



# RiUPTC

Repositorio Institucional  
UPTC

[repositorio.uptc@uptc.edu.co](mailto:repositorio.uptc@uptc.edu.co)



#### 4.1.3 VARIACIÓN ESTACIONAL DE LA ESTRUCTURA DEL FITOPLANCTON EN EL LAGO DE TOTA (BOYACÁ-COLOMBIA). ALEJANDRA JIMENEZ ROJAS

Alejandra Jiménez Rojas<sup>1\*</sup>, Nelson Javier Aranguren Riaño<sup>1\*\*</sup>.

<sup>1</sup>, Grupo de investigación Unidad de Ecología en Sistemas Acuáticos-UDESA, Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Av. Central del Norte 39-115 Tunja, Colombia

\* [alejandrajr22@hotmail.com](mailto:alejandrajr22@hotmail.com)

\*\* [nelson.aranguren@uptc.edu.co](mailto:nelson.aranguren@uptc.edu.co)

#### Introducción

El fitoplancton se define como un ensamble de organismos fotosintéticos, que habitan las aguas abiertas o zonas pelágicas, ya sea en el mar o en agua dulce, que están adaptadas a la suspensión y a los movimientos que el viento o corriente genera sobre ésta [1-2-3]. Su dinámica y estructura están regidas por los cambios del medio físico de la columna de agua [3-4]. También la composición de especies puede verse afectada por factores biológicos [5-2]. Ante los cambios en el hábitat, las algas planctónicas han desarrollado estrategias propicias para la supervivencia a nivel morfológico y fisiológico, que entre otras cosas explican la diversificación a niveles tan especializados que permiten la coexistencia de un número importante de especies en un reducido volumen [6-3], ésta coexistencia como lo menciona [7] en la denominada “Paradoja del plancton” está dada por las modificaciones continuas de las condiciones de crecimiento, lo cual favorece que las especies en competencia serán diferentes en momentos distintos. Basándose en esto y en el concepto de selección r y K, [7] propone un modelo donde muestra el comportamiento del fitoplancton ante el incremento de nutrientes y la turbulencia en el medio. Posteriormente [8] propuso tres categorías: estrategias C o competidores, estrategias S o tolerantes al estrés y estrategias R o ruderales. Éste mismo autor más adelante presentó una clasificación



funcional para las algas planctónicas, se trata de 31 asociaciones donde la mayoría de grupos son polifiléticos y responden a patrones similares en las condiciones de hábitat en la columna de agua, debido a que comparten rasgos adaptativos [9].

En Colombia se han elaborado varios trabajos acerca de la biología del plancton, aportando entendimiento a la estructura y dinámica de los sistemas acuáticos [10], dentro de estos trabajos están los realizados en la Laguna de Fúquene, donde se estudió la estructura y dinámica del fitoplancton, [11]. [12], presenta una síntesis de la biología del fitoplancton epicontinental de Colombia. También está el trabajo de [13], que estudiaron las variaciones temporales y verticales de la estructura del fitoplancton y su relación con algunos parámetros morfométricos de cuatro embalses de Antioquia. Otros estudios, en la laguna de Guatavita, afirman que la mezcla fue el factor que influyó en la reducción de la riqueza y la diversidad del fitoplancton total [14] y que el aumento de nutrientes con la temporada de lluvias, generan un aumento en la biomasa [15]. En cuanto a el lago de Tota se han realizado algunos estudios sobre la estructura de la comunidad fitoplanctónica. [16], registró 42 especies mostrando dominancia de las clases Bacillariophyceae y Chlorophyceae. [17] encontraron que las, Chlorophyceae, Cyanophyceae y Dinophyceae, eran las algas que predominaban en este ecosistema. Al mismo tiempo reportaron 32 especies por primera vez para el lago. En el 2004 [18] realizaron un estudio sobre la estructura de la comunidad fitoplanctónica en el sector Lago Chico. También [19], elaboraron un listado taxonómico de las algas planctónicas del Lago obteniendo un total de 147 especies, de las cuales 77 fueron reportadas por primera vez para Tota. Asimismo las clases con mayor riqueza fueron Zygnematophyceae, Chlorophyceae y Fragilariophyceae. Situándonos en las condiciones limnológicas, el lago ha venido desarrollando cambios en el tiempo, registros de años anteriores evidencian que la transparencia y porcentaje saturación de oxígeno han disminuido y el pH y la conductividad eléctrica reflejan aumento. El presente trabajo tuvo

como objetivo actualizar la información de la composición taxonómica y estructura de las algas planctónicas del Lago de Tota con relación a la evolución de algunas condiciones limnológicas.

