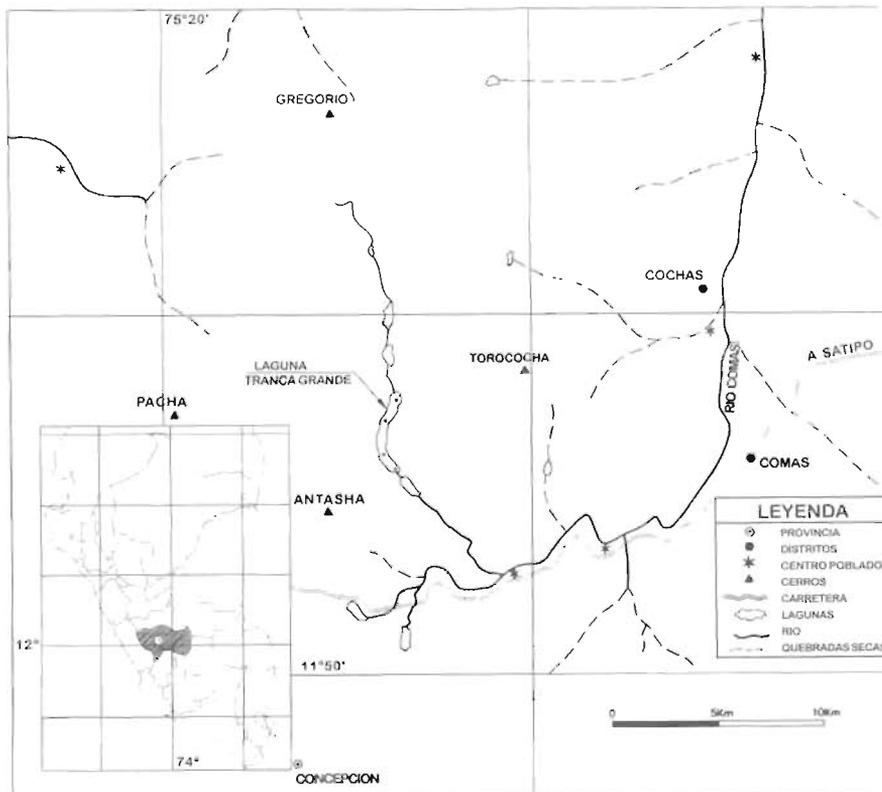


Figura 1. Mapa con la ubicación de la laguna Tranca Grande.

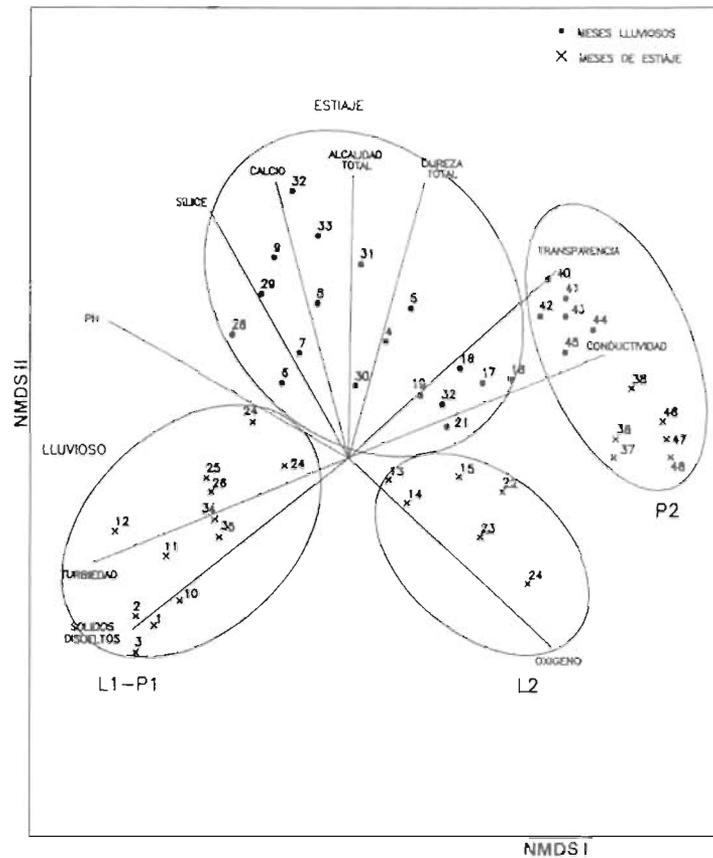


Figura 2. Análisis de componentes principales de los factores físico-químicos en la laguna Tranca Grande. ● = Meses de estiaje, X = Meses de precipitación pluvial.

