

Tesis de Maestría

Metaanálisis de la ocurrencia de floraciones de cianobacterias potencialmente tóxicas en aguas continentales de Argentina

Motta Bedoya, Diana Carolina

2018

Este documento forma parte de las colecciones digitales de la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir, disponible en bibliotecadigital.exactas.uba.ar. Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica con reconocimiento de la fuente.

This document is part of the digital collection of the Central Library Dr. Luis Federico Leloir, available in bibliotecadigital.exactas.uba.ar. It should be used accompanied by the corresponding citation acknowledging the source.

Cita tipo APA:

Motta Bedoya, Diana Carolina. (2018). Metaanálisis de la ocurrencia de floraciones de cianobacterias potencialmente tóxicas en aguas continentales de Argentina. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.

https://hdl.handle.net/20.500.12110/tesis_n6628_MottaBedoya

Cita tipo Chicago:

Motta Bedoya, Diana Carolina. "Metaanálisis de la ocurrencia de floraciones de cianobacterias potencialmente tóxicas en aguas continentales de Argentina". Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 2018.

https://hdl.handle.net/20.500.12110/tesis_n6628_MottaBedoya

EXACTAS UBA

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales



UBA

Universidad de Buenos Aires



UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Maestría en Ciencias Ambientales

***Metaanálisis de la ocurrencia de floraciones de cianobacterias
potencialmente tóxicas en aguas continentales de Argentina***

*Tesis presentada para optar al título de Magíster de la Universidad
de Buenos Aires en Ciencias Ambientales*

Diana Carolina Motta Bedoya

Directora de tesis: Dra. Inés O'Farrell

Codirector: Lic. Rubén Lombardo

Lugar de trabajo: Lab. Limnología., Depto. Ecología, Genética y Evolución, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, IEGEBA, Universidad de Buenos Aires.

Buenos Aires, 2018

Fecha de defensa: 12 de diciembre de 2018

Metaanálisis de la ocurrencia de floraciones de cianobacterias potencialmente tóxicas en aguas continentales de Argentina

RESUMEN

En esta tesis se sintetizan por medio de un metaanálisis las principales causas que explican la distribución de la ocurrencia de floraciones de cianobacterias potencialmente tóxicas en la Argentina, un gran territorio con climas que van desde el tropical húmedo al templado frío. Se analizó en detalle la literatura académica publicada y la información disponible en informes técnicos desde 1945 hasta 2015; además se incorporaron datos de estudios no publicados. Las floraciones, definidas como eventos que superan las 5.000 células/ml, se registraron en lagunas, ríos, arroyos, embalses, estuarios y reservorios de agua. Se relacionaron la intensidad de la floración (abundancia máxima registrada para un sitio definido), las especies y las estrategias ecológicas (con dispersión homogéneas, formadoras de cúmulos y fijadoras de nitrógeno) responsables de cada evento con las características geográficas y climatológicas correspondientes a las localidades de los sitios de estudio, y con el tipo y el origen de los cuerpos de agua.

Se registraron y georreferenciaron 122 sitios correspondientes a cuerpos de agua afectados por floraciones de cianobacterias planctónicas. La Puna y la región de la Patagonia Andina estuvieron libres de floraciones, con la excepción de una laguna en esta última área. Las lagunas y embalses de todas las eco-regiones fueron los sistemas acuáticos más propensos a experimentar floraciones (46% y 24%, respectivamente). No existen informes de floraciones en lagos; los ríos fueron principalmente afectados en los tramos con embalses (24 %) y los tramos ubicados debajo de las represas (15 %). El 74,5 % de las floraciones reportadas en Argentina excedieron el nivel 2 de alerta de la OMS

para agua potable y aguas para baño (100.000 células / ml). Basados en el enfoque taxonómico polifacético de Komárek se identificaron 39 morfoespecies planctónicas potencialmente tóxicas responsables de las floraciones. *Microcystis aeruginosa*, *Dolichospermum spiroides*, *Dolichospermum circinale*, *Raphidiopsis mediterranea* y *Cylindrospermopsis raciborskii* se encontraron participando frecuentemente en las floraciones de especies mixtas o de una sola especie dominante. La distribución de especies difirió de acuerdo con la eco-región y el tipo de sistema acuático; las ecoestrategias están más fuertemente asociadas a estos factores. Por otra parte, las características limnológicas de los sistemas también parecieron estar relacionadas con la ecoestrategia de las especies formadoras de floraciones dominantes.

Palabras claves: Cianobacterias, floraciones planctónicas, metaanálisis, ecoestrategias, eco-regiones, aguas continentales, Argentina.

Meta-analysis of the occurrence of blooms of potentially toxic cyanobacteria in continental waters of Argentina

ABSTRACT

Through a meta-analysis of the harmful events of bloom-forming cyanobacteria, the main reasons that explain the distribution of these events in Argentina, a large territory with climates ranging from humid tropical to cold temperate were synthesized. The published academic literature and information in technical reports from 1945 to 2015 and in non-published studies were analyzed in detail. Blooms, defined as events exceeding 5000 cells/ml, were registered in shallow lakes, rivers, streams, reservoirs, estuaries and storage facilities. The intensity of the bloom (maximum abundance for a definite site), the species and ecological strategies (dispersive, scum-forming, nitrogen fixer) responsible for each event were related to the geographic and climatologic characteristics of the corresponding locations and to the type and origin of water bodies.

122 locations corresponding to water bodies affected by planktonic cyanobacterial blooms were registered and geo-referenced. Puna and the Andean Patagonia regions were free of blooms with the exception of a shallow lake in the latter area. Shallow lakes and reservoirs from all eco-regions appeared as the most prone aquatic systems to experience blooms (46 % and 24.6 %, respectively).

Deep lakes had no bloom reports; rivers were mainly affected at in the sections with reservoirs (24 %) and the sections located under the dams (15 %). 74.5 % of the blooms reported in Argentina exceeded WHO's alert level 2 for drinking water and bathing (100000 cell / ml). 39 species responsible for the blooms were identified by Komárek's polyphasic approach to taxonomy.

Microcystis aeruginosa, *Dolichospermum spiroides*, *Dolichospermum circinale*, *Raphidiopsis mediterranea* and *Cylindrospermopsis raciborskii* were frequently encountered participating either in mixed or single species blooms.

Species distribution differed according to the eco-region and the type of aquatic system; eco-strategies were more strongly associated with these factors. On the other hand, the limnological characteristics of the systems also appear to be related to the eco-strategy of the prevailing bloom-forming species.

Key words: Cyanobacteria, planktonic blooms, meta-analysis, eco-strategies, eco-region, continental waters, Argentina.

AGRADECIMIENTOS

Primero quiero expresar mi más grande agradecimiento a mi directora Dra. Inés O'Farrell por su gran ayuda, orientación, comprensión y apoyo durante estos años del proceso de investigación y a mi codirector Lic. Rubén Lombardo por sus aportes y sugerencias que contribuyeron ampliamente en el desarrollo de esta investigación.

Agradezco a las doctoras Melina Devercelli, Marina Forastier, Norma Meichtry de Zaburlin, Silvia Otaño y la Magister Wanda Polla por sus valiosas colaboraciones para esta investigación en el aporte de datos no publicados y al Servicio Meteorológico Nacional de Argentina por el suministro de los datos meteorológicos necesarios para esta investigación.

A Carlos, mi amor y compañero de vida, quien ha sabido acompañarme en cada momento de risas y de lágrimas, de fuerza y de debilidad, de logros y de fracasos, gracias por ser quien eres y por lo que estamos construyendo juntos.

A mi madre, mis hermanas, mi hermano, mis cuñados, mi cuñada, mis sobrinos y sobrinas que desde Colombia siempre estuvieron cerca durante la conquista de esta meta.

A mis amigos, los de toda la vida y los nuevos que conocí durante este tiempo por el apoyo y las fuerzas en los momentos que lo necesité.

Gracias a Dios por permitirme hace 8 años llegar a este hermoso país y a este "Buenos Aires querido" tras esta meta y aprender en el camino mucho más de lo que esperaba.

*A mi padre que me acompaña desde el cielo
Gracias por sembrar en mí tu amor por el conocimiento.*

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Biología y ecología de las cianobacterias	1
1.1.1. Toxicidad	4
1.1.2. Floraciones.....	6
1.2. Situación en Argentina	10
1.2.1. Caracterización geográfica y ambiental de la Argentina.....	10
1.2.2. Problemática en la Argentina	13
2. IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN	15
3. OBJETIVOS	16
4. PREGUNTAS PROBLEMA E HIPOTESIS	17
5. METODOLOGÍA	19
5.1. Base de datos	19
5.1.1. Cianobacterias	19
5.1.2. Información ambiental reportada en los documentos.....	20
5.1.3. Información climática y geográfica	21
5.2. Mapas	21
5.3. Análisis de datos	22
6. RESULTADOS	25
6.1 Caracterización de sitios de estudio.....	25
6.2 Especies de Cianobacterias.....	31
6.3 Ecoestrategias en las floraciones.....	44
7. DISCUSIÓN	48

7.1. Abundancia total de cianobacterias	49
7.2. Especies formadoras de floraciones	50
7.3. Ecoestrategias	54
8. CONCLUSIONES	57
9. OBSERVACIONES FINALES.....	58
10. BIBLIOGRAFÍA	60
APÉNDICES	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 : Características generales de las cianotoxinas (Traducido y adaptado de Geoffrey et al., 2017)	4
Tabla 2 : Rangos de las variables geográficas y climáticas (promedios entre 1945 y 2015) correspondientes a los cuerpos de agua afectados por floraciones de cianobacterias en la Argentina	27
Tabla 3 : Listado de morfoespecies de cianobacterias responsables de las floraciones en Argentina. (La taxonomía corresponde a la aproximación polifásica de Komárek)	32
Tabla 4: Resultados del Test de asociación de Fisher para las especies de cianobacterias planctónicas formadoras de floraciones más frecuentemente reportadas en la Argentina entre 1945 y 2015	36
Tabla 5: Resultados de las regresiones logísticas binarias “Stepwise” realizadas en base con las presencia y ausencia de las diez especies formadoras de floraciones más frecuentes	39
Tabla 6: Resultados del Test de asociación de Fisher para las 4 estrategias formadoras de floraciones	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 : Esquema conceptual: Principales efectos de las floraciones de cianobacterias potencialmente tóxicas.	9
Figura 2 : Mapa de eco-regiones de la Argentina (Burkart et al., 1999) extraído de https://www.sib.gov.ar/eco-regiones	12
Figura 3 : Ubicación de los distintos tipos de cuerpos de agua afectados por las floraciones de cianobacterias en la Argentina.	26
Figura 4 : Porcentaje de floraciones reportadas en cada provincia de la Argentina.	28
Figura 5 : Porcentaje de floraciones reportadas por ecorregión de la Argentina.	29
Figura 6 : Porcentaje de floraciones reportadas por tipo de cuerpo de agua.	31
Figura 7 : Variaciones de abundancia de las especies formadoras de floraciones más frecuentes en el rango de precipitación y temperatura máxima y mínima promedio.	40
Figura 8 : Análisis de Coordenadas Principales (PCoA) realizado en base a las ocurrencias y ausencias conjuntas de las especies de cianobacterias identificadas en las floraciones.	41
Figura 9 : Niveles de alerta de la Organización Mundial de la Salud según la abundancia total de células de cianobacterias en cada sitio de estudio	43
Figura 10 : Frecuencia y abundancias relativas de las ecoestrategias en relación al tipo de cuerpo de agua y a la eco-región.....	45

ÍNDICE DE APÉNDICES

Apéndice I : Listado de las estaciones meteorológicas más cercanas a cada sitio de estudio incluido en el metaanálisis.....	71
Apéndice II : Listado de referencias bibliográficas usadas en el metaanálisis	77
Apéndice III : Listado y ubicación de cuerpos de agua afectados por floraciones de cianobacterias planctónicas reportadas en la Argentina entre 1945 y 2015	90
Apéndice IV : Promedios históricos de las variables meteorológicas entre 1945 y 2015	97
Apéndice V : Listado de los eventos de floración indicando géneros y/o especies identificadas por cada cuerpo de agua afectado. (se reporta solamente la fecha con mayores abundancias)	110

1. INTRODUCCIÓN

Las cianobacterias (Cyanobacteria, Cyanophyta, Cyanoprokaryota o algas verde- azules), de origen eubacteriano y carácter vegetal, son organismos procariotas capaces de colonizar múltiples biotopos (Whitton & Potts, 2000). Varias especies de este grupo presentan eventos de multiplicación y acumulación llamados floraciones, con incrementos significativos de la biomasa en cortos períodos, generalmente asociados a la producción de toxinas ocasionando perjuicios diversos relacionados al uso del recurso hídrico, cambios en las tramas tróficas y la biodiversidad (Huisman et al., 2005).

El éxito ecológico de una especie biológica depende de su habilidad para optimizar la adquisición de recursos, usarlos de forma eficiente y minimizar las pérdidas. La aparición de una especie dominante sugiere que cuenta con las características necesarias para maximizar el crecimiento neto bajo las condiciones ambientales prevalentes. Las cianobacterias planctónicas cuentan con varias características fisiológicas y ecológicas que les permiten dominar el fitoplancton bajo distintos escenarios (Oliver & Ganf, 2000). Algunos de estos atributos son comunes a todo el grupo, mientras que ciertos rasgos son propios de algunas familias.