### **Materiales y Métodos**

Se realizaron 6 muestreos mensuales en el lago de Tota, entre octubre de 2013 y marzo de 2014, en dos puntos, uno en la región limnética del lago Grande y otro en la región limnética del lago Chico. En cada punto se tomaron datos de transparencia mediante el disco de Secchi (m), en la superficie del lago, pH con equipo Schott portátil, oxígeno, saturación del oxígeno y temperatura (C°) con oxímetro YSI 55, conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) con Conductímetro YSI 30, alcalinidad y dureza, empleando los Kits de Aquamerck ; en cuanto al fósforo y nitrógeno total, se tomó 500 ml de agua por cada punto, estas fueron envasadas en botellas de vidrio color ámbar, preservadas con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> hasta obtener pH de 2 y refrigeradas [20-21]. Para el análisis del fitoplancton se colectaron muestras cuantitativas y cualitativas. Las muestras cualitativas se tomaron por medio de arrastre de red de 17 $\mu\text{m}$  de poro, una muestra por punto y se fijaron con solución Transeau [22-23]. Para las muestras cuantitativas, en cada punto se extrajeron muestras de tres profundidades, según la transparencia Secchi, éstas se fijaron con lugol [23-24]. La identificación taxonómica de las algas se realizó empleando microscopio óptico, claves especializadas y registros para la zona. Además se contó con la confirmación de morfotipos por parte de los profesores Ángela Zapata y Carlos Rivera de la Pontificia Universidad Javeriana. La densidad de algas se estableció mediante conteo en cámaras de sedimentación según el método Utermöhl descrito por [25], dejando sedimentar 20 ml de muestra por cámara. El número de algas por volumen del agua se estimó mediante el método de [26]. Se realizaron cálculos de los índices Shannon-Wiener y Simpson para analizar la composición y estructura de la comunidad fitoplanctónica. Para identificar patrones temporales en la condición física y química de Lago se realizó un análisis de componentes

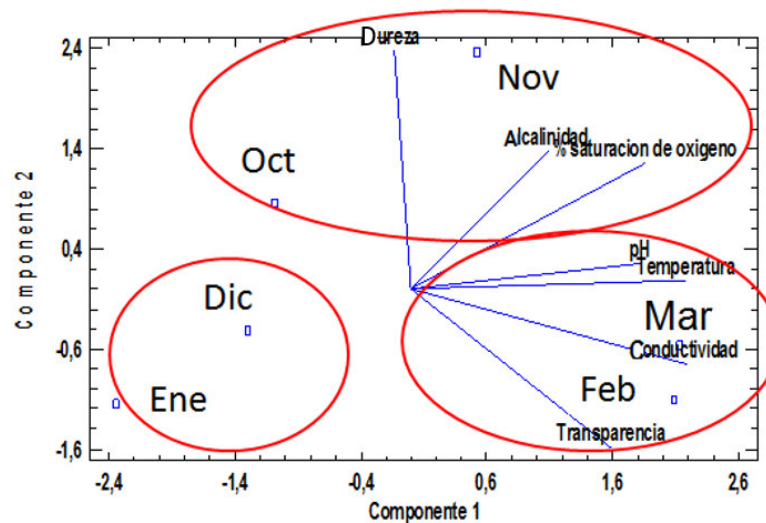


principales (ACP) utilizando el paquete estadístico statgraphics versión prueba y para evaluar la asociación entre la variación estacional de la estructura del fitoplancton con respecto a la variación de la expresión física y química del lago, se realizó un análisis de correspondencia canónica (CCA) empleando programa estadístico R versión libre.

