

Riesgos asociados a la eutroficación de embalses en la Provincia de Córdoba, Argentina.*

Pierotto Marcelo¹
Daga Claudia¹

Resumen

El problema de eutroficación de cuerpos de agua es un problema ambiental a nivel mundial. Los embalses de la Provincia de Córdoba, están sufriendo un aumento progresivo del proceso de eutroficación que deteriora la calidad de agua y pone en riesgos sanitario a las poblaciones abastecidas. Una de las manifestaciones de esta problemática son las floraciones algales. **Objetivo:** determinar las principales especies de algas que producen florecimientos en cinco embalses a los fines de conocer su estado trófico-ambiental. **Materiales y Métodos:** análisis de fitoplancton, clorofila a, transparencia, índice de Shannon-Weaver e índice trófico de Carlson. **Resultados:** Las poblaciones de algas estuvieron dominadas en el embalse San Roque por *Microcystis aeruginosa* y *Cyclotella meneghiniana*, La Quebrada por *Anabaena spiroide*, *Cyclotella meneghiniana* y *Ceratium hirundinella*, en La Falda *Carteria sp*, *Aulacoseira granulata*, *Cyclotella meneghiniana* y *Ceratium hirundinella*, en El Cajón *Cyclotella meneghiniana* y *Fragillaria sp* y *Ceratium hirundinella* y en Cruz del Eje *Cyclotella meneghiniana* y *Ceratium hirundinella*. **Conclusiones:** la tendencia en la evolución trófica de estos embalses es la de aumentar su grado de trofismo en las próximas décadas, favoreciendo el florecimiento de especies de cianobacterias toxigénicas y su riesgo en la salud pública de las poblaciones abastecidas por estos reservorios

Palabras-clave: eutroficación – embalses de Córdoba – problemática socioambiental.

*Trabajo presentado en el IV Congreso de la Asociación Latinoamericana de Población, ALAP, realizado en La Habana, Cuba, del 16 al 19 de Noviembre de 2010.

¹ Laboratorio de Hidrobiología. Universidad Nacional de Córdoba. e-mail: marpiero2002@yahoo.com.ar

Riesgos asociados a la eutrofización de embalses en la Provincia de Córdoba, Argentina.

Pierotto Marcelo¹
Daga Claudia¹

Introducción

La Provincia de Córdoba, con una superficie de 165.321 Km² posee un disponibilidad de recursos hídricos superficiales de aproximadamente 100 m³/s, mientras que sus reservas subterráneas no son bien conocidas. Esto la convierte en una de las provincias más pobres en cuanto a disponibilidad de los mismos, ya que aporta solamente un 0,5% al total nacional. Debido a esto a partir de los años 40 se han construido numerosas represas que han aumentado la disponibilidad y uso múltiple del recurso.

Estos reservorios de agua, están sufriendo un aumento progresivo del proceso de eutrofización que deteriora la calidad de agua y pone en riesgos sanitario a las poblaciones abastecidas, hasta hoy no considerado oficialmente por las autoridades ambientales pertinentes. El problema de eutrofización de cuerpos de agua figura en tercer lugar dentro de los indicadores ambientales de la OECD, 2004 (Organisation for Economic Co-operation and Development) detrás de macroindicadores como el cambio climático y la disminución de la capa de ozono.

El aumento de nutrientes en el agua es uno de los principales factores desencadenantes en los eventos de multiplicación del fitoplancton, sin embargo en los últimos años los cambios climáticos pueden haber contribuido a un aumento y dispersión geográfica de estos sucesos. La eutrofización antrópica es uno de los factores que más altera el equilibrio ecológico de los sistemas acuáticos relacionados con los florecimientos algales, Hallegraeff (1992).

Las floraciones algales, también conocidas como “blooms”, son sucesos en donde se produce un aumento significativo de la biomasa de unas pocas especies, en un período corto de tiempo. Estas floraciones que ocurren naturalmente en sistemas acuáticos, en las últimas décadas se han incrementado a nivel mundial, tanto en su frecuencia como en duración y generalmente están relacionadas con el estado de trófico de las masas de agua Paerl (1988); Hallegraeff (1992). En sistemas acuáticos continentales las consecuencias más importantes de estos florecimientos están relacionadas con el aumento de la eutrofización, alto consumo de oxígeno y mortandad de peces, olor y sabor desagradable en

Trabajo presentado en el IV Congreso de la Asociación Latinoamericana de Población, ALAP, realizado en La Habana, Cuba, del 16 al 19 de Noviembre de 2010.