1.1. Biología y ecología de las cianobacterias

Este grupo presenta una gran diversidad morfológica: formas unicelulares, coloniales y filamentosas que pueden adquirir una morfología secundaria como resultado de su agregación. Existen atributos que son comunes a todas las cianobacterias tales como las características intracelulares propias de organismos procariotas (ausencia de organelas con estructura

de membrana) y las paredes celulares gruesas (Gram negativas - peptidoglucano) conformadas por tres estratos obligados. Sin embargo, solamente el grupo de las Nostocales posee células vegetativas que pueden diferenciarse en *heterocitos* (fijación de nitrógeno) y *acinetas* (dormancia). Las cianobacterias se reproducen asexualmente por fisión binaria; las filamentosas se dividen mediante la fragmentación de tricomas por separación de células vecinas o la formación de hormogonios (segmentos reproductivos distintivos del tricoma por muerte de células intercalares, necridios), y las Nostocales, en particular, por medio de acinetas que constituyen el inóculo para el período vegetativo, que sigue al período de dormancia y les permite sobrevivir a condiciones desfavorables; las acinetas germinan y se desarrollan a partir de la existencia de reservas (gránulos de cianoficina) acumuladas dentro de esta célula de paredes fuertemente engrosadas (Komárek, 2013). La mayoría de las cianobacterias planctónicas responsables de la formación de floraciones poseen *aerótopos* (vesículas de gas), que regulan la flotabilidad, permitiéndole ajustar su posición vertical en la columna de agua, reduciendo la pérdida por sedimentación y mejorando la adquisición de recursos ya que se pueden mover desde estratos superficiales bien iluminados, a más profundos con mejor acceso a los nutrientes (Oliver & Ganf, 2000).

Una de las características fisiológicas más importantes de estos procariotas se vincula con la fotosíntesis oxigénica (fotosistema I y II) para lo cual poseen clorofila *a* localizada en los tilacoides que están libres en el citoplasma dispuestos en arreglos espaciales (número y posición variables) asociados a los grupos taxonómicos, pero en cierta medida también dependientes de los factores ambientales. Las cianobacterias tienen otros pigmentos como los carotenoides (fotoprotectores) y las ficobilinas (ficocianina, aloficocianina y ficoeritrina), los cuales posibilitan un uso efectivo del espectro luminoso. Las síntesis de varios de estos complejos de ficobiliproteínas son susceptibles a la influencia del

ambiente, en especial a la calidad de luz; esta adaptación cromática permite a las cianobacterias utilizar la luz eficientemente en el hábitat que estén presentes (Falkowski & LaRoche, 1991). Las cianobacterias se ajustan a la marcada variación diaria de la actividad respiratoria y fotosintética por medio de cambios en la expresión de genes y la síntesis o desglose de enzimas específicas y de componentes celulares. Han evolucionado hacia un mecanismo de concentración de CO₂ basado en la captación de CO₂ y bicarbonato y la posterior concentración de carbono (C) inorgánico en compartimientos especializados llamados carboxisomas; estos gránulos también contienen la enzima RUBISCO fijadora de CO₂ (Sandrini et al., 2016).

Desde una perspectiva ecológica, la capacidad de fijación anoxigénica de nitrógeno atmosférico por parte de numerosos miembros de las cianobacterias y su compatibilidad con la fotosíntesis oxigénica constituye un logro mayor durante la evolución y la diversificación del grupo. El desarrollo de heterocitos depende de varios factores, considerándose cruciales el metabolismo del nitrógeno (N) y su concentración ambiental. Si la concentración de N inorgánico es muy baja, bajo buenas condiciones de luz y disponibilidad de fósforo (P), la enzima nitrogenasa convierte N₂ directamente en amonio (NH₄), así las cianobacterias fijadoras se ven favorecidas para su crecimiento (Ferber et al., 2004).

Otro rasgo fisiológico relevante de las cianobacterias está relacionado a su tasa de crecimiento que se incrementa de forma sostenida con la temperatura (Litchman et al., 2010), presentando tasas de crecimiento máximo a temperaturas relativamente elevadas (>25 °C), bajo las cuales el crecimiento de las eucariotas se nivela o disminuye (Paerl & Paul, 2012). Es así como los escenarios pronosticados del cambio global, favorecen tanto la frecuencia como la intensidad de los eventos de crecimiento masivo (Moss et al., 2011).

Por lo expuesto anteriormente se desprende que las cianobacterias evidencian ventaja competitiva ante otros grupos fitoplanctónicos en períodos de baja irradiación (Scheffer et al., 1997), limitación de N inorgánico (Schindler et al., 2008) e incluso de baja disponibilidad de CO₂ (Talling, 1976) y escenarios de calentamiento (Paerl et al., 2016).

1.1.1. Toxicidad

Las cianobacterias formadoras de floraciones producen de forma frecuente toxinas, metabolitos secundarios sintetizados dentro de las células. Los tipos de toxinas se clasifican de acuerdo al órgano blanco afectado en los vertebrados terrestres; las más comunes son las hepatotoxinas y las neurotoxinas. Las cianotoxinas se clasifican de acuerdo a la estructura química en péptidos cíclicos, alcaloides, aminoácidos y lipopolisacáridos (Tabla 1).

Tabla 1 : Características generales de las cianotoxinas (Traducido y adaptado de Geoffrey et al., 2017)

Cianotoxina	Estructura química	Géneros productores de toxina	Modo de acción
Microcistinas	Heptapéptidos cíclicos	<i>Microcystis, Anabaena, Dolichospermum, Nostoc, Planktothrix, Phormidium, Oscillatoria, Radiocystis, Gloeotrichia, Anabaenopsis, Rivularia, Tolypothrix, Hapalosiphon, Plectonema</i>	Hepatotóxico, promotor tumoral, inhibición de la proteína eucariótica fosfatasa PP1, PP2A y las fosfoproteínas fosfatasas PPP4, PP5
Nodularinas	Pentapéptidos cíclicos	<i>Nodularia spumigena, Nostoc (simbiótica)</i>	Como las Microcistinas, además de carcinogenicidad leve

Cylindrospermopsinas	Alcaloides tricíclicos de guanidina	<i>Cylindrospermopsis, Umezakia, Anabaena, Dolichospermum, Oscillatoria, Raphidiopsis, Aphanizomenon</i>	Tóxico para múltiples órganos, neurotóxico, genotóxico, inhibidor de la síntesis de proteínas
Anatoxina – a	Alcaloides bicíclicos	<i>Anabaena, Dolichospermum, Phormidium, Aphanizomenon</i>	Neurotóxico, se unen competitivamente a los receptores de acetilcolina
Anatoxina-a(S)	N-hidroxiguanina cíclica fosforilada	<i>Anabaena, Dolichospermum</i>	Neurotóxico, inhibidor de la acetilcolinesterasa
Saxitoxinas	Alcaloides	<i>Aphanizomenon, Anabaena, Dolichospermum, Lyngbya, Cylindrospermopsis, Planktothrix</i>	Neurotóxico, bloquea los canales de sodio dependientes de potencial
Lyngbyatoxinas, Aplysiatoxinas	Alcaloides	<i>Lyngbya, Oscillatoria, Schizothrix</i>	Promotor tumoral, bloquea la proteína eucariótica quinasa C
BMAA, DAB	Diaminoácidos	Muchos géneros	Neurotóxico, toxina del desarrollo, inserción errónea dentro de las proteínas
LPS	Lipopolisacáridos	Todos los géneros	Inflamatorio, promotor de la secreción de citoquina

Tanto los estudios en cultivos experimentales como las investigaciones de regulación de la transcripción de clusters de genes de microcistina, nodularina, saxitoxina y cilindrospermopsina sugieren que parámetros ambientales tales como la luz, la disponibilidad de nutrientes y la temperatura juegan un rol importante en la regulación de las toxinas (Neilan et al., 2013). Sin embargo, los estudios moleculares más recientes sugieren que la transcripción de los genes de la biosíntesis de la cianotoxina sería constitutiva y que su producción se relaciona más directamente al incremento celular y no tanto a una señal ambiental en particular (Pearson et al., 2016). El conocimiento del estudio de los factores ambientales que favorecerían la producción de las floraciones

avanza sostenidamente, pero las causas por las cuales aparecen cepas tóxicas permanecen un tanto oscuras. La identificación taxonómica no es suficiente para evidenciar la presencia de cepas tóxicas en una floración, si bien se han hecho avances importantes. Hasta que no se disponga de ensayos rápidos para comprobar la toxicidad de las cepas presentes, debe suponerse que toda floración de cianobacterias es tóxica (Pizzolón, 1996).

Un aspecto preocupante relacionado al uso del recurso es que las toxinas liberadas al agua no se eliminan con el tratamiento convencional de potabilización del agua utilizado mayormente en la Argentina y la remoción sólo es eficiente mediante tratamientos con carbón activado y ozonización (Chorus & Bartram, 1999).

1.1.2. Floraciones

Las floraciones de las cianobacterias constituyen, como fuera descripto al inicio de este trabajo, un incremento significativo de la biomasa de unas pocas especies planctónicas en períodos de horas a días, en aguas superficiales o cercanas a la superficie de sistemas mesoeutróficos y eutróficos (Chorus & Bartram, 1999). ¿Cuándo se considera que el crecimiento algal constituye una floración? La definición más reciente establece que es cuando se da un incremento en unos pocos días o hasta 2 semanas, con más del 80 % del ensamble dominado por una o pocas especies. En lagos mesotróficos o levemente eutróficos la floración se corresponde con biomásas desde 30 a 50 µg/L de clorofila *a* mientras que en lagos eutróficos a hipereutróficos, desde 300 a 400 µg/L (Humbert & Fastner, 2017).

Los factores que favorecen el desarrollo de las floraciones de cianobacterias pueden resumirse en:

1. Eutrofización de los sistemas acuáticos por incremento de nitrógeno y fósforo.
2. El alto tiempo de permanencia del agua en el sistema acuático que permite que se desarrolle una termoclina estable durante los meses cálidos y que evite la pérdida o remoción de biomasa.
3. Incremento de la temperatura e intensidad luminosa y la baja turbulencia del agua.

Uno de los objetivos en los estudios ecológicos de las poblaciones que forman floraciones es establecer cuáles son las condiciones ambientales que determinan la distribución de estas especies (Chorus & Bartram, 1999; Reynolds et al., 2002 y Dolman, et al., 2012). El hecho de que en algunos sistemas acuáticos son siempre las mismas especies las que forman las floraciones y que difieren de las que se desarrollan en otros tipos de ambientes, sugiere que existen distintas estrategias exitosas asociadas a las características propias de los ambientes. Chorus & Bartram (1999) tipificaron las siguientes ecoestrategias de las cianobacterias:

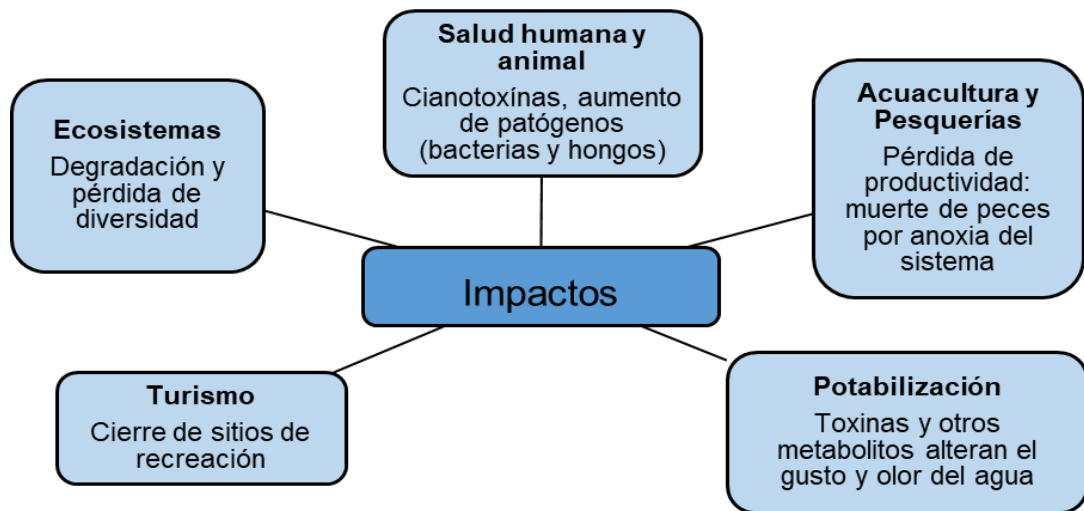
- Ecoestrategas formadoras de cúmulos (C): Las cianobacterias de algunos géneros como *Microcystis*, *Dolichospermum* (ex *Anabaena*) y *Aphanizomenon* (colonias, filamentos helicoidales o rectos reunidos en haces) no están distribuidas homogéneamente en la columna de agua, ya que la regulación de la flotabilidad les permite ubicarse donde las condiciones de luz son óptimas para su crecimiento; al concentrarse en la superficie pueden ser arrastrados por los vientos formando cúmulos en las orillas. Para

que esta ecoestrategia se establezca, la columna de agua no debe ser muy turbulenta.