### Resultados y Discusión

La variación en el nivel de agua del lago fue el patrón que influyó en el agrupamiento de las variables físicas, químicas y biológicas. La conductividad eléctrica, transparencia y dureza fueron las variables que explicaron el ordenamiento espacio temporal. La disminución de la transparencia del agua a lo largo del estudio y de los años, puede estar determinada por partículas suspendidas que ingresan como material alóctono al sistema, presencia de algas planctónicas y la turbulencia generada por mezclas, esto se debe a la absorción, dispersión y atenuación de la luz que éstas generan cuando penetra en el lago [27-3]. Esto podría explicar los mínimos valores de transparencia (3,8m) que se presentaron en los meses donde las densidades de algas eran las más altas en el estudio que corresponde a la época donde el nivel del lago era alto y el aumento de la transparencia (6,5m) cuando disminuyó las densidades de las algas (nivel bajo de agua). Los valores de conductividad eléctrica estuvieron entre 82,6 y 87,8  $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ , según [28], estas concentraciones altas (respecto a lagos de alta montaña) están dadas por su ubicación geográfica, y en cierto grado son independientes de la actividad biológica y estado trófico del lago, y dependen más de las características hidrogeológicas de la región [29-30-5] ,además ésta variable está estrechamente relacionada con la dureza que conforme a [3] y los valores altos obtenidos, el agua corresponde a la categoría de blanda y productiva. Por otro lado los valores de conductividad eléctrica fueron bajos en la época cuando el nivel del lago era alto, esto se debe a que por efecto de la dilución mineralización disminuyó. En cuanto a la dureza los valores altos se dieron en ésta época

indicando posiblemente altas concentraciones de calcio y magnesio. El análisis de componentes principales mostró que en el tiempo de estudio se presentaron en los dos sectores del lago, tres momentos, probablemente estén relacionados con los niveles de agua en el lago. En Lago Grande la varianza explicada por los dos primeros componentes fue de 76,74 %. El primer componente explicó el 49,93 % y se relacionó significativamente con la conductividad, el segundo (26,80%) con la dureza y negativamente con la transparencia. El primer agrupamiento: noviembre y octubre, meses relacionados con valores altos de saturación de oxígeno, alcalinidad y dureza (nivel alto de agua). El segundo, diciembre y enero periodos de conductividad eléctrica bajos (nivel de descenso) y el tercero, febrero y marzo donde los valores de pH, temperatura, conductividad y transparencia fueron los más altos (nivel bajo de agua) (Figura 1.).

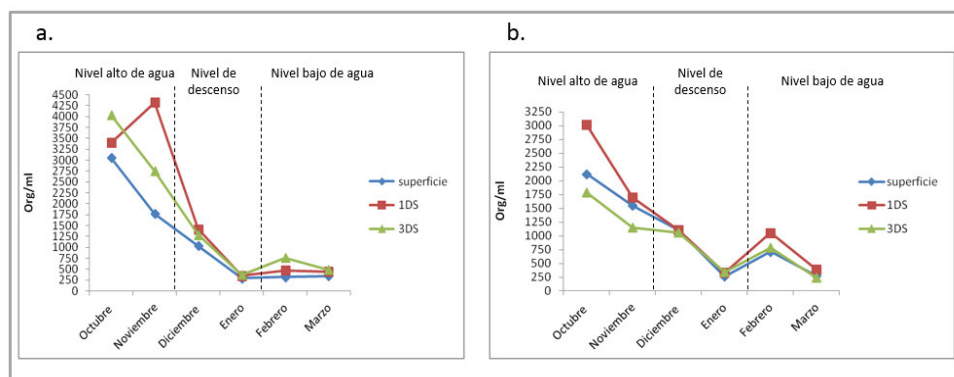


**Figura 1.** Análisis de componentes principales para las variables físicas y químicas de Lago Grande

Se registraron 68 especies de algas distribuidas en 42 géneros, 28 familias, 16 órdenes, 8 clases y 6 divisiones, además se reconoció 27

registros nuevos para el lago de Tota. Las clases Chlorophyceae y Zygnematophyceae fueron las que predominaron a lo largo de los seis meses, éste reporte coincide con en el trabajo de [19], sin embargo ellos reportaron 147 especies, lo que evidencia una disminución de riqueza durante este lapso tiempo. Ésta reducción de especies podría estar dada por procesos de fluctuación del estado trófico del cuerpo de agua [29]. Cabe resaltar que Chlorophyceae se ha mantenido como una de las clases dominantes en los últimos estudios realizados [16-17-18-19].