¹ Laboratorio de Hidrobiología. Universidad Nacional de Córdoba. e-mail: marpiero2002@yahoo.com.ar

el agua por aumento de compuestos volátiles o anoxia, deterioro en la calidad de agua y problemas operacionales en las plantas potabilizadoras. La aparición de especies potencialmente tóxica perteneciente principalmente a las *Cyanophyceae* representa un riesgo sanitario que puede tener incidencia en la salud humana, Gorham & Carmichael (1980); Carmichael (1996), Falconer I. (1999).

Los blooms algales en los embalses de la Provincia de Córdoba se han incrementado tanto en frecuencia como en intensidad en la última década, produciéndose también en períodos invernales. Los estudios sobre conocimiento de los mismos se refieren a la parte de taxonomía y ecología Prósperi (1983); Cosavella (1999); Bustamante (2000); Daga (2003, 2007); Rincón (2007); Pierotto (2003, 2006, 2007, 2008), desconociéndose sus consecuencias sanitarias Pierotto (2007). El monitoreo de estos microorganismos en los reservorios de agua de consumo nos brinda información de gran importancia, ya que por un lado son indicadores biológicos ambientales y por otro su conocimiento puede ser trasladado a una corrección de los procesos de potabilización.

Esta problemática en los embalses de la Provincia de Córdoba, está asociada a una falta de cuidado ambiental de estos ecosistemas, a una ausencia general de acciones de ordenamiento territorial; y en la actualidad se suma un nuevo factor que es la variabilidad climática regional que disminuye la cantidad de agua disponible. El control de eutroficación en la actualidad parece depender más de componentes sociales, económicos, políticos e institucionales que de componentes técnicos.

El **objetivo** del presente trabajo es determinar las principales especies de algas que producen florecimientos en los embalses San Roque, La Quebrada, La Falda, El Cajón y Cruz del Eje a los fines de conocer su estado trófico-ambiental.

Área de Estudio

El área geográfica de estudio donde se encuentran los embalses está localizada al N-NO de la ciudad de Córdoba, desde el embalse San Roque comprende un transepto S-N de 76, 9 km hasta el embalse Cruz del Eje (Figura 1). Todos ellos se encuentran entre los cordones de las Sierras de Córdoba en diferente orientación.

Estos embalses a pesar de encontrarse en un área geográfica próxima existe una variabilidad climática marcada hacia el norte del territorio provincial donde hay un aumento de las temperaturas y disminución en las precipitaciones anuales. Sin embargo se observan importantes diferencias en lo que respecta a las características hidráulicas e hidrológicas como se muestra en la tabla 1.

Figura 1: Localización de los embalses en la Provincia de Córdoba, 1-San Roque; 2- La Quebrada; 3-La Falda; 4- El Cajón; 5- Cruz del Eje.



Las principales características hidráulicas e hidrometeorológicas según D.I.P.A.S, de los embalses se encuentran resumidas en el Tabla 1.

Tabla 1: Características hidráulicas e hidrometeorológicas.

Características	SAN ROQUE	LA QUEBRADA	LA FALDA	EL CAJÓN	CRUZ DEL EJE
Tributarios	Río San Antonio, Río Cosquín, Arroyo Las Mojaras, Arroyo los Chorrillos	Arroyo Los Hornillos, Arroyo Colanchanga.	Río Grande de Punilla	Río Dolores	Río Cruz del Eje
Módulo anual	8.31 m ³ /s	0.2 m ³ /seg.	0.8 m ³ /s	0.6 m ³ /s	3.0 m ³ /seg
Altura de la presa	51.30 mts	47 mts.	25 mts	39 mts	40 mts.
Superficie (Cota de Vertedero)	1.501 ha	30 ha.	15 ha	145 ha	1.093 ha.
Volumen (Cota de	201 Hm ³	33 Hm ³ .	0.8 Hm ³	0.8 Hm ³	112 Hm ³ .