- Ecoestrategas con dispersión homogénea (D): Especies filamentosas como *Planktothrix agardhii*, que son muy sensibles a altas intensidades de luz y no forman colonias, mantienen filamentos solitarios en circulación en el agua ya que su regulación de la flotabilidad es escasa, por lo tanto, se distribuyen homogéneamente en la columna de agua.
- Ecoestrategas con estratificación en la termoclina: Desarrollan poblaciones estables en el verano en el metalimnion de lagos y embalses como *Planktothrix rubescens*.
- Fijadoras de nitrógeno (F): Los géneros *Dolichospermum* (ex *Anabaena*), *Anabaenopsis*, *Aphanizomenon*, *Cylindrospermopsis*, *Nodularia*, entre otros, se ven favorecidos en ambientes con limitaciones de nitrógeno, por su capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico.
- Ecoestrategas pequeños y coloniales: Los géneros como *Aphanothece* pueden generar grandes poblaciones de pequeños formadores de colonias, principalmente en estadios intermedios de la recuperación de un lago luego de la restauración.
- Ecoestrategas bénticos: Especies como *Oscillatoria limosa* puede crecer formando tapetes en el fondo de los lagos cuando éstos son suficientemente claros para permitir la penetración de la luz.

Las floraciones de cianobacterias son indicadoras de un proceso de eutrofización acelerada que a la vez ocasiona perjuicios diversos con relación al uso del recurso. Estos perjuicios están sintetizados en la Figura 1.

Figura 1: Esquema conceptual: Principales efectos de las floraciones de cianobacterias potencialmente tóxicas.



Tanto la seguridad del agua para la población humana como la biodiversidad están en gran peligro debido a varios factores de estrés entre los que se incluyen las floraciones (Vörösmarty et al., 2010). Sin embargo, se encuentran serias dificultades para cuantificar y evaluar la importancia relativa de los efectos perjudiciales de las cianobacterias a escala global o incluso a escala regional. Por ejemplo, ¿cuál es la proporción de sistemas de agua dulce afectados por las floraciones de cianobacterias tóxicas? ¿Cuáles son las regiones o países más afectados? Carmichael (2008) proporcionó una descripción, basada en documentos publicados y reportes de eventos de cianobacterias tóxicas, la cual mostró su ocurrencia mundial: 52 países documentados con floraciones productoras de cianotoxinas, 7 correspondientes a Sudamérica; este reporte indica que su incidencia aumentó dramáticamente desde la década de 1960 para todos los países. Además, en base a los datos de EE.UU., el mismo informe afirma que el clima, la topografía y el grado de eutrofización cultural han dado lugar a algunas diferencias geográficas en el tipo y grado de sucesos tóxicos.

El éxito de cada especie o cepa de cianobacteria formadora de floraciones se entiende en términos de sus características ecológicas particulares: adquisición de recursos, dinámica de crecimiento, persistencia en el hábitat, tolerancia y sensibilidad a diferentes condiciones y toxicidad. Entonces, es necesario conocer cuáles y cuántas especies de cianobacterias potencialmente tóxicas están involucradas en floraciones nocivas en ambientes de agua dulce. Wood et al. (2015) mencionaron aproximadamente 2.000 especies de cianobacterias descritas en todo el mundo, entre las cuales indican que más de 50 tienen cepas productoras de cianotoxinas. Más recientemente, Bernard et al. (2017) reportaron una lista actualizada que incluye aproximadamente 80 especies de cianobacterias de agua dulce bentónicas y planctónicas que producen o se sospecha producen toxinas. Considerando que estas cifras son una estimación conservadora, seguramente al menos 50 especies de agua dulce, asociadas con la producción de cianotoxinas, serían responsables de las floraciones de cianobacterias tóxicas en el mundo (Sant' Anna et al., 2008; Cires y Quesada, 2011; Wood et al., 2009). Las diferencias existentes entre las especies de cianobacterias respecto a las estrategias fisiológicas y de crecimiento e incluso sus rasgos estables (ciclos de vida), rara vez se incluyen en los escenarios proyectados de cambio climático, lo que dificulta la predicción de la extensión futura del desarrollo de las floraciones (Legrand, 2015).

1.2. Situación en Argentina

1.2.1. Caracterización geográfica y ambiental de la Argentina

La ubicación latitudinal de la Argentina, entre el Trópico de Capricornio y la región Antártica, le confiere una enorme diversidad climática y ecorregional. Se encuentran ambientes de clima tropical húmedo (selvas subtropicales como las Yungas y la Selva Paranaense), bosques xerófilos

(Chaco y Espinal), pastizales sometidos a fuertes variaciones interanuales de las precipitaciones (Pampa), hasta ambientes de climas desérticos (Puna, Estepa Patagónica, Monte) (Brown et al., 2006).

Geomorfológicamente se pueden definir tres regiones, la Cordillera de los Andes, las grandes planicies y la Patagonia (Iriondo 1989 en Quirós & Drago, 1999). Desde el punto de vista climático, existen tres grandes regiones de condiciones de precipitación contrastantes: a) los ambientes húmedos, con más de 1.000 mm de precipitaciones anuales, como las selvas subtropicales, el Chaco Húmedo y el Bosque Patagónico; b) los ambientes xerófilos entre 200 y 700 mm de precipitaciones anuales como el Chaco Seco, Espinal, Pampas, Monte, y c) los ambientes desérticos como los Altos Andes, Puna, Estepa Patagónica, con precipitaciones inferiores a los 200 mm anuales y fuertes amplitudes térmicas anuales y diarias (Brown et al., 2006).

Debido a esta gran diversidad geológica y climática, la Argentina se encuentra subdividida en 18 eco-regiones, quince corresponden al área continental y las otras tres, a las islas del Atlántico Sur, a la Antártida Argentina y al Mar Argentino (Burkart et al., 1999) (Figura 2).

Figura 2 : Mapa de eco-regiones de la Argentina (Burkart et al., 1999) extraído de <https://www.sib.gov.ar/eco-regiones>.



1.2.2. Problemática en la Argentina

En Argentina las floraciones de cianobacterias han sido reportadas desde mediados del siglo pasado en lagunas de las planicies aluviales (Mullor, 1945; Ringuelet et al., 1955) y para la década del 80 se habían registrado múltiples floraciones en ríos, reservorios, lagos, lagunas costeras y estuarios, comúnmente de *Microcystis* y *Dolichospermum* (ex *Anabaena*). Pizzolón et al. (1999) presentaron un primer inventario de ambientes con riesgo por toxicidad de cianobacterias y luego Echenique y Aguilera (2009) recopilaron casos de desarrollos masivos de cianobacterias actualizado al 2004 (www.cyanonet.org). En esta década se incrementaron los reportes de floraciones en el país, especialmente para sistemas proveedores de servicios de agua para bebida humana o de turismo (Amé et al., 2003; Argañaraz Bonini et al., 2005; Ruibal Conti et al., 2005; Mancini et al., 2010 y O'Farrell et al., 2012). Más recientemente Aguilera et al. (2017) publicaron una descripción actualizada de casos, aunque no analizaron la ocurrencia de floraciones en los variados tipos de cuerpos de agua ubicados en distintas regiones del territorio, en relación a la ecología de las poblaciones involucradas.

De acuerdo a los antecedentes registrados, se han podido identificar algunos factores ambientales que promueven el desarrollo de floraciones de cianobacterias en Argentina; si bien hay consenso que las altas temperaturas y concentraciones de nitrógeno y fósforo promueven, entre otros factores, estos eventos, todavía debe profundizarse el análisis de la acción conjunta de estos en los sistemas acuáticos de distintas latitudes. Para distintos cuerpos de agua es deseable establecer valores umbrales, sinergias y antagonismos de las variables intervinientes para lograr establecer las condiciones ambientales que disparan la aparición de floraciones de cianobacterias potencialmente tóxicas para los distintos tipos y variados sistemas acuáticos de la Argentina.

Por lo anterior, la presente tesis pretende actualizar el relevamiento de las floraciones de cianobacterias potencialmente tóxicas en los sistemas acuáticos continentales argentinos, relacionando la información dispersa y descriptiva en una nueva matriz de datos que permita correlacionar su ocurrencia, discriminando tanto las especies y ecoestrategias, con los factores ambientales registrados.

2. IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

Dado que los ambientes acuáticos en donde se han identificado floraciones de cianobacterias potencialmente tóxicas en distintos lugares del mundo, son usados directa o indirectamente por la población, dichas floraciones han representado y representan pérdidas económicas (Steffensen, 2008) y, en mayor importancia, un riesgo para la salud pública (Blaha et al., 2009 y Gianuzzi et al., 2011). Una profundización del conocimiento de las condiciones ambientales que podrían promover la ocurrencia de dichas floraciones para los distintos tipos de sistemas en cada una de las regiones de la Argentina, permitirá diseñar sistemas de prevención y detección más eficaces para controlar, alertar y en lo posible evitarlas, permitiéndole a las entidades gubernamentales y no gubernamentales contar con un referente teórico para gestionar de manera más adecuada dichos ambientes y en general los ambientes de similares características.

3. OBJETIVOS

- Relevar y actualizar la información de las floraciones de cianobacterias potencialmente tóxicas en ambientes acuáticos continentales en Argentina, a través de la compilación de la literatura más relevante publicada sobre el tema, identificando las características ambientales de dichos cuerpos de agua, las condiciones registradas en los momentos de dichas floraciones y las especies/géneros responsables.
- Establecer las relaciones entre los sistemas estudiados, sus características geográficas, morfológicas, limnológicas y ambientales para identificar los escenarios que podrían determinar la ocurrencia de floraciones de Cianobacterias potencialmente tóxicas en cada una de las regiones del territorio argentino.

4. PREGUNTAS PROBLEMA E HIPOTESIS

- ***¿Cuáles son las principales características geográficas y ambientales que promueven las floraciones de los diferentes taxones de cianobacterias planctónicas potencialmente tóxicas en Argentina?***

Hipótesis

1. Las características geográficas y climáticas correspondientes a los diferentes cuerpos de agua afectados en la Argentina, conforman patrones que promueven o limitan la ocurrencia de floraciones de las distintas morfoespecies de cianobacterias potencialmente tóxicas.
2. El estado trófico y la transparencia son variables determinantes del desarrollo de floraciones de distintas morfoespecies de cianobacterias potencialmente tóxicas en la Argentina.

- ***¿Existen rasgos morfológicos o ecoestrategias que promuevan floraciones asociadas a los cuerpos de agua de distintos tipos?***

Hipótesis

3. Los rasgos morfo-fisiológicos de las cianobacterias potencialmente tóxicas están asociados a distintos tipos de cuerpos de agua.

- ***¿El desarrollo de las floraciones de cianobacterias constituye un riesgo potencial para la salud humana?***

Hipótesis

4. Los cuerpos de agua someros y los sistemas con un elevado tiempo de residencia del agua, ubicados en regiones con una actividad agrícola

fuertemente subsidiada o con déficit hídrico, presentan floraciones intensas con un alto riesgo para la salud (>100.000 células/ml).

5. METODOLOGÍA

5.1. Base de datos

5.1.1. Cianobacterias

El enfoque usado en esta tesis es el de un metaanálisis. Se utilizó un conjunto de técnicas estadísticas para realizar un análisis original de la información agrupada, referente a la ocurrencia de floraciones de cianobacterias en distintos ambientes del territorio argentino. Se incluyeron tanto publicaciones científicas, como revistas, resúmenes de congresos, informes de instituciones gubernamentales, instituciones no gubernamentales y medios de difusión nacionales, desde 1944 hasta 2015. Además, se obtuvieron datos aún no publicados por colaboración con las doctoras Melina Devercelli (CONICET, Universidad del Litoral, Santa Fe, Argentina), Marina Forastier (CONICET, Corrientes, Argentina), Norma Meichtry de Zaburlin (Universidad Nacional de Misiones, Instituto De Biología Subtropical, Posadas, Argentina), Silvia Otaño (Aguas de Corrientes, Corrientes, Argentina) y la Magister Wanda Polla (CONICET, Santa Fe, Argentina).

Con el fin de comparar los datos, se excluyeron los estudios referidos a especies y géneros no planctónicos, los estudios referidos a especies y géneros no identificados actualmente como potencialmente tóxicos, así como aquellos que no cumplieron con los criterios de muestreo y recuento celular (análisis con microscopio invertido en muestras subsuperficiales recogidas sin red), además no se incluyeron estudios con información de especies identificadas de manera ambigua tales como las picocyanobacterias (Jakubowska & Szelag-Wasielewska, 2015) o bien las Oscillatoriales filamentosas finas (*Pseudoanabena*, *Planktolyngbya*, *Limnothrix*).

El principal indicador biológico cuantitativo utilizado fue la intensidad de la floración, definida como la máxima abundancia de células de cianobacterias registradas en cada sistema acuático; si las especies de cianobacterias formadoras de floración involucradas en los eventos de un mismo cuerpo de agua varían en el tiempo (reemplazo de especies del ensamble), dicho sistema estará representado más de una vez en el análisis. Se definió una abundancia umbral de células necesarias para ser incluidas en el metaanálisis (5000 células/ml), la cual se obtuvo sumando las abundancias de todas las cianobacterias potencialmente tóxicas presentes en el mismo evento de floración (en el caso de floraciones mixtas). Este valor se deriva de los enfoques actuales utilizados para la gestión de Cianobacterias tóxicas (Chorus, 2012), haciendo énfasis en los niveles de orientación de los países del hemisferio sur (Australia, Brasil).