(1,86%), la Chrysophyta con 224 ind./L (0,55%), la Pyrrophyta con 208 ind./L (0,51%) y Euglenophyta con 150 ind./L (0,37%). Resultados similares en la dominancia de las Chlorophyta, seguido de la Bacillariophyta, fueron obtenidos por Carey (1975), Carney *et al.* (1987), Loayza (1976) y Lázaro (1985) en las lagunas tropicales andinas. Se obtuvieron valores de 944 a 5136 ind./L por muestra (Tabla 3). Las estaciones de muestreo situadas en la zona sur registraron las mayores densidades; mientras que los valores más bajos se registraron en las estaciones de la zona norte que tienen relación con la transparencia y conductividad.

Con respecto a la densidad, en los períodos de estiaje y lluvioso, la mayor densidad promedio fue en el estiaje con 30216 ind./L, mientras que en el período lluvioso fue 19702 ind./L, respectivamente.

Estructura comunitaria

El índice de diversidad (H') en general fluctuó entre 2,14 y 2,82 bits (Tabla 3). El período de estiaje registró la mayor diversidad con 2,43 bits y el período lluvioso con 2,34 bits, valores que son típicos de sistemas acuáticos oligotróficos, lo que es considerado por Margalef (1965) como una característica del estado oligotrófico en los cuerpos de agua dulce. Tal como lo sugieren Loffer (1964), Lewis (1987), y Hegewald *et al.* (1980) observaron que los cambios en los valores de la diversidad y número de especies estaría asociada principalmente a la precipitación pluvial y a la intensidad de la luz, lo cual coincide con los resultados obtenidos en el presente estudio.

El análisis de agrupamiento (Fig.3) entre las muestras mensuales del fitoplancton permitió diferenciar tres grupos al 50% de simila-