Vertedero)					
Precipitación media anual de la cuenca	700 mm	700 mm.	600 mm	594 mm	596 mm.
Área de la cuenca de alimentación	1750 km2	42 km2.	132 km2	154 km2	1.840 km2.
Año de construcción	1939 - 1944	1974 - 1976	1971-1980	1987-1993	1940 - 1943
Propósito	Agua potable, control de crecidas, aprovechamiento hidroeléctrico, turismo.	Agua potable, control de crecidas	Agua potable, control de crecidas.	Agua potable, control de crecidas, turismo.	Agua potable, energía eléctrica, riego, atenuación de crecidas.
Coordenadas geográficas	Lat 31°23'0.99"S Long 64°28'20.31"O	Lat31°9'9.91S Long 64°20'27.16O	Lat 31° 5'46.33"S Long 64°30'10.91"O	Lat30°51'28.54"S Long 64°33'9.59"O	Lat 30°46'26.64"S Long 64°44'50.87"O

Materiales y Métodos

Los muestreos, se realizaron con una frecuencia mensual para el embalse San Roque, La Quebrada, La Falda y el Cajón durante un periodo de nueve meses (Mayo 2006 – Enero 2007), mientras que para el embalse de Cruz del Eje los muestreos fueron estacionales. Los sitios de muestreo para cada uno de los embalses fueron ubicadas en la entrada de los tributarios, centro y próximo al paredón. También se han incluido en este trabajo resultados de los monitores mensuales del período 2009-2010.

En cada una de las estaciones se colectaron muestras sub-superficiales a 0.30 m de profundidad y se colocaron en recipientes herméticos de 1 litro de plástico. En la estación de muestreo el Paredón, se recolecto, además de la muestra sub-superficial, una muestra en zona fótica, zona afótica y fondo del embalse con botella tipo Van Dorn horizontal. La transparencia del agua fue medida con el disco de Secchi.

Para el análisis cualitativo y cuantitativo del fitoplancton, las muestras fueron concentradas por decantación y fijadas con Lugol. El estudio taxonómico de las especies se realizará siguiendo las claves y manuales de identificación específicos según Bourelly (1981, 1985, 1990); Desikachary (1959); Parra (1983). El recuento de las muestras se realizará por conteo directo, mediante microscopía fotónica de acuerdo a Stein (1979); Witton (1991).

La biomasa fitoplanctónica se realizó midiendo la concentración de clorofila "a" en espectrofotómetro, la muestra se conserva en recipientes opacos y frío hasta su análisis. Se hace pasar la muestra por un filtro GF/F de 0.47 µm de diámetro y 0.45 µm de poro, agregando MgCO₃ 10%, luego se realiza la extracción de los pigmentos con acetona al 90% durante 12-20 hs a 4° C midiéndose la absorbancia a 750, 665 y 663 nm en una cubeta de 1cm APHA (1988).

Se calcularon los siguientes Índices Bióticos mediante la utilización del programa Past-Palaeontological Statistics, Ver. 1.19 Hammer (2004): Número de taxones (s), Número total de individuos (n) e Índice de Diversidad de Shannon – Waver, Shannon (1963).

El Índice de Estado Trófico de Carlson TSI, Carlson (1977) fue estimado a partir de las mediciones del Disco de Secchi y de las concentraciones de clorofila. El valor del TSI puede variar entre 0 (oligotrófico) y 100 (hipereutrófico).

Resultados

A partir del análisis cuantitativo y cualitativo de las muestras de fitoplancton pertenecientes a los embalses San Roque, La Quebrada, La Falda, El Cajón y Cruz del Eje se han identificado las principales especies que causan florecimientos estacionales y su distribución en sus correspondientes grupos taxonómicos, Tabla 2: *Cyanophyceae*, *Dinophyceae*, *Euglenophyceae*, *Bacillariophyceae* y *Chlorophyceae*, *Chrysophyceae* y *Cryptophyceae*. En la misma están incluidos el número y porcentaje perteneciente a cada clase taxonómica, las especies dominantes principales y el período del blooms observado.

Tabla 2: Principales grupos taxonómicos y especies que causan florecimientos.