Para unificar las identificaciones de las especies mencionadas en las diferentes publicaciones se usó el enfoque polifásico de Komárek (Komárek, 1998, 2005, 2013). Además, se usaron conceptos cualitativos para clasificar esta información: i) especies únicas o floraciones mixtas y ii) especies agrupadas de acuerdo con sus ecoestrategias (Chorus & Bartram, 1999): formadoras de cúmulos (C) o con dispersión homogénea (D) así como su capacidad o no para fijar nitrógeno (CF y DF).

5.1.2. Información ambiental reportada en los documentos

La información ambiental obtenida de las fuentes mencionadas anteriormente comprendió datos de las características generales disponibles del sistema, como área de superficie, profundidad media, profundidad máxima, estado trófico, así como variables geográficas (latitud, longitud y altitud) correspondientes a todos los cuerpos de agua

incluidos en el análisis. También se registraron los datos limnológicos disponibles en el momento de la floración (temperatura del agua, profundidad del disco de Secchi, pH, nitrógeno y fósforo total) y la información referente a la estación en la que ocurrió la floración (verano, otoño, invierno y primavera).

5.1.3. Información climática y geográfica

La información climática sintética se introdujo en la base de datos calculando los promedios históricos (60 años) de temperaturas mensuales máximas, medias y mínimas, precipitaciones mensuales y velocidad del viento mensual registrados en la estación meteorológica más cercana a cada cuerpo de agua (Apéndice I); los datos brutos fueron proporcionados por el Servicio Meteorológico Nacional. También se utilizaron conceptos cualitativos para clasificar los sistemas acuáticos según su origen (natural o artificial), morfología (lagos someros, lagos profundos, embalses, reservorios de agua, ríos, arroyos y estuarios), y las correspondientes eco-regiones descriptas para Argentina (<https://www.sib.gov.ar/eco-regiones>).

5.2. Mapas

Se realizaron mapas de distribución de los tipos de cuerpos de agua afectados, ecoestrategias dominantes y abundancia de cianobacterias exportando la matriz de datos a un sistema de información geográfica (QGIS 2.14.19) donde los sitios se superpusieron con una capa de las cuencas hidrográficas de Argentina (colaboración de la Lic. Laura Calfayán). Para realizar el mapa de la abundancia de cianobacterias, la cantidad máxima registrada de células de cianobacterias en cada sistema acuático se clasificó en una de las tres categorías definidas por la

Organización Mundial de la Salud para aguas recreativas (Chorus & Bartram, 1999): probabilidades relativamente leves o bajas de efectos adversos para la salud (5.000 (umbral de este estudio) a 20.000 cel / ml), probabilidades moderadas de efectos adversos para la salud (20.000 a 100.000 cel / ml) y alto riesgo de efectos adversos para la salud (> 100.000 cel / ml).

5.3. Análisis de datos

Para evitar posibles sesgos en los análisis debidos a información faltante en la base de datos general, se analizaron por un lado los patrones generales geográficos y climáticos y por el otro las características de los cuerpos de agua. Para lo primero se utilizó una gran matriz que incluyó la totalidad de los cuerpos de agua con reportes de floraciones. Además, se construyeron matrices más pequeñas constituidas por subconjuntos de cuerpos de agua, para evaluar con técnicas más robustas otros factores como la influencia de las variables limnológicas, cuya información en los documentos fue más fragmentada e incompleta.

Se realizó una ordenación no restringida de las especies formadoras de floraciones en base a su presencia-ausencia en cada sistema mediante el análisis de coordenadas principales (PCoA) o escalamiento multidimensional métrico (MDS), utilizando el coeficiente cualitativo de asociación “simple-matching” para la matriz de similitud.

Para relacionar la abundancia total de cianobacterias planctónicas formadoras de floraciones, así como la abundancia de las especies más frecuentemente involucradas en las floraciones con el tipo de sistema acuático y las variables limnológicas, geográficas y climáticas, se

ajustaron modelos de regresión lineal múltiple paso a paso (“stepwise”). Los criterios utilizados para la selección de los modelos fueron la significación del cambio en R^2 por análisis de varianza, el diagnóstico de multicolinealidad por factores de inflación de varianza, las tolerancias para las variables individuales y la prueba de Durbin-Watson para la correlación serial de los residuos. Los datos de abundancia se transformaron logarítmicamente para normalizarlos. Para cada variable independiente se ajustaron los modelos de regresión lineal, exponencial, logarítmico y potencial. Para seleccionar el modelo de mejor ajuste se utilizaron los criterios de máximo R^2 y mínimo cuadrado medio residual del ANOVA (Zar, 2010).

Para probar la asociación entre las ecoestrategias y las especies más frecuentemente involucradas en las floraciones con el tipo y origen de los cuerpos de agua y la ecorregión, se utilizó la prueba exacta de Fisher. El grado de asociación se evaluó con el coeficiente de contingencia V de Cramer. El coeficiente de incertidumbre asimétrico U se utilizó para medir la reducción proporcional del error cuando el tipo, el origen del sistema acuático o la ecorregión se utilizaron para predecir los valores de las ecoestrategias y las especies más frecuentemente involucradas en las floraciones.

Se utilizaron regresiones logísticas binomiales (binarias) “stepwise” para relacionar la presencia de las especies formadoras de floraciones más abundantes con las variables limnológicas y climáticas. Se ajustaron dos modelos de regresión logística multinomial “stepwise” con ecoestrategias como la variable dependiente. En un modelo se especificaron como variables predictoras las variables limnológicas (Nitrógeno Total, Fósforo Total, temperatura, conductividad, profundidad de Secchi) y las variables geográficas, morfológicas y climáticas en el otro. La estimación de parámetros de los modelos lineales generalizados con distribución

binomial y la función de enlace logit se realizó mediante un algoritmo iterativo de máxima verosimilitud con SPSS. Para el ajuste del modelo mediante el procedimiento de pasos sucesivos hacia adelante (“forward stepwise”) se analizaron los criterios de Akaike, de información bayesiana de Schwarz y los -2 Log-verosimilitud (“deviance”) y se realizó la prueba de razón de verosimilitud Chi-cuadrado. Para analizar el grado de asociación se utilizó el pseudo R-cuadrado de Nagelkerke. Se analizó el porcentaje de predicciones correctas en cada categoría de la variable dependiente. Para relacionar las ecoestrategias con las variables categóricas tipo y origen del sistema acuático, ecorregión, estado trófico y estacionalidad se utilizó la técnica de regresión categórica. Ésta es un escalado óptimo mediante un procedimiento de alternancia de cuadrados mínimos, equivalente al análisis de correlación canónica categórica con escalamiento óptimo con dos conjuntos, uno de los cuales contiene solo una variable. Se usó el método de remuestreo Bootstrap para proporcionar una estimación del error de predicción del modelo (IBM, 2016).

6. RESULTADOS

6.1 Caracterización de sitios de estudio

Durante la realización del metaanálisis se consultaron más de 200 fuentes bibliográficas. Con base a los criterios explicitados en la metodología para la compilación de datos, se incluyeron un total de 83 documentos (Apéndice II) que reportaron registros de floraciones en 122 sitios de estudio (Apéndice III). Los cuerpos de agua afectados por floraciones de cianobacterias se extienden a lo largo de un territorio que abarca una variedad de climas que van desde el tropical húmedo al templado frío, a través de aproximadamente 1.500 km de este a oeste y 2.000 km de Norte a Sur (Figura 3). Las diferencias de temperaturas promedio absolutas exceden los 40°C (entre - 5°C y 37,5°C) y las precipitaciones anuales varían en un orden de magnitud (entre 190,5 y 1925,5 mm). En la tabla 2 se presentan los rangos de las variables geográficas y climáticas del territorio abarcado por los 122 sitios de estudio.

Los valores promedio de temperatura máxima y precipitación anual entre 1945 y 2015, en las estaciones meteorológicas más cercanas de los cuerpos de agua afectados por floraciones, disminuyen con la latitud ($R = -0,89$, $p = 0,001$ y $R = -0,60$, $p=0,001$, respectivamente), mientras que la velocidad del viento aumenta ($R = 0,54$, $p = 0,001$). Tanto el promedio de temperatura mínima absoluta y la precipitación anual disminuyen con la longitud ($R = -0,60$, $p = 0,001$ y $R = -0,84$, $p = 0,010$, respectivamente); el promedio de precipitación anual disminuye con la altitud ($R = -0,44$, $p = 0,001$) (Apéndice IV).

Figura 3 : Ubicación de los distintos tipos de cuerpos de agua afectados por las floraciones de cianobacterias en la Argentina.

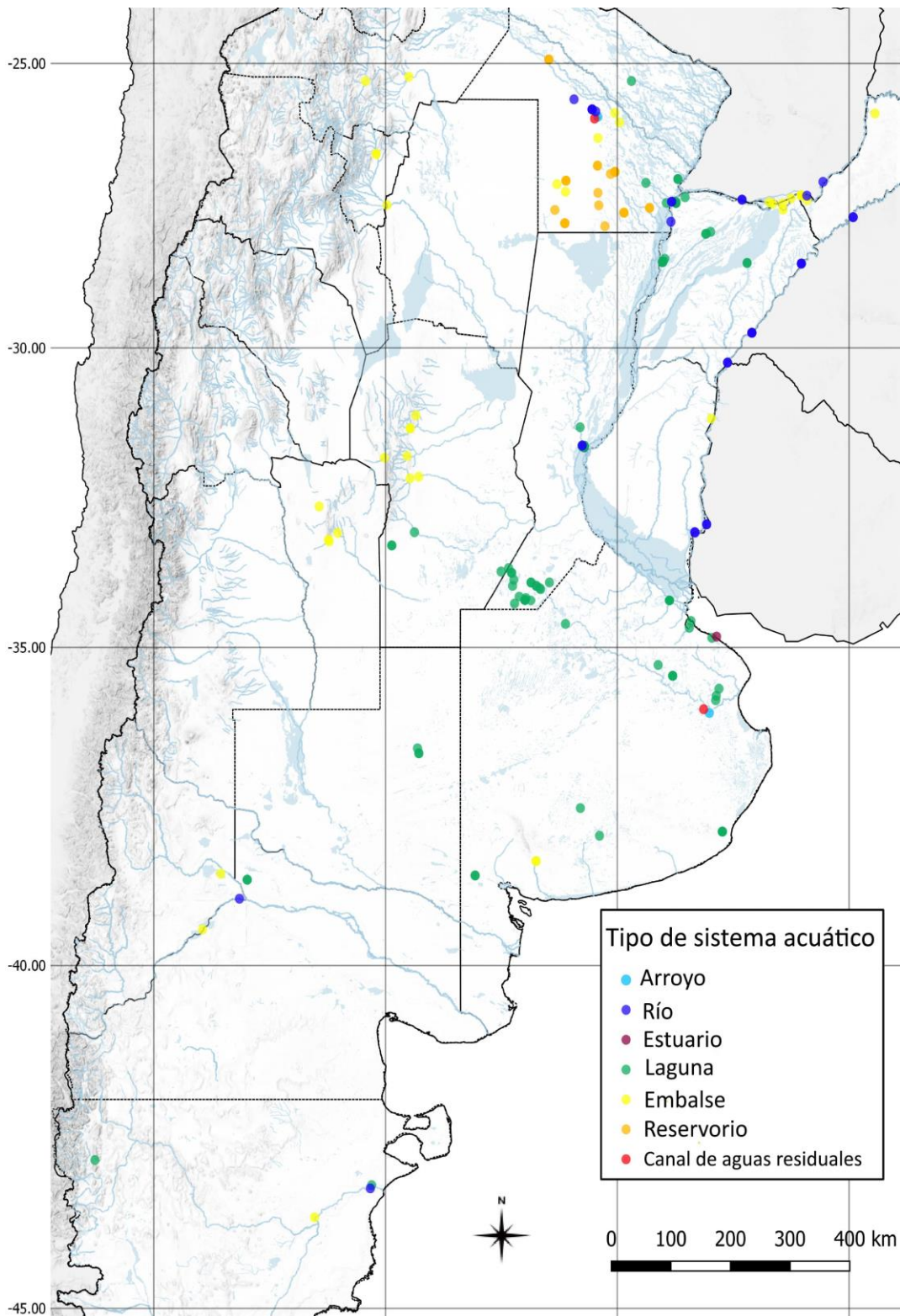


Tabla 2 : Rangos de las variables geográficas y climáticas (promedios entre 1945 y 2015) correspondientes a los cuerpos de agua afectados por floraciones de Cianobacterias en la Argentina

		Mínimo	Máximo
Latitud		24° 55' 39" S	45° 24' 19.23" S
Longitud		54° 26' 19.34" O	71°16' 7.01" O
Altitud	msnm	-21	1028
Temperatura máxima absoluta	°C	22,0	37,5
Temperatura máxima media	°C	14,3	29,9
Temperatura media	°C	8,3	22,8
Temperatura mínima absoluta	°C	-5,0	9,2
Temperatura mínima media	°C	2,5	16,7
Precipitación anual	mm	190,5	1925,5
Velocidad del viento	km/h	6,3	26,4

Se registraron floraciones en 17 de las 23 provincias argentinas; el mayor porcentaje se presentó en las provincias del Chaco y Santa Fe, con el 20 % de las floraciones reportadas, seguidas por las provincias de Corrientes y Buenos Aires con el 17 % y el 15 % de las floraciones, respectivamente (Figura 4).

Las floraciones se presentaron en 10 de las 18 eco-regiones de la Argentina, el mayor porcentaje se observó en La Pampa con el 36 %, seguida de El Chaco Seco y Los Esteros del Iberá, con el 14 % y el 11 %, respectivamente (Figura 5).

