

## Fitoplancton en ambientes de altura

**María Mónica Salusso**

Cátedra Diversidad Biológica. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta  
Avenida Bolivia 5150 (4400) Salta, Argentina

mmsalusso@gmail.com

### RESUMEN

La diversidad del fitoplancton de humedales andinos situados por encima de los 3500 msnm se analiza comparativamente en relación a ambientes montanos de la cuenca del Juramento (ubicados entre 500 y 2000 msnm). Se destaca en la puna el desarrollo de una flora diatomológica de mayor diversidad y riqueza de especies con la presencia de taxa exclusivamente sudamericanos y numerosos endemismos, aunque los ensamblajes mostraron abundancias relativas inferiores. Se sintetiza el efecto del cambio climático sobre la composición y estructura de las comunidades algales con base en diversos trabajos experimentales realizados al presente.

### Palabras claves

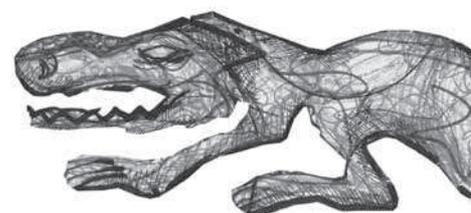
Microalgas, distribución, Puna, estructura de ensamblajes

### ABSTRACT

The phytoplankton diversity of andean wetlands located above 3500 m were analyzed and compared with montane aquatic systems of the Juramento basin (located between 500 to 2000 m). High altitude wetlands showed more diverse diatom flora and highest species richness with taxa restricted in distribution to South American andes, and numerous endemisms, although the assemblages showed lower relative abundances. Summarizes climate change effects on the structure and composition of algal communities based on various experimental works at present.

### Key words

Microalgae, distribution, altiplane, community structure and composition



## INTRODUCCIÓN

Los componentes del fitoplancton por sus tiempos de generación y capacidad adaptativa son objetos ideales de estudio, sobre todo cuando se desea evaluar el impacto antrópico ejercido sobre los ambientes acuáticos.

La diversidad del fitoplancton tiene especial interés, dada la relación directa que guarda con el incremento de la productividad y por lo tanto con la magnitud de su participación en la fijación global del carbono (de alrededor del 50%) (Ptacnik *et al.* 2010).

El cambio climático ha repercutido sobre la configuración de su estructura, con desplazamiento de especies y floraciones atípicas en sitios donde antes no estaban presentes (Smith *et al.* 1992).

El fitoplancton se considera en su mayoría cosmopolita y por ende sin límites en su área de dispersión, salvo las dependientes de condiciones locales favorables para su crecimiento (Fenchel y Finlay, 2004); más aún cuando muchas especies ante situaciones adversas, tienen la capacidad de permanecer en estados latentes como cistos o esporas, durante largos períodos de tiempo.

El análisis espacial de comunidades de diatomeas bénticas en lagos, sugiere la existencia de pools regionales de especies (Telford *et al.* 2006; Vyverman *et al.* 2007), con patrones temporales de riqueza específica vinculados en forma inversa con el contenido de fósforo total disuelto (Leibold *et al.* 2004; Crossetti *et al.* 2008).

Las adaptaciones desarrolladas por estas algas bajo condiciones extremas en la región puneña, sometida a fuertes oscilaciones periódicas y cambios impredecibles en las condiciones ambientales de macro y microescala tanto en el presente como en eras pasadas, les han permitido diversificarse de modo superlativo, con la aparición de numerosos endemismos, y especies únicas, que podrían tener ventajas ante los ajustes derivados del cambio climático.

La distribución del fitoplancton, y en particular su biodiversidad se analiza en los humedales de la zona andina ubicada por encima de 3500 msnm. en forma comparativa con ambientes pertenecientes a la Alta Cuenca del Juramento de la provincia de Salta.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se compara la estructura de comunidades algales relevadas en dos ecosistemas diferentes: el primero comprende sistemas acuáticos ubicados en la región montana de la Alta Cuenca del Juramento (provincia de Salta) y el segundo abarca los humedales de altura de la Puna (Salar Hombre Muerto, Mina Piriquitas y Sistema de Vilama, entre otros).

La Alta Cuenca del Juramento pertenece al sistema del Salado, único por transcurrir completamente en suelo argentino, y drena sus aguas al río de la Plata. En la provincia de Salta está conformada por los ríos que atraviesan los valles calchaquíes, de Lerma y Siancas, y atraviesa las zonas de mayor desarrollo urbano y agroindustrial de la provincia.