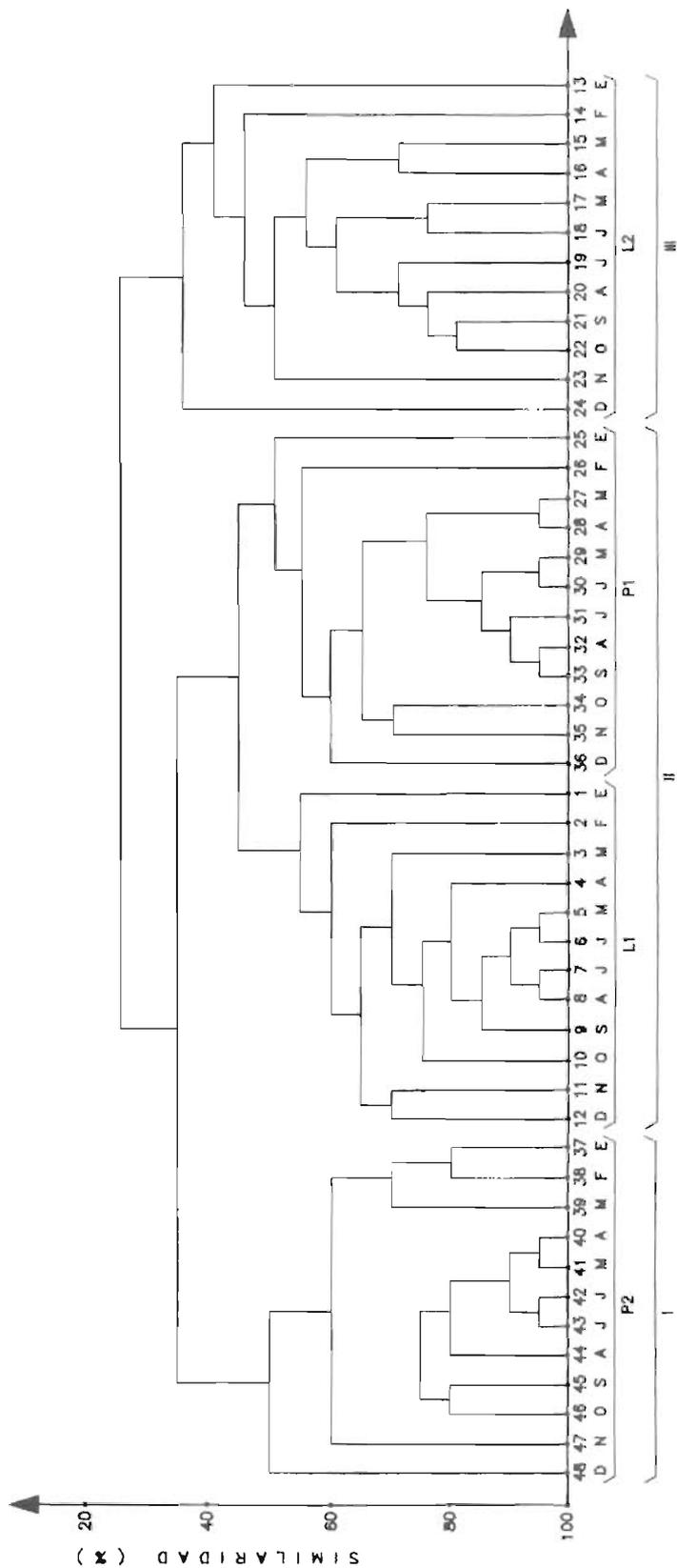


Figura 3. Dendrograma de similitud que muestra tres grupos entre las estaciones de muestreo mensual en la laguna Tranca Grande. I = Estación pelágico norte (P2), II = Estaciones litoral-pelágico sur, III = Estaciones litoral norte(L2).

ridad, cada uno conformado por los periodos de lluvias y de estiaje. El grupo I, asociado a las muestras de la zona pelágica norte (P2) con valores promedios de diversidad (2,34), y número de especies (20). El grupo II aglomeró las muestras de la zona pelágica y litoral sur (L1 y P1) caracterizado por valores promedios de diversidad (2,46) y número de especies (24). Finalmente el grupo III, asociado a la estación litoral norte (L2) que exhibió valores promedios de diversidad (2,30) y número de especies (19). Esto demuestra que en los meses lluviosos las muestras tienen un menor grado de similitud influenciado por la precipitación atmosférica que establecen la dilución y sedimentación de los macronutrientes. En los meses de estiaje las muestras tienen un grado de similitud mayor, particularmente en los meses de junio, julio, agosto y setiembre donde son escasas las lluvias.

Tipificación de los parámetros abióticos

La tabla 4 muestra las correlaciones entre los factores físico-químicos (alcalinidad total, calcio, dureza total, pH, nitratos, fosfatos, sílice y transparencia) y los parámetros biológicos (número de especies y densidad poblacional) del fitoplancton, y se observa que existen correlaciones significativas ($p < 0,05$) entre estos factores mencionados.

El Análisis de Regresión Múltiple para el número de especies del fitoplancton (Y) se definió en un 61% con un total de 3 parámetros ambientales, mediante la siguiente ecuación:

$$Y = 7,32 + 10,59(\text{transparencia}) - 0,1614(\text{dureza de Calcio}) + 4,90(\text{nitratos})$$

$$\text{Con } R^2 = 0,37 \quad R = 0,61 \quad p = 0,001$$

Mientras la densidad del fitoplancton (Y) se definió en un 65% con un total de 3 parámetros ambientales, se define con la ecuación:

$$Y = -1,00 + 4\,397,18(\text{pH}) - 223,6(\text{alcalinidad total}) - 1,4(\text{fosfato})$$

$$\text{Con } R^2 = 0,42 \quad R = 0,65 \quad p = 0,001$$

Los modelos de regresión lineal muestran que el fitoplancton de la laguna está predominantemente controlado por las condiciones físico-químicas del agua, además proveen evidencia indirecta de las interacciones bióticas, las cuales pueden estar jugando un rol importante en el estado trófico.

AGRADECIMIENTOS

A los profesores: Pedro Huamán, Egma Mayta y Enrique Vinatea por su apoyo y amistad durante el desarrollo de la investigación.

LITERATURA CITADA

- APHA, AWWA, WPCF. 1993. Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. 17.ª ed. Edic. Díaz de Santos S. A. 1 - 1 a 10 - 220 pp.
- Berilinsky, M. y K. H. Mann. 1973. An analysis of factors governing productivity in lakes and reservoirs. *Limnol. Oceanogr.* **18**(1):1-14.
- Campos, H. 1984. Limnological study of Araucarian lakes (Chile). *Ver. Int. Vencin Limnol.* **22**: 1319-1327.
- Carey, S. P. 1975. Desmicias de la Laguna de Llanganuco. *Rev. Conocimiento. U. N. Amaz. Perú. Iquitos* **1**(2): 27- 32.
- Carney, H. J.; P. J. Richerson y P. Eloranta. 1987. Lake Titicaca (Perú/Bolivia) Phytoplankton: species composition and structural comparison with other tropical temperate lakes. *Arch Hydrobiol.* **110**(3): 365-385.
- Campos, H.; W. Steffen; O. Parra; P. Domínguez; G. Agüero. 1987. Estudios Limnológicos en el Lago Caburgua (Chile). *Gallana, Bot.* **44**(1-4): 61-84.
- Dejoux, C. y A. Ittis. 1991. El Lago Titicaca. Síntesis del Conocimiento Limnológico. Actual ORSTM Imp. Talleres Gráficos Hisbol. La Paz, Bolivia. 578 pp.
- Fasham, M. J. R. 1977. A comparison of nonmetric multidimensional scaling, principal components and reciprocal averaging for the ordination of simulated coenoclines, and coenoplanes. *Ecology* **58**: 551-561.
- Findeneg, I. 1965. Factors controlling primary productivity, special with regard to water replenishment, stratification and mixing. In Golman C.G. (Ed). *Primary Productivity in Aquatic Environments. Mem. Inst. Ital. Hidrobiol* **18**(suppl.) also Univ. Calif. 1966: 107-119.