Figura 4 : Porcentaje de floraciones reportadas en cada provincia de la Argentina.

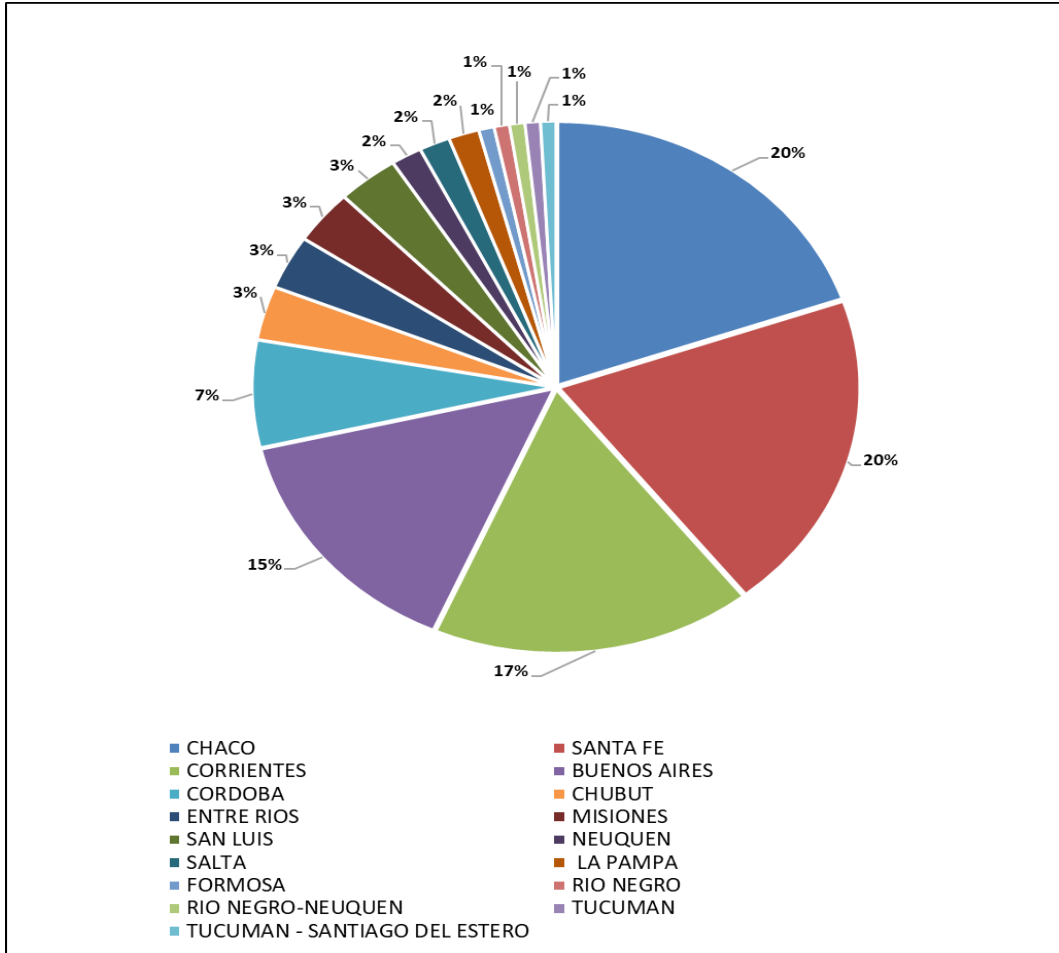
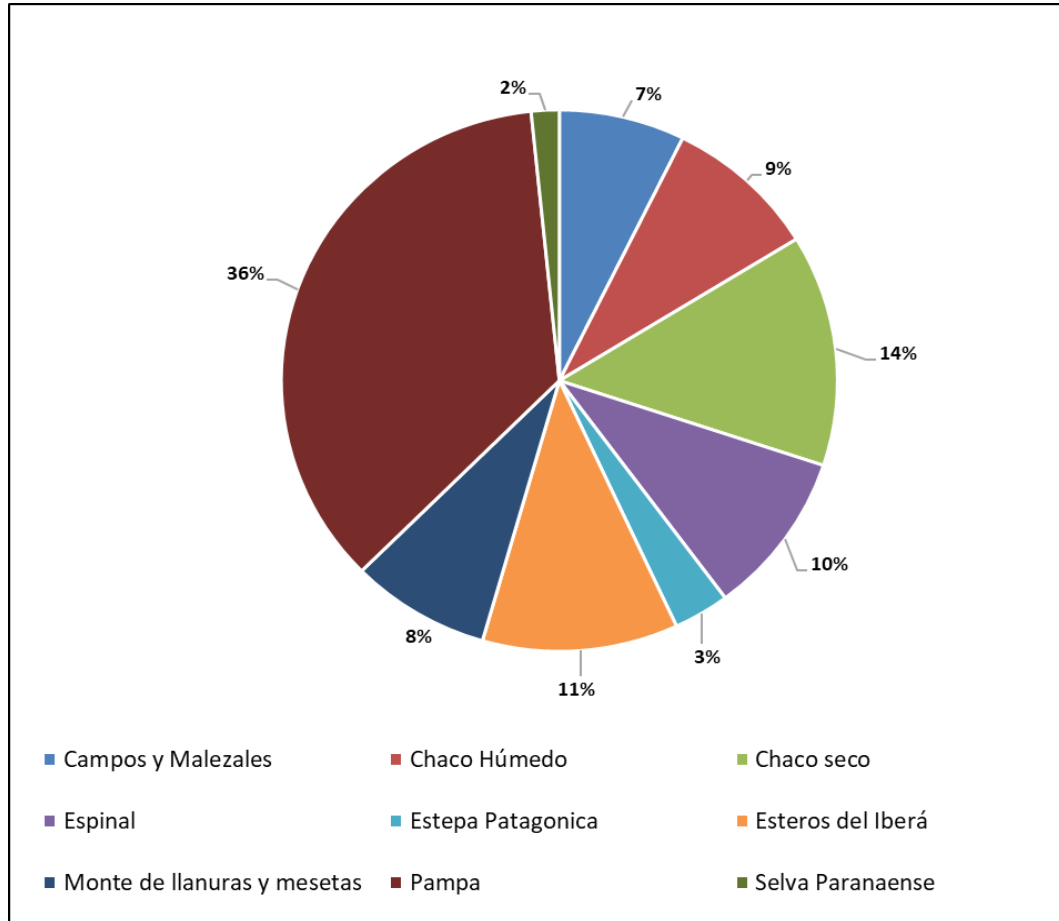


Figura 5 : Porcentaje de floraciones reportadas por ecorregión de la Argentina.

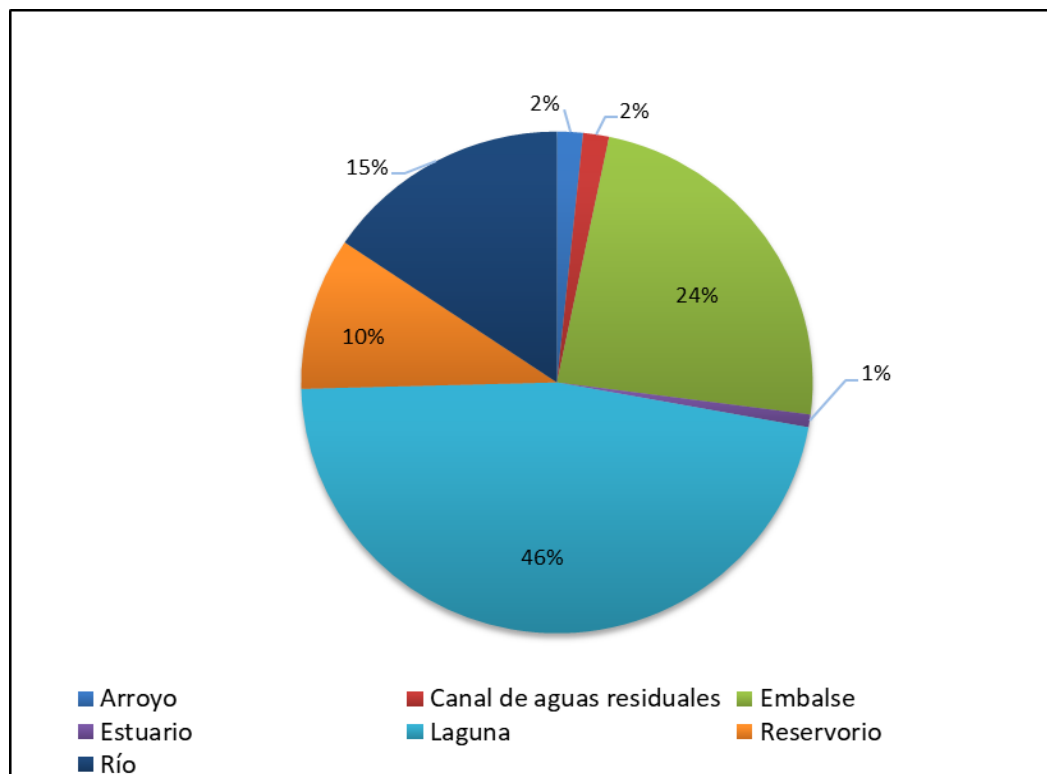


Los principales sistemas acuáticos afectados fueron someros y lénticos, ya sean naturales como la mayoría de las lagunas (46 %) o artificiales como los reservorios (10 %). Los sistemas lóticos también se vieron afectados por las floraciones, especialmente los tramos con embalses (24 %) y los tramos fluviales ubicados aguas abajo de las represas (15 %) (Figura 6). Los lagos profundos reportaron sólo un evento de crecimiento marcado de cianobacterias en el Lago Musters, el cual no llegó al umbral de densidad de células utilizado como criterio de inclusión en el metaanálisis. El origen del cuerpo de agua está fuertemente asociado a

su clasificación tipológica ($p = 0,001$; $V = 0,86$) y más débilmente a la eco-región en la que se encuentra ($p = 0,001$; $V = 0,54$).

Del total de los sistemas acuáticos afectados, el 6 % de los sistemas fueron oligotróficos, 23,1 % mesotróficos y 70,9 % sistemas eutróficos a hipertróficos. El estado trófico se asoció al tipo de cuerpo de agua ($p = 0,03$; $V = 0,27$), mostrando que todas las lagunas afectadas fueron mesotróficas a eutróficas-hipertróficas, mientras que los embalses mostraron un gradiente creciente que varió desde 13,8 % oligotróficos a 51,7 % de sistemas eutróficos; la mayoría (77,8%) de los tramos fluviales afectados por las floraciones fueron eutróficos-hipertróficos. El estado trófico de los sistemas afectados mostró una relación más fuerte con las eco-regiones ($p = 0,001$; $V = 0,57$), evidenciando un 96,2 % de cuerpos de agua eutróficos-hipertróficos en la región de la Pampa y sólo 11,8 % en la región de los Esteros del Iberá, donde el 76,5 % de los sistemas fueron mesotróficos. Es interesante destacar que en el Chaco Húmedo hubo proporciones iguales de sitios estudiados oligotróficos y eutróficos. En cuanto a la estacionalidad, se observó una tendencia creciente de cuerpos de agua afectados a lo largo de todo el gradiente trófico en cada una de las estaciones del año, a excepción del invierno, cuando ninguno de los sistemas oligotróficos se vio afectado por floraciones ($p = 0,035$; $V = 0,25$).

Figura 6 : Porcentaje de floraciones reportadas por tipo de cuerpo de agua.



6.2 Especies de Cianobacterias

En total se registraron 182 eventos de floración, 67 floraciones con 2 o más especies (floraciones mixtas) (36,8 %) y 115 floraciones constituidas por una sola especie dominante (32 %) (Apéndice V). Se identificaron en total 39 morfoespecies planctónicas potencialmente tóxicas (Tabla 3). El orden mejor representado fueron las Nostocales con 8 géneros y 28 morfoespecies, seguido de Chroococcales y Oscillatoriales. La mayoría de los taxones han sido informados en la literatura como productores de toxinas. Las morfoespecies registradas más frecuentemente en las floraciones fueron *Microcystis aeruginosa* (19 %), *Dolichospermum spiroides* (13 %), *Cylindrospermopsis raciborskii* (7 %), *D. circinale* (7 %), *Raphidiopsis mediterranea* (7 %), *R. curvata* (4 %), *D. planctonicum* (4 %), *Sphaerospermopsis aphanizonemoides* (3 %) y *Planktothrix agardhii* (3

%). Entre las especies dominantes, la ocurrencia de floraciones mixtas estuvo asociada a *D. circinale*, *D. spiroides*, *S. aphanizonemoides*, *R. curvata* y *R. mediterranea* (Tabla 4).