Embalses	Clases	Especies dominantes	Blooms observado
San Roque	<i>Bacillariophyceae</i> 45 (41%)	<i>Cyclotella meneghiana</i> , <i>Fragillaria</i> spp., <i>Melosira varians</i> , <i>Navicula</i> sp., <i>Nitzschia</i> sp.	Otoño <i>Microcystis aeruginosa</i> <i>Anabaena spiroides</i> .
	<i>Chlorophyceae</i> 39 (35%)	<i>Monoraphidium</i> sp, <i>Scenedesmus</i> sp, <i>Pediastrum</i> sp, <i>Spirogyra</i> sp.	
	<i>Euglenophyceae</i> 14 (13%)	<i>Euglena</i> agilis, <i>Trachelomona</i> hispida, <i>Trachelomona volvocina</i> .	
	<i>Cyanophyceae</i> 6 (5%)	<i>Microcystis aeruginosa</i> , <i>Anabaena spiroides</i> , <i>Anabaena spiralis</i> , <i>Oscillatoria limosa</i>	Invierno <i>Cyclotella meneghiana</i> , <i>Aulacoseira granulata</i> , <i>Ceratium hirundinella</i>
	<i>Chrysophyceae</i> 3 (3%)	<i>Anthophysa vegetans</i> , <i>Desmarella moniliformis</i> , <i>Mallomonas</i> sp.	Primavera y Verano <i>Microcystis aeruginosa</i> <i>Anabaena spiroides</i>
	<i>Dinophyceae</i> 2 (2%)	<i>Ceratium hirundinella</i> , <i>Peridinium</i> sp.	
	<i>Cryptophyceae</i> 1 (1%)	<i>Cryptomonas erosa</i>	

La Quebrada	<i>Bacillariophyceae</i> 32 (61%)	<i>Cyclotella meneghiana</i> , <i>Cyclotella striata</i> , <i>Navícula sp.</i>	Otoño <i>Anabaena spiroides</i> .
	<i>Chlorophyceae</i> 13 (25%)	<i>Ankistrodesmus sp.</i> , <i>Closterium sp.</i> , <i>Closterium aciculare</i> , <i>Cosmarium sp.</i>	Invierno y Primavera
	<i>Cyanophyceae</i> 3 (6%)	<i>Anabaena spiroides</i> , <i>Oscillatoria limosa</i> , <i>Merismopedia glauca</i>	<i>Cyclotella meneghiniana</i> , <i>Aulacoseira granulata</i> , <i>Ceratium hirundinella</i> .
	<i>Dinophyceae</i> 2 (4%)	<i>Ceratium hirundinella</i> , <i>Peridinium sp.</i>	
	<i>Euglenophyceae</i> 2 (4%)	<i>Trachelomona volvocina</i> , <i>Euglena sp.</i>	Verano <i>Anabaena spiroide</i> .
La Falda	<i>Bacillariophyceae</i> 34 (56%)	<i>Aulacoseira granulata</i> , <i>Cyclotella meneghiana</i> , <i>Fragillaria sp.</i> , <i>Nitzschia spp.</i>	Otoño e Invierno <i>Carteria sp.</i>
	<i>Chlorophyceae</i> 17 (27%)	<i>Carteria sp.</i> , <i>Chorella sp.</i>	
	<i>Cyanophyceae</i> 5 (8%)	<i>Oscillatoria limosa</i> , <i>Lingbya sp.</i> , <i>Tolipothrix sp.</i>	Primavera y Verano
	<i>Euglenophyceae</i> 4 (6%)	<i>Trachelomona hispida</i> , <i>Trachelomona volvocina</i> , <i>Phacus orbicularis</i>	<i>Cyclotella meneghiana</i> y <i>Chorella sp.</i>
	<i>Dinophyceae</i> 2 (3%)	<i>Ceratium hirundinella</i> , <i>Peridinium sp.</i>	
El Cajón	<i>Bacillariophyceae</i> 21 (46%)	<i>Cyclotella meneghiana</i> , <i>Fragillaria sp.</i> , <i>Aulacoseira granulata</i> , <i>Navícula spp.</i> , <i>Melosira varians</i>	Otoño e Invierno
	<i>Chlorophyceae</i> 16 (37%)	<i>Cladophora sp.</i> , <i>Chorella sp.</i> , <i>Closterium aciculare</i> , <i>Coelastrum sp.</i> , <i>Cosmarium sp.</i>	<i>Cyclotella meneghiana</i> , <i>Fragillaria sp.</i>
	<i>Cyanophyceae</i> 3 (7%)	<i>Oscillatoria limosa</i> , <i>Merismopedia glauca</i> , <i>Lingbya sp.</i>	Primavera y Verano
	<i>Euglenophyceae</i> 3 (7%)	<i>Chlamidomona sp.</i> , <i>Trachelomona hispida</i> , <i>Euglena sp.</i>	<i>Cyclotella meneghiana</i> , <i>Ceratium hirundinella</i> .
	<i>Dinophyceae</i> 2 (4%)	<i>Ceratium hirundinella</i> , <i>Peridinium sp.</i>	