Los cuerpos de agua de altura ubicados en las provincias de Salta, Jujuy y Catamarca están conformados por salares, lagunas y vegas o bofedales, siendo sus particulares condiciones limnológicas derivadas de las condiciones geoquímicas y climatológicas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La cuenca superior del Juramento, es un sistema subtropical semiárido regulado por presas, razón por la cual presenta una tendencia a la homogeneización en la estructura y composición del fitoplancton de los cuerpos lóticos y lénticos, estando condicionada la conformación de las comunidades algales por el ciclo hidrológico (Salusso, 2011).

La biomasa algal incrementa en forma inversa a la descarga hidráulica, por ende en el estiaje se produce en general, la mayor biomasa y la menor diversidad de especies (tabla 1). El incremento de las fluctuaciones hidrológicas que sobreviene con las precipitaciones induce una reducción de la biomasa y el aumento de la riqueza y diversidad específicas, a diferencia de otros ambientes tropicales, aunque la distribución espacial de los atributos ecológicos del fitoplancton difiere entre subcuencas. Las que presentan menor intervención antrópica comparativamente poseen mayor diversidad y equitatividad específicas, tal el caso de los valles Calchaquíes ( $H=3,99$  y  $J=0,9$ ). Por otra parte, la subcuenca del Pasaje-Juramento sometida a mayor regulación presenta menores valores ( $H=2,98$  y  $J=0,73$ ), aunque no menor riqueza de spp. (25), debido a la incorporación a los ríos, de inóculos algales provenientes de los embalses (Cabra Corral y El Tunal).

Atributo ecológico	Crecidas	Estiaje	P
Densidad algal(ind./mL)	800,41	2388,41	0,0001
Diversidad específicaSh - W (bits <sup>-1</sup> )	3,56	2,96	0,0244
Equitatividad(J)	0,78	0,65	0,0048
Riqueza de spp.	27,10	23,12	0.05

**Tabla 1**  
Comparación de las variables ecológicas en los cursos lóticos de la Alta Cuenca del Juramento en ambas fases del ciclo hidrológico

En la Alta Cuenca del Juramento se registraron 289 taxas a nivel infragenérico, en tanto que en el altiplano argentino, –si bien restan computar valores definitivos–, en un inventario provisional se identificaron 350 taxas. Esto se condice con valores obtenidos en el altiplano boliviano (Acosta *et al.* 2003; Cadima *et al.* 2005).

Los ambientes de altura, poseen condiciones de elevado estrés por radiación UV, amplitudes térmicas considerables, fuertes vientos y prolongadas sequías. No obstante estas condiciones extremas, soportan una estructura comunitaria del fitoplancton caracterizada por su elevada diversidad y riqueza específicas (tabla 2), aunque los rangos de densidades alcanzados son moderados, en razón de las perturbaciones continuas ejercidas en el sistema.

La diversidad y composición de comunidades algales se relacionó con el contenido mineral disuelto en el agua. Los salares o lagunas salobres de poca profundidad en el altiplano por la actividad volcánica han sido favorecidos con el enriquecimiento en fosfatos y sulfatos, y desarrollan una flora de diatomeas con numerosos endemismos y particularidades biogeográficas.

Se presentaron taxones exclusivos de Sudamérica como *Amphora tucumana*, *Anomooneis sphaerophora var angusta*, *Diploneis chilensis*, *Frankophila similioides*, *Gomphonema punae*, *Halamphora atacamana*, *Halamphora carvajaliana*,

Parámetro la Puna	Sistemas acuáticos deACJ	Sistemas acuáticos de
	Promedio (mínimo-máximo)	Promedio(mínimo-máximo)
Riqueza	26,39 (8 - 48)	47,25 (27 - 98)
Diversidad	3,25 (0,27 -4,97)	3,87 (3,20 - 4,98)
Equitatividad	0,70 (0,06 - 0,97)	0,87 (0,78 - 0,99)
Densidad	1748,44 (133 - 60668)	656 (306 - 890)

Tabla 2

Comparación de variables estructurales de comunidades del fitoplancton en ambos ecosistemas

*Microstaurus andinus*, *Navicula novadesapiens*, *Navicula aff. ruttneri var chilensis*, *Pinnularia perincognita*, *Stauroneis atacamae*, *Staurophora vilamae*, *Surirella chilensis*, *Surirella guatemalensis*, *Surirella wetzelii*, *Thalassiosira patagónica*, entre otros. Se amplía el rango de distribución de algunas especies restringidas hasta la fecha a lagos salinos sudamericanos de Bolivia y Chile.