Tabla 3 : Listado de morfoespecies de cianobacterias responsables de las floraciones en Argentina. (La taxonomía corresponde a la aproximación polifásica de Komárek)

Morfoespecies	Ecoestrategia	%
Orden Chroococcales		
<i>Coelosphaerium kuetzingianum</i> Nageli *	C	0.4
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kutz.) Kutz. *	C	19
<i>Microcystis flos-aquae</i> (Witt.) Kirch. *	C	0.4
<i>Microcystis natans</i> (Lemm.) ex Skuja	C	0.2
<i>Microcystis novacekii</i> (Kom. Comp.) *	C	0.2
<i>Microcystis wesenbergii</i> (Kom.) Kom. in Kond. *	C	1
<i>Snowella lacustris</i> (Chod.) Kom. et Hind. *	C	0.2
<i>Sphaerocavum brasiliensis</i> Azevedo et Sant' Anna	C	0.4
Orden Oscillatoriales		
<i>Arthrospira maxima</i> Setchell et Gardner in Gardner	D	2
<i>Arthrospira platensis</i> (Nordst) Gom. *	D	2
<i>Planktothrix agardhii</i> (Gom.) Anag. Et Kom. *	D	3
Orden Nostocales		
<i>Anabaenopsis circularis</i> (G. S. West) Woloszynska et Miller	CF	1
<i>Anabaenopsis cunningtonii</i> Taylor	CF	1

<i>Anabaenopsis elenkinii</i> Miller	CF	2
<i>Anabaenopsis milleri</i> Voronichin *	CF	2
<i>Anabaenopsis nadsonii</i> Voronichin	CF	1
<i>Anabaenopsis tanganykae</i> (G. S. West) Miller	CF	1
<i>Aphanizomenon</i> aff. <i>flos-aquae</i> Ralfs ex Bornet et Flahault *	CF	0.4
<i>Aphanizomenon favaloroi</i> Otaño	DF	2
<i>Aphanizomenon gracile</i> (Lemm.) Lemm. *	DF	2
<i>Aphanizomenon platense</i> Seckt	DF	0.2
<i>Aphanizomenon schindleri</i> Kling et al.	DF	1
<i>Cuspidothrix issatschenkoi</i> (Usacev) Rajaniemi *	DF	1
<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i> (Woloszynska) Seenaya et SubbaRaju *	CF	7
<i>Dolichospermum affine</i> (Lemm.) Wacklin et al. *	CF	0.2
<i>Dolichospermum</i> cf. <i>bituri</i> (Cronb. & Kom.) Wacklin et al. *	CF	0.2
<i>Dolichospermum circinale</i> (Rabenh. ex Bornet et Flahault) Wacklin et al. *	CF	7
<i>Dolichospermum flos-aquae</i> (Bréb. ex Born. et Flah.) Wacklin et al. *	CF	1
<i>Dolichospermum helicoideum</i> (Bernard) Wacklin et al.	CF	0.2
<i>Dolichospermum lemmermannii</i> (Richt.) Wacklin et al. *	CF	2
<i>Dolichospermum planctonicum</i> (Brunn.) Wacklin et al. *	CF	4
<i>Dolichospermum pseudocompactum</i> (M Watanabe) Wacklin et al.	CF	6
<i>Dolichospermum spiroides</i> (Kleb.) Wacklin et al. *	CF	13
<i>Dolichospermum viguieri</i> (Denis et Frémis) Wacklin et al. *	CF	1
<i>Nodularia spumigena</i> Mertens ex Born. et Flah. *	CF	1
<i>Raphidiopsis curvata</i> Fritsch et Rich *	D	4
<i>Raphidiopsis mediterranea</i> Skuja *	D	7
<i>Sphaerospermopsis aphanizonemoides</i> (Forti)	DF	3

Zapomělová et al. *

Sphaerospermopsis torques-reginae (Kom.) Werner et al. *

CF

1

El asterisco indica su toxicidad potencial, las ecoestrategias aparecen clasificadas como: C: Formadoras de cúmulos, CF: Formadoras de cúmulos y fijadoras de nitrógeno, D: Con dispersión homogénea, DF: Con dispersión homogénea y fijadoras de nitrógeno. El porcentaje indica la proporción de ocurrencia en las floraciones.

Algunas especies se extendieron ampliamente a lo largo del territorio, mientras que otras se restringieron a regiones definidas. Las floraciones de *C. raciborskii* se limitaron a las provincias del noreste de Argentina (Misiones, Chaco, Corrientes), generalmente superponiéndose con *R. mediterranea*, especie filogenéticamente relacionada, la cual se extiende más hacia el sur (Santa Fe, Buenos Aires). Por el contrario, las floraciones de *M. aeruginosa* se extendieron por todo el territorio: Misiones, Chaco y Corrientes (NE), Santiago del Estero, Tucumán y Salta (NO), San Luis, Córdoba, Santa Fe, Entre Ríos y Buenos Aires (Centro), y Río Negro (Sur). De forma similar, *D. spiroides* se extendió a lo largo del territorio, aunque sus floraciones llegaron a reportarse hasta en las provincias patagónicas de Neuquén, Chubut y Río Negro.

La prueba de asociación entre la presencia de las especies que más frecuentemente forman floraciones y las diferentes eco-regiones de Argentina (Tabla 4), indica que *C. raciborskii* estuvo principalmente en los Esteros del Iberá y a menudo en el Chaco; *S. aphanizonemoides* y *R. mediterranea* se asociaron en su mayoría a la Pampa y con frecuencia, acompañado de *R. curvata*, a las regiones del Chaco. *D. circinale*, *D. spiroides* y *M. aeruginosa* fueron más comunes en la región de Campos y Malezales, aunque con frecuencia formaron floraciones en la Pampa; esta última especie se observó casi en todas las regiones (excepto en los Esteros del Iberá y la Selva Paranaense).

En cuanto a la tipología del sistema, la ocurrencia de floraciones de *M. aeruginosa*, *D. circinale* y *D. spiroides* fue mayor en embalses y ríos, mientras *R. curvata*, *R. mediterranea* y *S. aphanizonemoides* se asociaron de forma significativa a los reservorios de agua y las lagunas (Tabla 4). Sólo tres especies se asociaron significativamente al origen de los cuerpos de agua: *D. circinale*, *D. spiroides* y *R. curvata*, las cuales formaron floraciones con mayor frecuencia en sistemas artificiales (Tabla 4). Con respecto a la estacionalidad de la floración, *P. agardhii* estuvo principalmente asociada al invierno, mientras que *M. aeruginosa* al verano y al otoño (Tabla 4). El estado trófico se asoció significativamente con la presencia de floraciones de *M. aeruginosa* ($p = 0,028$; $V = 0,25$) que se encontró frecuentemente en aguas eutróficas a hipertróficas, y *D. circinale* ($p = 0,032$; $V = 0,28$) y *C. raciborskii* ($p = 0,001$; $V = 0,35$) que fue reportada mayormente en los sistemas mesotróficos.

Tabla 4: Resultados del Test de asociación de Fisher para las especies de cianobacterias planctónicas formadoras de floraciones más frecuentemente reportadas en la Argentina entre 1945 y 2015

	ESPECIES	FISHER	CONTINGENCIA	INCERTIDUMBRE	DOMINANCIA
Floración	<i>D. circinale</i>	p=0,001	0,28, p=0,001	0,09, p=0,001	Mixta
	<i>D. spiroides</i>	p=0,021	0,17, p=0,021	0,03, p=0,032	Mixta
	<i>S. aphanizonemoides</i>	p=0,007	0,21, p=0,007	0,05, p=0,010	Mixta
	<i>R. curvata</i>	p=0,003	0,23, p=0,003	0,06, p=0,005	Mixta
	<i>R. mediterranea</i>	p=0,034	0,15, p=0,046	0,02, p= 0,046	Mixta
Sistema	<i>M. aeruginosa</i>	p=0,001	0,39, p=0,001	0,08, p=0,001	Emb>Lagu
	<i>D. circinale</i>	p=0,001	0,35, p=0,018	0,07, p=0,001	Emb
	<i>D. spiroides</i>	p=0,099	0,22, p=0,205	0,03, p=0,145	Emb
	<i>S. aphanizonemoides</i>	p=0,1	0,23, p=0,164	0,05, p=0,022	Lagu>Res
	<i>R. curvata</i>	p=0,001	0,40, p=0,004	0,07, p=0,001	Res>Lagu
	<i>R. mediterranea</i>	p=0,01	0,33, p=0,007	0,07, p=0,001	Emb>Res
Origen	<i>D. circinale</i>	p=0,003	0,23, p=0,003	0,06, p=0,007	Artificial
	<i>D. spiroides</i>	p=0,035	0,16, p=0,035	0,02, p=0,035	Artificial

	<i>R. curvata</i>	p=0,085	0,13, p=0.076	0,02, p=0,081	Artificial
Eco-región	<i>M. aeruginosa</i>	p=0,001	0,39, p=0,001	0,06, p=0,001	CaM>Pam>Esp
	<i>D. circinale</i>	p=0,028	0,29, p=0,061	0,04, p=0,051	CaM>Pam, Mte
	<i>D. spiroides</i>	p=0,001	0,39, p=0,001	0,07, p=0,001	CaM>ChH>EsPg,Pa m, ChS
	<i>C. raciborskii</i>	p=0,001	0,55, p=0,001	0,13, p=0,001	Est>Chs>ChH
	<i>S. aphanizonemoides</i>	p=0,045	0,31, p=0,032	0,06, p=0,003	Pam
	<i>R. curvata</i>	p=0,038	0,32, p=0,028	0,05, p=0,014	ChS>ChH>Pam
	<i>R. mediterranea</i>	p=0,085	0,27, p=0,095	0,05, p=0,012	Pam>ChS>ChH
Estación	<i>M. aeruginosa</i>	p=0,08	0,20, p=0,069	0,03, p=0,076	Otoño>Verano
	<i>P. agardhii</i>	p=0,074	0,21, p=0,064	0,02, p=0,151	Invierno>Primav.
Estado trófico	<i>M. aeruginosa</i>	p=0,028	0,25, p=0,025	0,042, p=0,036	Eu-hipertrofico
	<i>D. circinale</i>	p=0,032	0,25, p=0,025	0,057, p=0,036	mesotrofico
	<i>C. raciborskii</i>	p=0,001	0,35, p=0,002	0,092, p=0,003	mesotrofico

La columna de dominancia indica la categoría más relevante por cada clasificación (Emb, embalse; Lagu, Laguna; Res, reservorio de agua; CaM, Campos y Malezales; Pam, Pampa; Esp, Espinal; Mte, Monte; ChH, Chaco Húmedo; ChS, Chaco Seco; Est, Esteros del Iberá, EsPg, Estepa Patagónica).

Las regresiones logísticas binomiales realizadas con cada una de las especies en función de la distribución geográfica y las condiciones climáticas produjeron pocos modelos significativos, que predijeron mejor las ausencias que las ocurrencias de floraciones (Tabla 5). Los eventos de *C. raciborskii*, *R. mediterranea* y *R. curvata* disminuyeron a bajas temperaturas, mostrando diferentes variables explicativas para cada especie: temperaturas mínimas, medias y máximas. Por el contrario, y a pesar de mostrar una frecuencia de floración creciente con temperaturas promedio más altas, *M. aeruginosa* presentó menos eventos a las temperaturas mínimas más bajas de su rango de distribución. *C. raciborskii* y *R. mediterranea* mostraron respuestas similares ya que sus floraciones fueron más raras en sitios con precipitaciones elevadas, y también difirieron de *M. aeruginosa* cuyos eventos fueron más escasos en las regiones con déficit de agua (Tabla 5). La Figura 7 muestra las variaciones de abundancia de las especies más frecuentes a lo largo del rango total de precipitación y de temperaturas mínimas y máximas en el territorio argentino, y evidencia la diferencia de distribución y de intensidad de las floraciones. Por ejemplo *M. aeruginosa* tiene una amplia distribución y eventos intensos mientras que *C. raciborskii* tiene rangos de distribución más estrechos y floraciones menos abundantes.

En cuanto a las variables geográficas, las floraciones de *R. mediterranea* y *D. planctonicum* fueron más raras a mayores altitudes, *R. mediterranea* fue menos frecuente hacia los territorios del sur y *R. curvata* hacia el oeste.

El PCoA realizado teniendo en cuenta las ocurrencias y ausencias conjuntas de especies muestra la distinción entre las que forman floraciones más y menos frecuentemente (69,7 % variabilidad entre el eje 1 y 2). De manera interesante, el eje 1 (27,4 %) da cuenta de la disimilitud entre la forma colonial de *M. aeruginosa* y los filamentos helicoidales esperados de *D. spiroides*, *D. circinale* y *D. pseudocompactum*, de los filamentos rectos y solitarios caracterizados por *R. mediterranea* y *C. raciborskii* (Figura 8).

No fue posible predecir la abundancia de especies frecuentes en relación con las variables limnológicas debido a la escasez de datos físicos y químicos disponibles para cada evento. La única excepción fue *R. mediterranea* que fue explicada en términos de profundidad de disco de Secchi ($R^2 = 0,641$; $p = 0,0046$; $n = 10$):

$$\ln(\text{abundancia}) = 6,857 - 0,324 * \ln(\text{profundidad de Secchi})$$

Tabla 5: Resultados de las regresiones logísticas binarias “Stepwise” realizadas en base con la presencia y ausencia de las especies formadoras de floraciones más frecuentes

Especies	Modelo	R ² (Nagelkerke)	Variables explicativas
<i>C. raciborskii</i>	$p=0,001$; DF=3	0,432	Temperatura mínima media β 2,846** Temperatura máxima media β -1,338** Precipitación anual β -0,004**
<i>R. mediterranea</i>	$p=0,007$; DF=4	0,39	Temperatura máxima media β -5,24* Precipitación anual β -0,04** Altitud β -0,01** Latitud β 0,497**
<i>R. curvata</i>	$p=0,001$; DF=3	0,251	Temperatura máxima media β 0,646** Longitud β -0,611**
<i>M. aeruginosa</i>	$p=0,006$; DF=4	0,113	Temperatura mínima media β -1,348** Temperatura máxima media β -0,849* Promedio de temperatura media β 2,1** Precipitación anual β 0,002**
<i>D. planctonicum</i>	$p=0,246$; DF=4	0,273	Altitud β -0,106*

Las variables geográficas (latitud, longitud y altitud) y las variables climáticas (temperaturas medias y precipitación anual por un período de 60 años) fueron usadas como variables explicativas (** $p < 0,05$; * $p < 0,1$).