Cruz del Eje	<i>Bacillariophyceae</i> 5 (33%)	<i>Aulacoseira granulata</i> <i>Cyclotella meneghiana</i> , <i>Nitzschia sp</i>	Invernal y estival de <i>Cyclotella meneghiana</i> , <i>Ceratium hirundinella</i> .
	<i>Chlorophyceae</i> 5(33%)	<i>Closterium aciculare</i> , <i>Staurastrum sp</i> , <i>Pediastrum simplex</i> .	
	<i>Cyanophyceae</i> 1 (6%)	<i>Oscillatoria limosa</i>	
	<i>Euglenophyceae</i> 2 (14%)	<i>Trachelomona hispida</i> , <i>Trachelomona sp.</i>	
	<i>Dinophyceae</i> 2 (14%)	<i>Ceratium hirundinella</i> , <i>Peridinium sp.</i>	

En la Tabla 3, se muestra una combinación de variables relacionadas con las especies determinadas en la Tabla 2, que causan florecimientos estacionales en los embalses estudiados. Incluye parámetros bióticos (densidad de individuos y clorofila a), parámetro físicos (disco de Secchi), índice biológico (diversidad de Shannon – Weaver) e índice de estado trófico (Estado Trófico de Carlson TSI).

Tabla 3: Combinación de variables e índices.

Embalses	Densidad individuos durante los Blooms. Individuos ml ⁻¹	Clorofila a mg.m ³ (X anual)	Índice de diversidad de Shannon – Weaver bits individuos ⁻¹ (X anual)	Disco de Secchi m (X anual)	El índice de Estado Trófico de Carlson TSI		Estado Trófico
					Disco de Secchi	Clorofila “a”	
San Roque	1,2 ⁶	38,36	0,98	0,89	60 a 93	57 a 66	Mesotrófico Eutrófico Hipereutrofico
La Quebrada	4 ⁴ a 7,3 ⁴	6,97	0,9	1,1	66 a 73	30 a 55	Oligotrófico Mesotrófico
La Falda	1,6 ⁶ a 1,8 ⁶	17,27	1,66	0,79	66 a 72	41 a 63	Mesotrófico Eutrófico
El Cajón	1,4 ⁶ a 1,6 ⁶	10,28	1,36	1,03	63 a 73	35 a 57	Mesotrófico Eutrófico
Cruz del Eje	4,5 ³	12,05	1,2	0,95	65 a 70	49 a 55	Mesotrófico

Discusión y Conclusiones

Los embalses en el área geográfica de estudio presentan entre ellos importantes diferencias en cuanto a sus características hidráulicas como el módulo anual aportado por los tributarios, superficie ocupada a cota de vertedero, volumen a cota de vertedero y áreas de las cuencas de alimentación. Pudiéndolos dividir en dos grupos, los más grandes San Roque y Cruz del Eje ubicados en los extremos del transecto; y los más pequeños La Quebrada, La Falda y el Cajón ubicados en el centro del transecto trazado. Debido a la proximidad geográfica entre ellos, las variabilidades climáticas en el área de estudio, están relacionadas con la disminución en las precipitaciones anuales y aumento de temperatura en los embalses ubicados al norte. Otro de los datos que es importante tener en cuenta es el año de construcción, ya que los más grandes son de la década de los años 40, mientras que los más pequeños son de la década de los años 70, 80 y 90. Las diferencias hidráulicas, variabilidades climáticas y año de construcción son variables importantes a tener en cuenta a los fines de evaluar el estado trófico, ya que los embalses más antiguos son los que deberían presentar los mayores síntomas de eutrofización natural y registros de ocurrencia de florecimientos algales. Los más grandes tienen en la actualidad 65 años en funcionamiento (San Roque y Cruz del Eje); mientras que los más pequeños tienen entre 16 años (El Cajón), 29 años (La Falda) y 33 años (La Quebrada) años de funcionamiento.