- Fukushima, M.; G. Sifuentes; G. Saldaña; G. Castillo; G. Reyes & L. Shimokawa. 1982. Métodos Limnológicos. UNT. Trujillo, Perú. 183 pp.
- Hegewald, E. E. Schnept y A. Aldave. 1980. Investigations on The Lakes of Perú and Their Phytoplankton 5. Arch. Hydrobiol., suplement 56: 387-420.
- Lázaro, X. 1985. Poblaciones, biomásas y producciones fitoplanctónicas del Lago Titicaca. INS. Ecología en Bolivia N. 7. pp.23-63.
- Lewis, W. M. 1987. Tropical Limnology. Ann. Rev. Ecol. Syst. 18: 159-184.
- Löffler, H. 1964. The Limnology of Tropical High-Mountain Lakes. Verh. Internat. Vere in Limnol. 15: 176-193.
- Loayza, F. W. 1976. Contribución al conocimiento Limnológico del Lago Langui-layo. Canas. Cuzco. Conv. MIPe y la UNSAC. 74p.
- Mariano A. M. G. 2000. Evaluación Limnológica de la Laguna Tranca Grande del distrito de Apata (Jauja, Junín). Tesis para optar el Grado de Magister en Recursos Acuáticos. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Mariano, G.; E. Mayta; M. Lleclish y V. Ruez. 1996. Estructura del Fitoplancton superficial en la laguna de Paca. V Reunión Científica del ICBAR-FCB UNMSM. Lima, Perú. Libro de Resúmenes.
- Margalef, R. 1965. Ecological correlation and the relationship between primary productivity and community structure. Mem. Inst. Ital. Hidrobiol., suplement 18: 335-364.
- Montoya, T. H. y M. Benavente. 1993. Microalgas altoandinas de la localidad de Raura, Lima. Rev. Annaldoa, Vol.1(4):23-72.
- Prescott, G.W. 1976. How to know the freshwater algae. Wm C. Brow Co. Publishers. Iowa. 293 pp.
- Richerson, P. J.; C. Widmer y T. Kittel, 1977. The Limnology of lake Titicaca (Perú-Bolivia) Univ. California Davis Inst. Ecology 78.
- Roldan, G. 1980. Estudios limnológicos de 4 ecosistemas neotropicales diferentes con especial referencia a su fauna de efemerópteros. Actual. Biol. 9(34): 103-117. 529 pp.
- Roldan, G.; M. Correa; T. Machado; J. Ramirez; F. Velásquez y F. Zuluaga. 1984. Estudio Limnológico de la represa el Peñol. Actual. Biol. 13(50): 95-105.
- Rojas, A.H. 1988. Notas Ecológicas sobre el Lago Langui-layo (Cuzco). Bol. Lima. N.º 56.
- Ryder, R. A.; S. R. Kerr; K. H. Loftus, and H.A. Regier. 1974. The Morphoedaphic index, a fish yield estimator- review and evaluation. J. Fish. Res. Board. Canadá 31: 663-688.
- Scasso, F.; N. Mazzeo; J. Gorga; G. Lacerat; I. Clemente; D. Fabiani and S. Bonilla. 2001. Limnological changes in a sub-tropical shallow hypertrophic lake during its restoration: two years of a whole-lake experiment. Aquatic. conserv. Mar. Frshw. Ecosyst. 11: 31-44.
- Schindler, D. W. y E. J. Fee. J. 1974. Primary Production in Freshwater. Proc. Ist. Internat. Congr. Ecology. The Hague, Sept. 16: 1-150
- Schindler, D. W. 1971. A Hipotesis to Explain Differences and Similarities among Lakes in the Experimental Lakes Area, Northwestern. Ontario. J. Fish. Res. Board Canadá 28.
- Stone, H. T. 1982. A Biological and Economic Evaluation of Trout Production in Peruvian Lakes. Doctor thesis of Philosophy. Colorado State University. 110p.
- Távora, M. S. 1980. Algas del Lago Junín. Tesis para optar el Título de Biólogo. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Zulada, E. M.; L. T. Cabrera y N. Vásquez. 1994. Fitoplancton superficial de la Laguna San Nicolás del Departamento de Cajamarca. Perú. Reviol. 13 (1-2): 67- 83.