Figura 7: Variaciones de abundancia de las especies formadoras de floraciones más frecuentes en el rango de precipitación y temperatura máxima y mínima promedio.

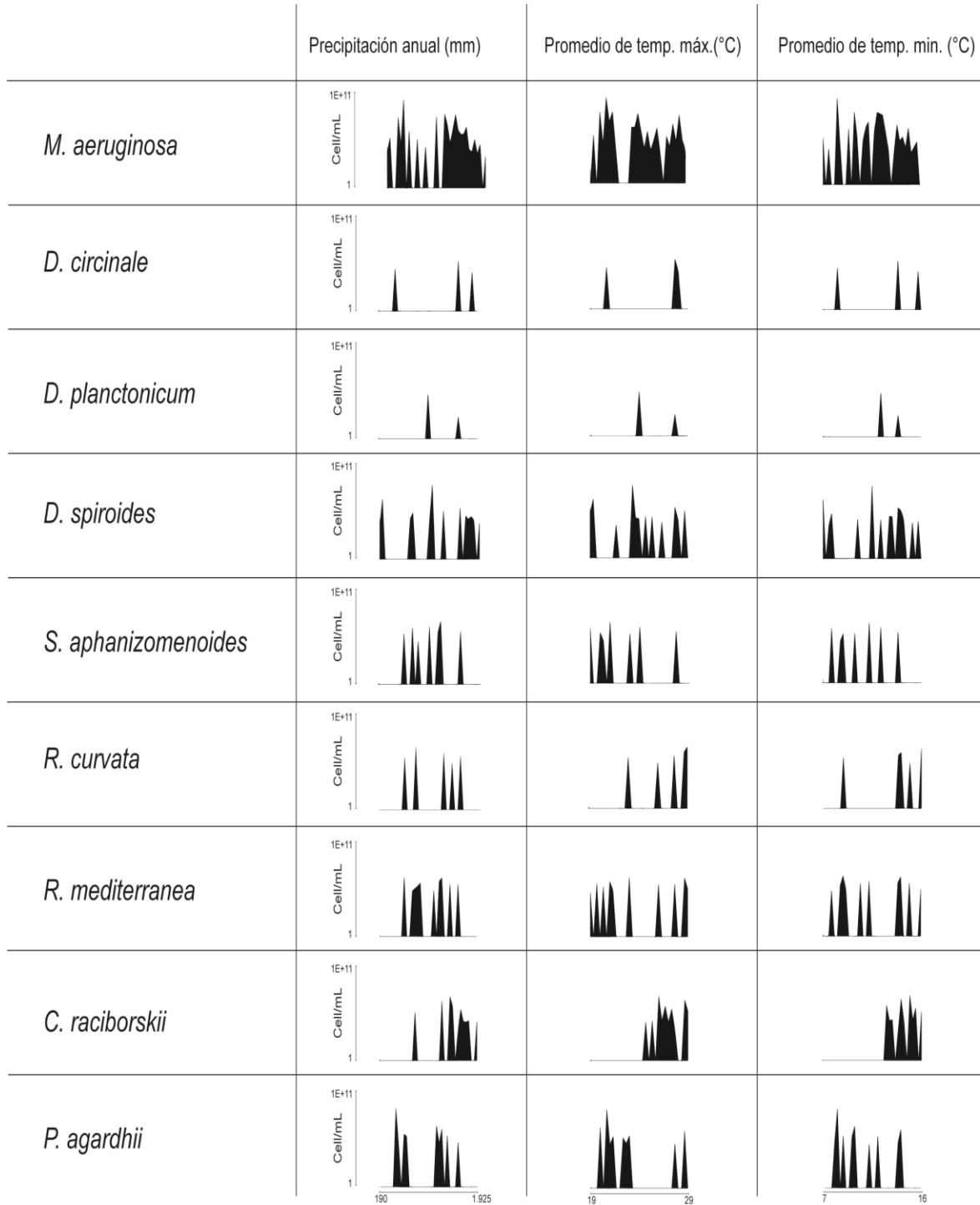
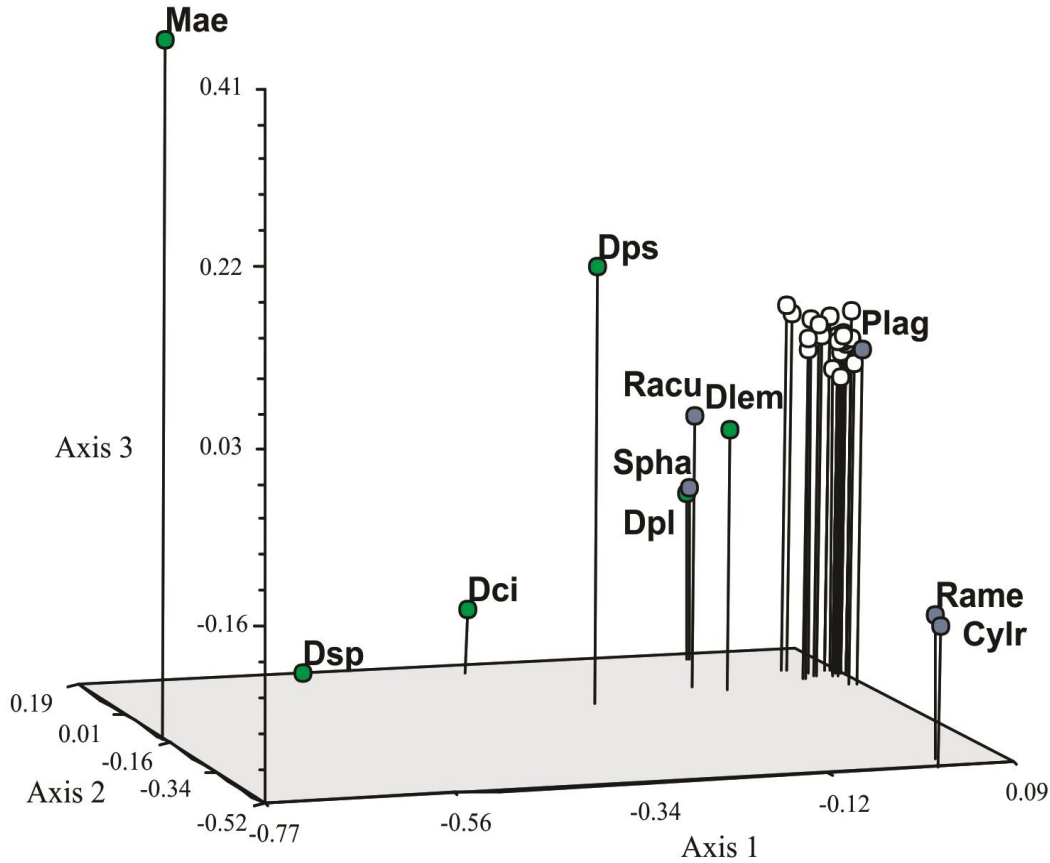


Figura 8: Análisis de Coordenadas Principales (PCoA) realizado en base a las ocurrencias y ausencias conjuntas de las especies de cianobacterias identificadas en las floraciones.



Mae: *Microcystis aeruginosa*; **Dsp:** *Dolichospermum spiroides*; **Dci:** *Dolichospermum circinale*; **Dps:** *Dolichospermum pseudocompactum*; **Dpl:** *Dolichospermum planctonicum*; **Spha:** *Sphaerospermopsis aphanizonemoides*; **Racu:** *Raphidiopsis curvata*; **Dlem:** *Dolichospermum lemmermannii*; **Plag:** *Planktothrix agardhii*; **Rame:** *Raphidiopsis mediterranea*; **Cylr:** *Cylindrospermopsis raciborskii*.

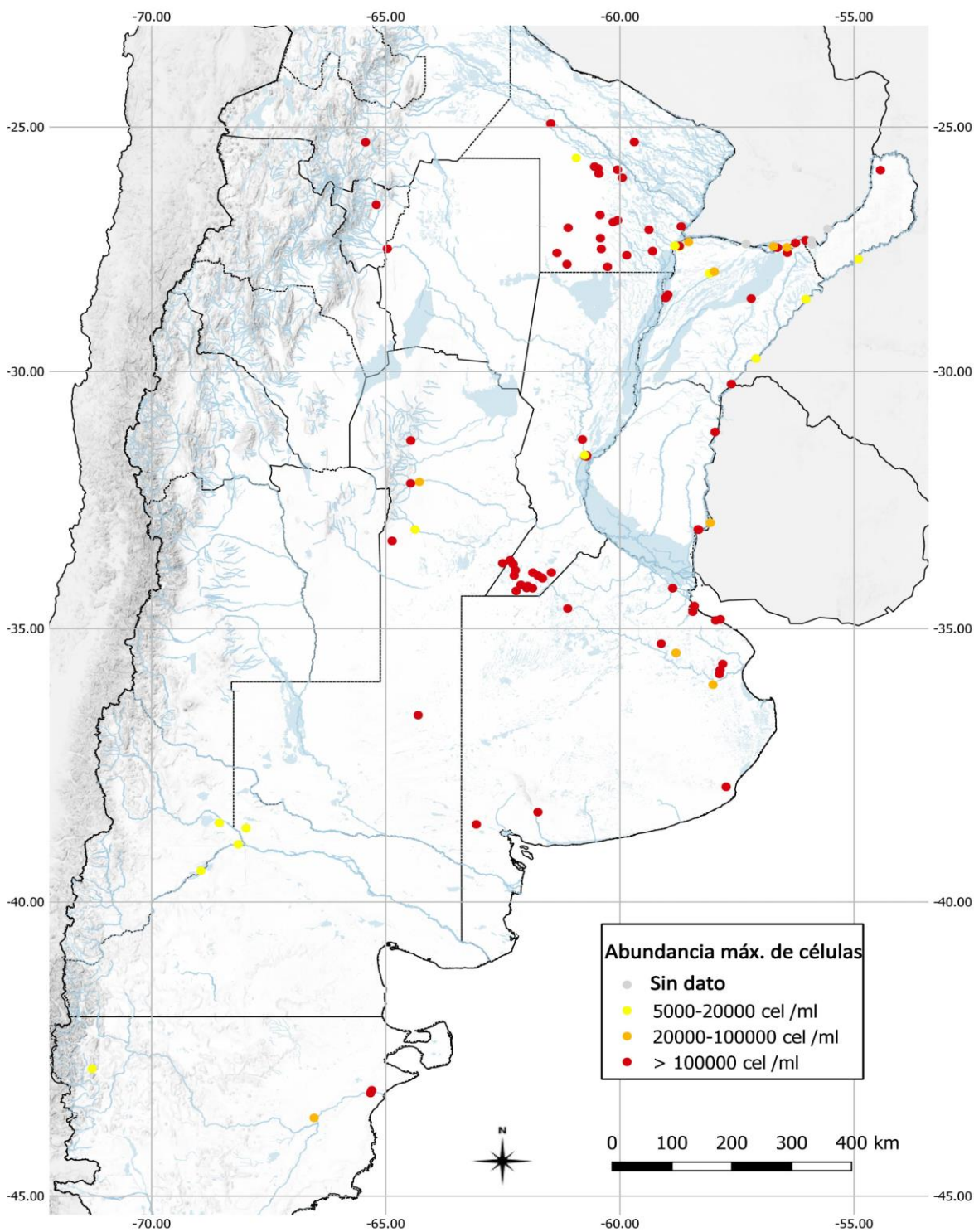
La abundancia conjunta de todas las especies de cianobacterias planctónicas de ocurrencia simultánea en una floración en un cuerpo de agua superó los niveles de alerta de la Organización Mundial de la Salud en muchas ocasiones durante el período analizado (Figura 9). Las floraciones superiores a 100.000 cél. / ml (Nivel de alerta 2 para aguas de bebida, Nivel Guía 2 para recreación) se reportaron en

74,5 % de los eventos registrados a lo largo de la Argentina; la mayoría de ellos estaban constituidos por una sola especie. En los pocos cuerpos de agua afectados en la Patagonia, las abundancias fueron generalmente más bajas, entre de 20.000-100.000 cél. / ml (Nivel Guía 1 para recreación). La ocurrencia de floraciones superiores a 100.000 cél. / ml se asociaron significativamente con el estado trófico ($p = 0,012$; $V = 0,28$): 79,2 % de las floraciones se notificaron en aguas meso a eu-hipertróficas, mientras que solo 2,6 % en aguas oligotróficas. La presencia de tales eventos intensos también se relacionó con el tipo de cuerpo de agua ($p = 0,000$; $V = 0,43$, siendo mayormente reportado en lagunas y reservorios de agua, y en las eco-regiones de la Pampa y el Chaco Seco ($p = 0,000$; $V = 0,44$).