La región de los andes presenta numerosos endemismos que constituyen una flora característica propia en la cual resta identificar muchas nuevas especies (Alvarez-Blanco *et al.* 2011).

En los sistemas de altitudes superiores se experimentan algunas de las tasas más rápidas de calentamiento en el planeta y pueden ser considerados como sistemas centinelas que pueden proporcionar un alerta temprano del cambio a mayor escala (Woodward *et al.* 2010). Según Buisson y Grenouillet (2009), cambios sustanciales en temperatura y régimen hidrológico en ambientes vulnerables, causaría extinciones locales de especies, debido al estrés fisiológico o interacciones con otras especies. Los complejos cambios climáticos pueden favorecer la sinergia entre diferentes estresores ambientales, ocasionando mayor fragmentación de hábitats por la prolongación de los períodos de sequía, exacerbación de la eutrofización natural y el incremento de la toxicidad de iones que forman parte de las rocas de la puna. No obstante, ante ese escenario aún es posible, que particularmente las especies endémicas, únicas a escala global, no sólo puedan responder con incrementos en su abundancia relativa sino con la expansión de los límites de su distribución actual, hacia pisos altitudinales inferiores. Las condiciones preexistentes a las cuales han sobrevivido, que incluyen drásticos y sostenidos cambios en el tenor de sales, disponibilidad de agua, y en especial de temperatura y radiación UV, les han permitido extremar sus estrategias de supervivencia.

Existen muchas evidencias experimentales de su posibilidad de éxito: ante aumentos de temperatura sostenidos en el tiempo, han dominado (Meerhof *et al.* 2007), junto con los detritívoros, siendo afectada la abundancia de depredadores superiores y herbívoros. Los tapetes de diatomeas han reemplazado a las algas verdes al mismo tiempo que disminuyeron de tamaño las comunidades de invertebrados.

Las estructuras de las redes tróficas se alteraron por la sensibilidad diferencial al UVR de los diversos componentes, beneficiándose la performance fotosintética de algunas especies de diatomeas por incremento de las tasas de reparación celular (Sobrino y Neale, 2007; Halac *et al.* 2010), siendo variable la respuesta interespecífica de las cianobacterias (Fiorda Giordanino *et al.* 2011).

En general, los efectos del UVR son más evidentes sobre la composición taxonómica de las comunidades que sobre el crecimiento algal o su biomasa (Halac *et al.* 2010), culminando con aumentos de diatomeas (pennadas y céntricas). Las diatomeas al igual que algunas especies de dinoflagelados pueden sintetizar grandes cantidades de compuestos capaces de absorber UV (principalmente micosporinas) después de una prolongada exposición a la radiación (Marcoval *et al.* 2008; Helbling *et al.* 2008).

La cantidad de radiación solar a la cual está expuesta el plancton se incrementa con fuertes vientos y por la variación de la materia orgánica disuelta en el agua (Osburn y Morris, 2003). Aguas con alto contenido de materia orgánica disuelta pueden proveer más protección a la radiación UV, comparada con aguas transparentes (Zagarese *et al.* 1998).

Es evidente que comunidades con alta biodiversidad amortiguan los efectos de las variaciones ambientales porque pueden retener mayor número de especies tolerantes y por ende la diversidad es fundamental para la biología de la conservación. Los roles funcionales que cumplen las algas en los ciclos biogeoquímicos así como en el funcionamiento de ambientes extremos, requiere intensificar nuestro conocimiento de los patrones distributivos de las especies que han demostrado supervivir a condiciones tan rigurosas como son los humedales de altura.

## REFERENCIAS

- Acosta, F.; Cadima, M. y Maldonado, M. 2003. Patrones espaciales de la comunidad planctónica lacustre en un gradiente geofísico y bioclimático de Bolivia. *Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental* 13: 31- 53.
- Alvarez-Blanco, I.; Cejudo-Figueiras, C.; de Godos, I.; Muñoz, R. y Blanco, S. 2011. Las diatomeas de los salares del Altiplano boliviano: singularidades florísticas. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. Sec. Biol.*, 105:67- 82.
- Buisson, L. y Grenouillet, G. 2009. Contrasted impacts of climate change on stream fish assemblages along an environmental gradient. *Diversity & Distributions* 15: 613 - 626.
- Cadima, M.; Fernández, E. y López, L. 2005. Algas de Bolivia con énfasis en el fitoplancton. Santa Cruz de la Sierra. Editorial Centro de Ecología Simón Patiño.
- Crossetti, L.O.; Bicudo, D.C.; Bicudo, C.E.M. y Bini, L.M. 2008. Phytoplankton biodiversity changes in a shallow tropical reservoir during the hypertrophication process. *Braz. J. Biol.*, 68(4, Suppl.): 1061-1067.