Las mayores abundancias del fitoplancton se expresaron en el periodo de nivel alto del lago (Figura 2.), esto concuerda con el patrón monomodal encontrado por [10] en la laguna de Chingaza, donde el máximo de la densidad se presenta en el período de lluvias (nivel alto de agua) y el mínimo en los meses más secos. Estas variaciones de la abundancia podrían estar dadas por el aumento en las mezclas verticales y la turbulencia, debido a que estos factores incrementan la concentración de nutrientes y bajan la intensidad lumínica favoreciendo a las especies [6-13-15].



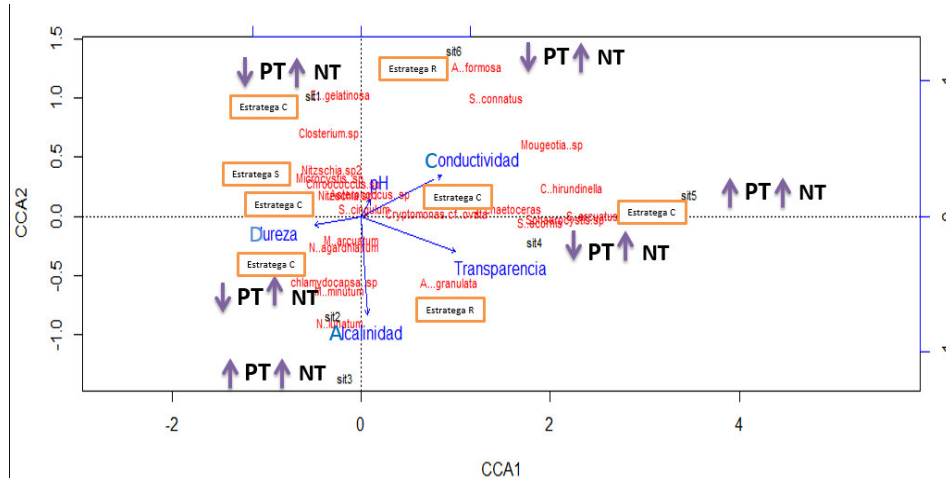
**Figura 2.** Densidad de algas presente en el lago de Tota durante el periodo de estudio. a. Lago Grande y b. Lago Chico.

Las clases que presentaron mayor abundancia fueron Chlorophyceae y Zygnematophyceae, siendo *Monoraphidium arcuatum*, *M. minutum*,



*Elakatothrix gelatinosa*, *Closterium* sp y *Sphaerocystis* sp las especies que aportaron mayor densidad en el estudio, estas al igual que las demás especies registradas, se caracterizan por ser especies de distribución cosmopolita, propio de lagos de alta montaña [31-12]. Asimismo estas especies pueden dar idea del estado trófico del lago como *Monoraphidium arcuatum* y *M. minutum*, presentes en la mayoría de los meses y reportadas por [32], en ecosistemas eutróficos y de aguas alcalinas, *Closterium* sp como bioindicadores de meso a eutrofia y *Sphaerocystis* sp indicador de eutrofia, de acuerdo con la compilación bibliográfica de [33]. El análisis de correspondencia canónica para lago Grande explica el 77,91 % de la varianza en los dos ejes. El primer eje (42,12 %), se relacionó positivamente con la transparencia y conductividad y negativamente con dureza, el segundo (35,79%) mostró una correlación negativa con la alcalinidad (Figura 3.). Según el CCA las variables ambientales que explican la variación estacional de la estructura del fitoplancton fueron la transparencia, conductividad eléctrica, dureza, alcalinidad y pH. Sus fluctuaciones están relacionadas con la precipitación como lo sugiere [10-16-13]. Se observó durante los meses de muestreo, que la transparencia presentó los valores más altos en la época de nivel bajo de agua, esta variable se vio relacionada con las especies *Aulacoseira granulata*, *Asterionella formosa*, *Asterococcus* sp, *Ceratium hirundinella*, *Cosmarium* sp, *Cryptomonas* cf. *ovata*, *Mougeotia* sp, *Sphaerocystis* sp, *Staurastrum chaetoceras* y *Staurodesmus dickiei*, quienes se aumentaron las densidades en este periodo, destacando a *A. formosa* y *Mougeotia* sp, quienes surgen bajos estas condiciones, además de altos valores de conductividad, lo que demostró que el grado de mineralización en febrero y marzo fue el óptimo para el establecimiento de estas especies.