La baja transparencia del agua 0,89 a 1,1 m, valores intermedios del índice de Estado Trófico de Carlson TSI para clorofila “a”, disco de Secchi y valores bajos de índice de diversidad que van de 0.89 a 1,6 bits individuos⁻¹ coinciden con otros autores para embalses argentinos Margalef (1983) y corresponden a sistemas mesotróficos – eutróficos. En general los sistemas eutróficos poseen bajos índices de diversidad Sheehann (1984); Margalef (1951). El embalse La Quebrada en invierno pasa por un período de oligotrofia no observado en los otros cuerpos de agua.

La biomasa del fitoplancton medida como concentración de clorofila “a” media anual, muestra valores que van de 6,97 mg.m⁻³ en La Quebrada con florecimientos del orden de 4,4⁴ a 7,3⁴ individuos ml⁻¹, aumentando en El Cajón 10,28 mg.m⁻³ y La Falda 17,27 mg.m⁻³ con florecimientos del orden 1,4⁶ a 1,8⁶ individuos ml⁻¹. El valor mayor corresponde al embalse San Roque 38,36 mg.m⁻³ florecimientos del orden 1,2⁶ individuos ml⁻¹. Cruz del eje presenta valores de 12,05 mg.m⁻³ con valores de florecimientos menores 4³ individuos ml⁻¹. Estos valores nos indican que estamos en presencia de sistemas que reciben importantes cargas de nutrientes, muy productivos con tendencia a la eutrofización. El embalse de La Falda es el más comprometido de los embalses pequeños, ya que posee menor superficie y volumen de agua; presentando altos valores de densidad algal y valores intermedios de concentración de clorofila. El Cajón presenta una situación similar al embalse La Falda y el San Roque es el que presenta una situación de eutrófico a hipereutrófico. Con respecto al Cruz del Eje se deben continuar con los estudios para caracterizar su estado trófico actual, situándolo en este estudio en un estado mesotrófico.

Las comunidades fitoplanctónicas de los embalses estudiados en el período 2006-2007 presentan algunos aspectos similares a pesar de las diferencias en sus características hidráulicas que existen entre los de mayor tamaño (San Roque y Cruz del Eje) con los de menor tamaño (La Quebrada, La Falda y El Cajón); las comunidades estuvieron dominadas por *Bacillariophyceae* con porcentajes entre un 32-41% y *Chlorophyceae* que alcanzaron

porcentajes entre un 16-39% de los géneros encontrados. En menor proporción encontramos *Euglenophyceae* 2-13%, *Cyanophyceae* 5-8%, *Dinophyceae* 2-4%, *Chrysophyceae* 3% y *Cryptophyceae* 1%. Estos porcentajes presentan variaciones en sus valores generales en el embalse Cruz del Eje debido a que se realizaron muestreos estacionales.

Las principales especies que provocaron blooms en los embalses podemos dividirlos en cinco grupos: las que pueden causar florecimientos en otoño como *Microcystis aeruginosa*, *Anabaena spiroides*, *Cyclotella meneghiana*, *Ceratium hirundinella*, *Carteria sp* y *Fragillaria sp*. Estas especies generalmente son las que provienen del verano del año anterior y que en otoños cálidos como el de muestreo pueden ocasionar florecimientos; especies de invierno *Ceratium hirundinella*, *Cyclotella meneghiana*, *Carteria sp*, *Fragillaria sp* y *Aulacoseira granulata*; especies de primavera y verano *Microcystis aeruginosa*, *Anabaena spiroides*, *Cyclotella meneghiana* y *Ceratium hirundinella*; especie exclusiva de verano *Chorella sp*. Y finalmente especies que pueden estar presentes durante todo el año como *Ceratium hirundinella* y *Cyclotella meneghiana*.

Particularmente es importante destacar los florecimientos de especies que pueden generar la presencia de toxinas en agua y riesgos en la salud pública en el embalse San Roque con florecimientos recurrentes de *Microcystis aeruginosa* y *Anabaena spiroides* y en el embalse La Quebrada con la aparición de *Anabaena spiroides*. En los otros embalse a pesar de encontrarse especies pertenecientes a las *Cyanophyceae* no se han registrado florecimientos de sus poblaciones.

La presencia de *Ceratium hirundinella* en todos los embalses estudiados y durante todo el año demuestra la expansión de esta especie en los cuerpos de agua de Córdoba, ya que es una especie invasora que aparece por primera vez en lagos del sur de la República Argentina en el año 1991, Boltovskoy (1991). Es indicadora de estados mesotróficos, provocando sabor y olor desagradable en el agua que puede persistir luego del proceso de potabilización.