- Fenchel, T., y Finlay, B.J. 2004. The ubiquity of small species: patterns of local & global diversity. *Bioscience* 54: 777 – 784.
- Fiorda Giordanino, M.; Srauch, S.M.; Villafaña, V.E y Helbling, E.W. 2011. Influence of temperature & UVR on photosynthesis & morphology of four species of cyanobacteria. *Journal of Photochemistry & Photobiology Biology*, 103: 68 -77.
- Halac, S.R.; Villafaña, V.E. y Helbling, E.W. 2010. Temperature benefits the photosynthetic performance of the diatoms *Chaetoceros gracilis* & *Thalassiosira weissflogii* when exposed to UVR: *Journal of Photochemistry & Photobiology, B: Biology*, 191: 196-205.
- Helbling, E.W.; Buma, A.G.J.; Van de Poll, W.; Fernández Zenoff, M.V. y Villafaña, V.E. 2008. UVR induced photosynthetic inhibition dominates over DNA damage in marine dinoflagellates exposed to fluctuating solar radiation regimes. *J.Exp. Mar. Biol. Ecol.*;365: 96 – 102.
- Leibold, M.A.; Holyoak, M.; y Mouquet, N. 2004. The metacommunity concept: a framework for multiple scale community ecology. *Ecol. Lett.* 7:601- 613.
- Marcoval, M.A.; Villafaña, V.E. y Helbling, E.W. 2008. Combined effects of solar ultraviolet radiation & nutrients addition on growth, biomass & taxonomic composition of coastal marine phytoplankton communities of Patagonia. *J. Photochem. Photobiol. B: Biol.*;91: 157 – 166.
- Osburn, C.L. y Morris, D.P. 2003. Photochemistry of chromophoric dissolved organic matter in natural waters. In: *UV effects in aquatic organisms & ecosystems*. Helbling EW, Zagarese H (eds), pp 185-217. The Royal Society of Chemistry, Cambridge.
- Ptácnik, R.; Persen, T.; Brettum, P.; Lepistö, L. y Willén, E. 2010. Regional species pools control community saturation in lake phytoplankton. *Proc. R.Soc. B.* 277: 3755 – 3764.
- Salusso, M. 2011. Caracterización limnológica de una Cuenca subtropical árida. Editorial Académica Española, Academic Publishing GmbH & Co., Berlin. 206 págs.
- Smith, R.C.; Prezelin, B.B.; Baker, K.S.; Bidigare, R.R.; Boucher, N.P.; Coley, T.; Karentz, D.; MacIntyre, S.; Matlick, H.A.; Menzies, D.; Ondrusck, M.; Wan, Z. y Waters, K.J. 1992. Ozone Depletion: Ultraviolet Radiation & Phytoplankton Biology in Antarctic Waters. *Science, New Series*, Vol.255, N° 5047: 952-959.
- Sobrinho C., y Neale, P.J. 2007. Short-term & long-term effects of temperature on photosynthesis in the diatom *Thalassiosira pseudonana* under UVR exposures. *Journal of Phycology* 43: 426 – 436.
- Telford, R.J.V.; Vik, V. y Birks, H.J.B. 2006. Dispersal limitation matters for microbial morphospecies. *Science* 312: 1015.
- Vik, V., y Goldberg, D.E. 2006. Sources of diversity in a grassland metacommunity: quantifying the contribution of dispersal to species richness. *Am.Nat.* 168: 157 – 167.
- Vyverman, W.; Verleyen, E. y Sabbe, K. 2007. Historical processes constrain patterns in global diatom diversity. *Ecology* 88: 1924 – 1931.
- Woodward, G.; Perkins, D.M. y Brown, L.E. 2010. Climate change & freshwater ecosystems: impacts across multiple levels of organization. *Phil. Trans. R.Soc. B* 365: 2093 – 2106.
- Zagarese, H.E.; Tartarotti, B.; Cravero, W. y Gonzalez, P. 1998. UV damage in shallow lakes: The implication of water mixing. *J. Plankton Res.*, 20: 1423 – 1433.