**Figura 3.** Análisis de correspondencia canónica (CCA) basado en las variables físicas y químicas y densidades (org/ml) de las especies Lago Grande.

### Importancia y aplicación

La actualización y recopilación de los cambios que se están dando tanto de la comunidad fitoplanctónica como en las variables ambientales en el lago de Tota a través de los años.

### Referencias

1. Harris, G. *Phytoplankton ecology. Structure, function and fluctuation*, Chapman y Hall, Nueva York, (1986).
2. Reynolds, C. *The Ecology of freshwater Phytoplankton*, Cambridge University press, Nueva York, (1984).
3. Roldan, G y Ramírez, J. *Fundamentos de Limnología Neotropical*. Editorial Universidad de Antioquia, 2 Ed. Colombia, (2008).
4. Reynolds, C. *The Ecology of Phytoplankton*, Cambridge University press, Nueva York, (2006).
5. Esteves, F. *Fundamentos de Limnología* 3° edición. Editora Interciência. Rio de Janeiro, Brasil, (2011).
6. Margalef, R. "Life-forms of phytoplankton as survival alternatives in an unstable environment". *Oceanol Acta* Vol. 134 p. 493-509, (1978).



7. Hutchinson, G. E. “The paradox of the plankton”.AM NAT Vol. 96 p. 137-145. (1961).
8. Reynolds, C. “Functional Morphology and adaptive strategies of freshwater phytoplankton”. en: C. D. Sangren, *Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton*, Cambridge University Press, Cambridge, p. 388-433. (1988).
9. Reynolds, C.S., Huszar V., Kruk C., Naselli-Flores L. y Melo S. “Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton”, J PLANKTON RES Vol 24 p. 417–428, (2002).
10. Donato, J. “Fitoplancton y aspectos físicos y químicos de la laguna de Chingaza en Cundinamarca, Colombia” *Caldasia* Vol.16 p. 489-500. (1991).
11. Donato, J., Duque, S.R. y L. Mora-Osejo. “Estructura y dinámica del fitoplancton de la Laguna de Fúquene”. *Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Física y Naturales* Vol. 16 p. 113-144, (1987).
12. Duque, S. *Biología del fitoplancton epicontinental de Colombia*. (Inédito), Universidad Nacional de Colombia, (1998).
13. Ramírez, J., Bicudo, C., Roldán, G. y L. García. “Temporal and vertical variations in phytoplankton community structure and its relation to some morphometric parameters of four Colombian reservoirs”. *Caldasia* Vol. 22 p. 108-126. (2000).
14. Rivera, C., Zapata, A y J. Donato. “Phytoplankton diversity in a tropical high mountain lake”. *Verh.internat.Verein.limnol* Vol.29 p. 418-421. (2005).
15. Zapata, A., Rivera, C. y J. Donato. Dynamics of photosynthetic pigments in an Andean lake in Colombia. *Lakes & Reservoirs: Research and Management* Vol. 11 p. 29-38. (2006).
16. Donato, J. *Fitoplancton de los lagos andinos del norte de Sudamérica: composición y factores de distribución*. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Bogotá. (2001).
17. Bermúdez, A y M. Moreno. “Estudio de la comunidad fitoplanctónica en el lago de Tota (Colombia-Boyacá)”. Tesis pregrado, Universidad



Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Facultad de ciencias básicas, Escuela de ciencias biológicas. (2002).