En el embalse La Falda se registro un florecimiento masivo de *Carteria sp.*, como especie dominante que no fue encontrada en los otros embalses estudiados. Esta es una especie oportunista e indicadora de abundante materia orgánica, aparecen en forma masiva en presencia de nutrientes debido a su alta eficiencia en la incorporación de ellos y altas tasas de reproducción.

Las floraciones de históricas y recurrentes de cianobacterias en el embalse San Roque representadas principalmente por *Microcystis aeruginosa* y *Anabaena spiroides* son potencialmente productoras de microcystinas (toxinas hepatotóxicas) y anatoxinas o saxitoxinas (toxinas neurotóxicas).

El embalse La Quebrada, está demostrando un aumento importante en su estado trófico favoreciendo futuros florecimientos de cianobacterias. En el año 1997-1998 se determinó por primera vez la presencia de *Microcystis aeruginosa* y *Anabaena flos-aquae*; en el año 2003 *Microcystis aeruginosa* y en Abril de 2010 un florecimiento de magnitud nunca observado en los últimos 10 años de *Microcystis flos-aquae* y *Microcystis wesenbergii*.

La presencia de cianobacterias en reservorios de agua utilizada para abastecimiento humano representa un grave problema ambiental, no sólo por los efectos que provoca

sobre el recurso hídrico y el ecosistema, sino porque éstas pueden producir toxinas con efectos nocivos para la salud humana. El aumento de los niveles de eutrofización de los embalses provinciales y la aparición de cianobacterias aumenta a su vez el peligro potencial tanto para la salud humana como para la vida silvestre en general.

El estado mesotrófico – eutrófico general de los sistemas estudiados, a pesar de sus importantes diferencias hidráulicas entre ellos, muestran blooms algales de especies recurrentes como respuesta a una variación del estado trófico en estos cuerpos de agua. La tendencia en la evolución trófica de estos embalses, de no implementarse medidas de ordenamiento de actividades en sus cuencas, perilago y de programas de control de eutrofización y cuidado ambiental es la de aumentar su grado de trofismo en las próximas décadas, favoreciendo el florecimiento de especies de cianobacterias toxigénicas y su consecuente riesgo en la salud pública de las poblaciones abastecidas por estos reservorios.

Los resultados de este trabajo no solo trata de aportar mayores conocimientos a una problemática ambiental con implicancias sociales que afecta nuestros embalses, si no que debido al estado actual de los mismos es necesario implementar un sistema de monitoreo y alerta de floraciones algales a los fines de establecer niveles guías de cianobacterias en reservorios provinciales destinados a consumo humano.

Bibliografía

American Public Health Association APHA. (1992). Standard methods for the examination of waters and waste water. Washington DC; p.1193.

Boltovskoy A., Echenique R., Guerrero J. M. (2003). Colonización de limnotopos de Argentina por *Ceratium hirundinella* (Dinophyceae). XXIX Jornadas Argentinas de Botánica & XV Reunión Anual de la Sociedad Botánica de Chile. Bol. Soc. Argent. Bot. 38 (Supl.).

Bourelly P. (1985). Les algues d´ eau douce. Les algues bleues et rouges. III. Ed. Boubbe. Paris.

Bourelly P. (1981). Les algues d´ eau douce. Les algues jaunes et brunes. II.Ed. Boubbe. Paris.

Bourelly P. (1990). Les algues d´ eau douce. Les algues vertes,. I. Ed. Boubbe. Paris.

Bustamante A, López L, Ruibal Conti A, Bonetto C, Donatti O, Berra C. (2000). Monitoreo y Caracterización Limnológica de Nutrientes en el Río San Antonio (Cba). Memorias del XVIII Congreso Nacional del Agua; p. 257-258.

Carlson R.E. (1977). A trophic state index for lakes. Limnol. Oceanogr; 22: 361-369.

Carmichael W. (1996). Proceedings of the IV Symposium of the Brazilian Society of Toxinology.

Cossavella A, Rodriguez I, Rodriguez A, Avena M, Oroná C, Larrosa N, Muñoz A, Moya G, Bertucci G, Miatello F, Bazán R, Martínez M. (1999). Monitoreo de calidad de agua y sedimentos del Embalse Los Molinos I-Córdoba, III Taller Internacional sobre enfoques regionales para el desarrollo y la gestión de embalses de la cuenca del Río de la Plata. Posadas. Misiones.