18. Cardozo, A y S. Pita. “Estudio de la estructura cualitativa y cuantitativa de la comunidad fitoplanctónica del lago de Tota sector lago Chico (Aquitania-Boyacá)”. Tesis pregrado. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Facultad de ciencias básicas, Escuela de ciencias biológicas. (2004).
19. Cardozo, A., Bermudez, A., Aranguren, N. y Duque, S. “Algas planctónicas del lago de Tota: listado taxonómico actualizado” Ciencia en Desarrollo Vol.2 p. 80-88. (2005).
20. ASTM. *Standard Test Method for Total Kjeldahl Nitrogen in Water*, American Society for Testing and Materials, USA, ASTM Committee on Standards, Philadelphia PA. (1994).
21. APHA-AWWA-WPCF. *Methods for Examination of Water and Wastewater*. Washington, DC. (1992).
22. Ramírez J. *Fitoplancton de agua dulce, aspectos ecológicos, taxonómicos y sanitarios*. Editorial Universidad de Antioquia. (2000).
23. Rueda, G., Aranguren, N., Bolivar, A., Canosa, A., Galvis, G., Mojica, J., Donato, J., Ruiz, E. y U. Schmidt. *Manual de métodos en Limnología*. Asociación Colombiana de Limnología ACL-limnos. Colombia. (2002).
24. Ferrario, M., Sar, E. y S. Sala. Metodología básica para el estudio del fitoplancton con especial referencia a las diatomeas. pag 2-23 en: Iveal K., ME Ferrario, EC Oliveira y E. Sar. (ed.). *Manual de Métodos Ficológicos*. Universidad de Concepción, Chile. (1995).
25. Villafañe, V y F, Reid. “Métodos de microscopía para la cuantificación del fitoplancton”. En: Alveal K, ME Ferrario, EC Oliveira y E Sar (eds.). *Manual de métodos ficológicos*, pag. 169-185. Universidad de Concepción, Chile. (1995).
26. Ros, J. *Prácticas de Ecología*. Editorial Omega S.A. Barcelona, España. (1979).



27. Infante, A. *El plancton de las aguas continentales*. Secretaría general de la organización de los Estados Americanos. Washington, D.C. (1988).
28. Hernandez, E., Aguirre, N., Palacio, J., Ramirez, J., Duque, S., Guisande, C., Aranguren, N. y M. Mogollon. “Evaluación comparativa de algunas características limnológicas de seis ambientes leníticos de Colombia”. *Revista facultad de ingeniería Universidad de Antioquia*. Vol.69 p. 216-228. (2013).
29. Margalef, R. *Limnología*. Ediciones Omega. Barcelona, España. (1983).
30. Roldán, G. *Fundamentos de Limnología Neotropical*. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. (1992).
31. Vila, I. y H. Mülhhauser. “Dinámica de los lagos de altura, perspectivas de investigación”. *Archivos de Biología y Medicina Experimentales, Chile* Vol.20 p. 95-103. (1987).
32. Ramos, G., Bicudo, C., Gões, A. y C. Nascimento. “*Monoraphidium e Ankistrodesmus* (Chlorophyceae, Chlorophyta) do Pantanal dos Marimbus, Chapada Diamantina, BA, Brazil”. *Hoehnea* Vol.39 p. 421-434. (2012).
33. Pinilla, G. *Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia: compilación bibliográfica*. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá, Colombia. (2000).
34. Knudsen, K.G., Cooper, B.H., y Topsoe, H. *Appl. Catal. A: General* 189, 205 (1999).
35. Allgeier, A.M., y Duch, M.W. en “*Chemical Industries Catalysis of Organic Reactions*” (M.E. Ford, Ed.) Vol. 82 p. 229. Marcel Dekker, New York, (2001).
36. Zeolita, J. “Catalizadores de Ni para la conversión de X en Y”, Tesis Doctoral, Universidad de Excelencia, (2010).



# ENCUENTRO FACULTAD DE CIENCIAS-UPTC

*Décima Versión*

## II ENCUENTRO NACIONAL

*Segunda Versión*

*“Ciencia, Tecnología e Innovación en la Sociedad”*

6, 7 y 8 de octubre 2015 - Tunja, Colombia

ISSN 2389-8321 (en línea)



CIEC