D.I.P.A.S. (1981). Datos técnicos. En: <http://www.cba.gov.ar>. Gobierno de Córdoba. Ministerio de Obras y Servicios Públicos.

Daga C, Gonella M, Pierotto M, Rincón A. (2003). Ficoflora en el embalse La Quebrada, Córdoba. IV Congreso Nacional Ambiental. San Juan. Argentina.

Daga Claudia, Pierotto Marcelo, Rincón Alejandra, Prósperi Carlos. (2007). Variación Estacional del Fitoplancton del Embalse San Roque. I Reunión conjunta de Sociedades de Biología de la República Argentina. Huerta Grande.

Desikachary T.V. (1959). Cyanophyta. Ind. Counc. Agr. Res. New Delhi.

Europa Technologies. (2009). Image Digital Globe. En: <http://www.google.com>

Falconer, I. (1999). An overview of problems caused by toxic blue-green algae (Cyanobacteria) in drinking and recreational water. *Environ. Toxicol.* 14:5-12

Gorham & Carmichael. (1980). Toxic substances from fresh-water algae. *Progr. Water Technol.* 12:189-198.

Hallegraeff, G. (1992). A review of harmful algal blooms and their apparent global increase. *Phycologia* 32(2): 79-99.

Hammer O, Harper DAT, Ryan P.D. (2004). *Palaeontological Statistics*, Ver. 1.19.

Margalef R. (1951). Species diversity in natural communities. *Barcelona, Publ. Inst. Biol. Appl.* 6:59-72.

Margalef R. (1983). *Limnología*. Omega. Barcelona; p. 820.

OECD Environmental strategy. (2004) Review of progress – ISBN-92-64-107800 OECD 2004.

Paerl H.W. (1988). Nuisance phytoplankton blooms in coastal, estuarine and inland waters. *Limnology and Oceanography*; 33 (4): 823-847.

Parra O, Gonzales M, Dellarossa V. (1983). *Manual Taxonómico del Fitoplancton de Aguas Continentales*. Ed. Universidad de Concepción. Chile;(1-3).

Pierotto M, Rincón A, Gonella M, Daga C, Prósperi C. (2003). Hidrobiología del embalse La Quebrada (Córdoba, Argentina): Bacteriología y Fitoplancton. 13º Congreso Argentino de Saneamiento y Medio Ambiente. Buenos Aires. Argentina.

Pierotto Marcelo, Rincón Alejandra, Daga Claudia, Prósperi Carlos. (2006). Algas de interés sanitario en embalses del Centro-Oeste de la Provincia de Córdoba, Argentina. II Jornadas Internacionales de Salud Pública. Córdoba.

Pierotto Marcelo. (2007). Análisis de riesgo para la salud asociado al consumo de aguas con floraciones de cianobacterias tóxicas. Estudio exploratorio en seis (6) localidades de las Sierras Chicas de Córdoba. III Jornadas Internacionales de Salud Pública.

Pierotto Marcelo, Daga Claudia, Rincón Alejandra, Prósperi Carlos . (2007). Estado Trófico del Embalse La Falda, Córdoba, Argentina.. I Reunión conjunta de Sociedades de Biología de la República Argentina. Huerta Grande.

Pierotto M., Daga C., Rincón A., Prósperi C. (2008). Estado Trófico de dos pequeños embalses de las Sierras Chicas de Córdoba, Argentina. V Taller Internacional de Cuencas del Plata, Itaipu, Paraguay.

Prósperi C. (1983). Algas en el agua de consumo de la Ciudad de Córdoba. Bol. Soc. Arg. Botánica. 24; (3-4): 413-418.

Rincón Alejandra, Daga Claudia, Pierotto Marcelo, Prósperi Carlos. (2007). Florecimiento de *Anabaena spiroides* en el Embalse La Quebrada. I Reunión conjunta de Sociedades de Biología de la República Argentina. Huerta Grande.

Shannon CE, Weaver W. (1963). The mathematical theory of communications. Chicago, U.S.A., Univ. of Illinois Press; p. 117.

Stein JR. (1979). Phycological Methods. Culture Methods and Growth measurement.

Witton B, Rott E, Friedrich G. (1991). Use of algae for monitoring rivers.