La abundancia total de cianobacterias para todo el territorio se explicó ($R = 0,37$; $P = 0,036$; $N = 107$) en términos del tipo de sistema ($\beta = 0,294$) y el estado trófico ($\beta = 0,389$); por otro lado, el modelo realizado en base a las variables geográficas y climáticas ($R = 0,27$; $p = 0,008$; $N = 165$,) seleccionó la altitud ($\beta = -0,002$) y la precipitación anual ($\beta = -0,001$) como variables explicativas. Los datos limnológicos para cada floración estaban disponibles para un número bajo de casos, y la abundancia de células totales solamente se asoció a la profundidad del disco Secchi ($R = 0,33$; $p = 0,012$; $N = 52$):

$$\text{Ln (número total de células)} = 5.987 * e^{-0.001 \text{ Profundidad de Secchi}}$$

Figura 9: Niveles de alerta de la Organización Mundial de la Salud según la abundancia total de células de cianobacterias en cada sitio de estudio



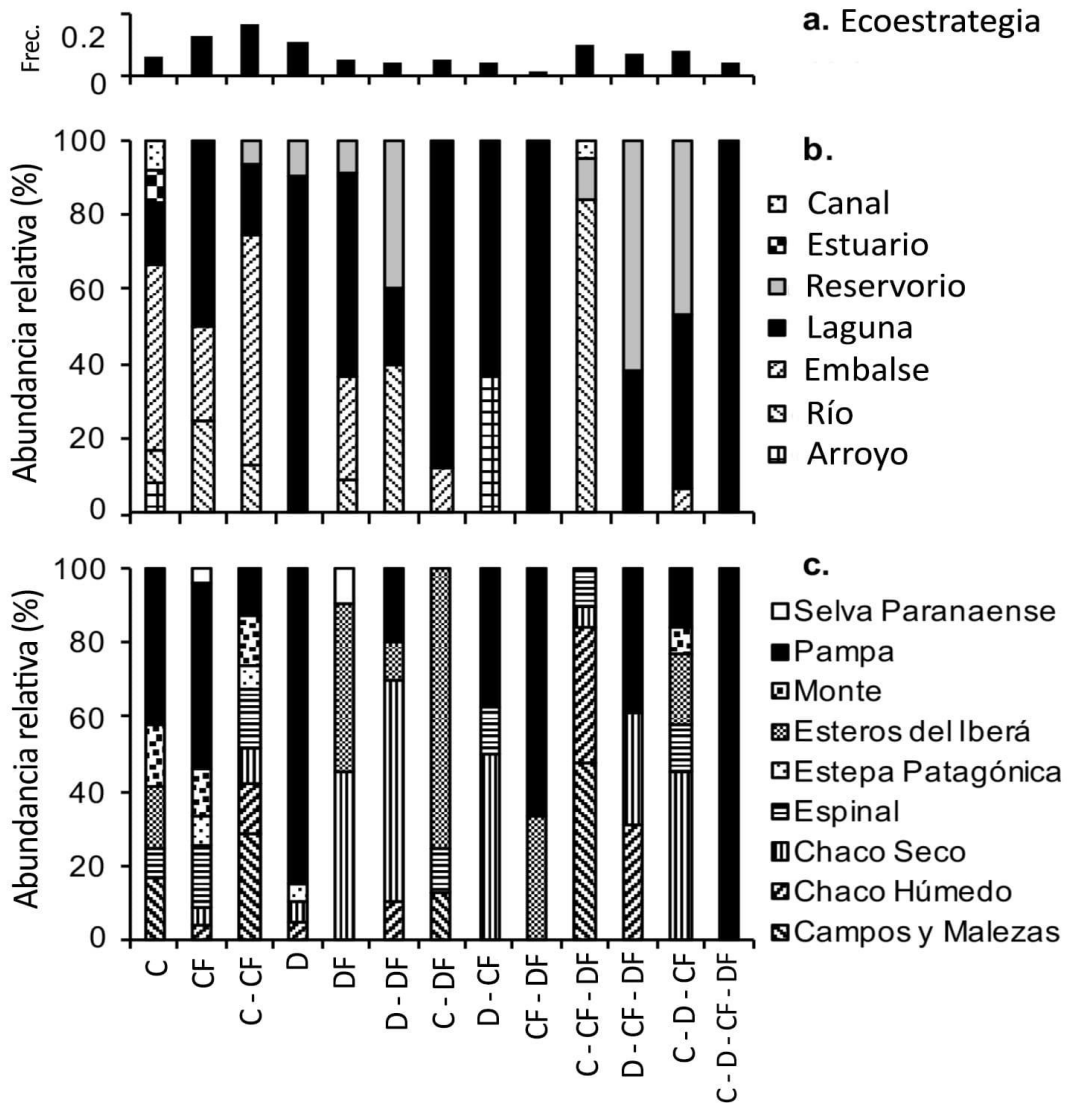
6.3 Ecoestrategias en las floraciones

La clasificación de morfoespecies según las principales ecoestrategias, mostró que las especies formadoras de cúmulos (C), incluyendo colonias, filamentos en espiral y filamentos rectos unidos en fascículos, contribuyeron un 78,4 % a las floraciones, y que las especies con dispersión homogénea (D) participaron en el 63 % de las floraciones a través de filamentos simples y rectos (Figura 10a.). Al mismo tiempo, cuando estas ecoestrategias se clasifican de acuerdo a su capacidad para fijar el nitrógeno (CF + DF) (Tabla 3), los fijadores de nitrógeno participaron en 82,4 % de las floraciones. Casi el 50 % de las floraciones estuvieron representados por una sola ecoestrategia (C, D, CF, DF) y las floraciones mixtas restantes fueron una combinación de dos, tres o incluso cuatro ecoestrategias (Figura 10a) .La presencia de floraciones clasificadas en 4 ecoestrategias simples y 9 ecoestrategias mixtas estuvieron significativamente asociadas con el tipo de cuerpo de agua ($p = 0,001$; $V = 0,50$); las especies formadoras de cúmulos fueron más propensas a aparecer en los embalses y los ríos, mientras que las especies con dispersión homogénea fueron características de las lagunas y los reservorios de agua (Figura 10b). Casualmente, la ocurrencia general de C y D (sumando floraciones simples y mixtas) aparecieron principalmente relacionadas con embalses y lagunas, respectivamente; los fijadores de CF y DF no mostraron ninguna asociación con el tipo de cuerpo de agua. La clasificación de las 13 combinaciones de ecoestrategias también se relaciona con el origen del cuerpo de agua ($p = 0.001$; $V = 0.54$); la ocurrencia general de D fue mayor en sistemas naturales (Tabla 6).

La figura 10c muestra una distribución distinta de las 13 combinaciones en las eco-regiones ($p = 0,001$; $V = 0,43$); las pruebas parciales para la ocurrencia general de las 4 ecoestrategias mostraron que la presencia de CF, D y DF fue más alta en la región de la Pampa y DF en el Chaco Seco y los Esteros del Iberá (Tabla 6). Una asociación significativa pero más débil fue hallada entre las ecoestrategias (14

combinaciones) y el estado trófico ($p = 0,012$; $V = 0,28$); los análisis adicionales parciales reflejaron la asociación de C a los sistemas eutróficos y DF a aguas mesotróficas (Tabla 6).

Figura 10: Frecuencia y abundancias relativas de las ecoestrategias en relación al tipo de cuerpo de agua y a la eco-región



Sin bien la clasificación en ecoestrategias (4 simples y 9 mixtas) no estuvo relacionada con la estacionalidad, la ocurrencia general de D se asoció con el invierno. Finalmente, C, D y DF se asociaron a la aparición de floraciones simples (Tabla 6).

La regresión realizada con las categorías explicativas independientes utilizadas precedentemente, indica que la presencia de ecoestrategias únicas y todas sus combinaciones en floraciones mixtas fueron bien predichas ($R^2 = 0,85$; $p = 0,001$) en términos de la clasificación en eco-regiones y tipo de cuerpo de agua ($\beta = 0,355$ y $0,029$, respectivamente). Además, la ocurrencia de éstas se predijo en relación con las características geográficas y climatológicas ($R^2 = 0,64$, $p = 0,001$, $N = 182$), en términos de la temperatura media mínima ($\beta = 0,82$; $p = 0,001$), la precipitación anual ($\beta = -0,008$, $p = 0,001$), y la altitud ($\beta = 0,062$; $p = 0,001$). De las ecoestrategias simples o mixtas más frecuentes, D fue la mejor predicha (75 %). Finalmente, se corrió una regresión logística multinomial “stepwise” con las variables limnológicas y el modelo fue significativo sólo en términos de profundidad del disco de Secchi ($R^2 = 0,68$, $p = 0,0001$, $N = 66$). La clasificación fue exitosa para D (71,4 %) y C-CF (100 %).

Tabla 6: Resultados del Test de asociación de Fisher para las 4 estrategias formadoras de floraciones

	ECOESTRATEGIA	FISHER	CONTINGENCIA	INCERTIDUMBRE	Dominancia
Floración	C	p=0,004	0,21, p=0,006	0,09, p=0,001	Simple
	D	p=0,029	0,17, p=0,021	0,03, p=0,032	Simple
	DF	p=0,055	0,15, p=0,055	0,05, p=0,010	Simple
Sistema	C	p=0,001	0,43, p=0,002	0,08, p=0,001	Emb>Lagu>Est
	D	p=0,001	0,33, p=0,011	0,07, p=0,001	Lagu>Res
Origen	D	p=0,027	0,17, p=0,027	0,06, p=0,007	Natural
Ecorregión	CF	p=0,001	0,34, p=0,009	0,06, p=0,001	Pam>Est>Mte
	D	p=0,001	0,40, p=0,001	0,04, p=0,051	Pam
	DF	p=0,001	0,44, p=0,003	0,07, p=0,001	ChS>Est
Estación	D	p=0,006	0,29, p=0,002	0,03, p=0,076	Invierno
Estado trófico	C	p=0,019	0,31, p=0,003	0,042, p=0,036	Eu-Hipertrófico
	DF	p=0,015	0,29, p=0,038	0,042, p=0,036	Mesotrófico

La columna de dominancia indica las categorías más relevantes para cada clasificación (Emb, embalse; Lagu, Laguna; Res, reservorio; ChS, Chaco Seco; Est, Esteros del Iberá).

7. DISCUSIÓN

El conocimiento actual de los riesgos causados por las floraciones de cianobacterias en los cuerpos de agua y los escasos diagnósticos existentes realizados a gran escala, se reflejan en las recientes revisiones realizadas para las diferentes regiones, países e incluso continentes (Bonilla et al., 2015, Ndela et al., 2016; Soares et al., 2013; Marmen et al., 2017; Svirčev et al., 2017 y Watson et al., 2008). En este sentido, los resultados del presente metaanálisis proporcionan una visión ecológica general y actualizada de la problemática ambiental que implican las ocurrencias de cianobacterias en Argentina reportadas a lo largo de 60 años. Mediante este estudio se contribuye a la evaluación de la importancia relativa de las floraciones en América del Sur y el mundo, así como a comprender mejor la ecología de las especies involucradas en estos eventos nocivos.

Argentina tiene un amplio gradiente latitudinal y longitudinal, con condiciones climáticas (temperatura, lluvia y viento), y un amplio rango de altitud que permitió realizar este metaanálisis incorporando una aproximación ecológica. El patrón emergente aquí obtenido muestra la existencia de diferencias marcadas de distribución con respecto a las eco-regiones afectadas dentro de Argentina y entre los tipos de cuerpos de agua afectados. En cuanto a la abundancia total de cianobacterias planctónicas formadoras de floraciones, su variabilidad a lo largo del territorio se explica además en términos del estado trófico de los sistemas y de la temperatura mínima del aire. El éxito para desarrollar las floraciones de distintas especies y estrategias difirió en sus asociaciones con las características morfológicas, el estado trófico y el origen de los cuerpos de agua; la estacionalidad y las variables climatológicas y geográficas también contribuyeron en la explicación de ocurrencia de la floración. La clasificación de las especies en ecoestrategias surge como una herramienta útil y fácil para la gestión, ya que mostró asociaciones más

fuerzas con los indicadores cualitativos y cuantitativos utilizados en este metaanálisis.

7.1. Abundancia total de cianobacterias

Los recursos de agua dulce del mundo están seriamente amenazados y casi el 80 % de la población mundial está expuesta a altos niveles de amenaza de la seguridad del agua (Vörösmarty et al., 2010). A pesar de que no cuantificamos el porcentaje de los cuerpos de agua afectados por las floraciones en Argentina, encontramos que casi la mitad del territorio se vio afectado por uno de los múltiples estresores que estos autores afirman ponen en peligro la seguridad del agua, es decir, las cianobacterias. Nuestros resultados son una subestimación del verdadero problema ya que muchos cuerpos de agua probablemente afectados no disponen de diagnósticos y otros, en los que se han reportado floraciones, no fueron incluidos en el análisis debido a la falta de datos consistentes o comparables. Aunque sólo unos pocos de los documentos incluidos en este estudio informaron análisis de toxinas, Aguilera et al. (2017) concluyeron que, a pesar del número limitado de registros de toxinas comparados con los reportes de floraciones, el riesgo de exposición podría ser bastante alto en Argentina. En este sentido, el hecho de que el 74,3 % de las floraciones aquí reportadas superaron los niveles de alerta 2 para aguas de bebida de la OMS y Nivel guía 2 para aguas de recreación (> 100.000 cel/ml) indica un alto riesgo potencial para la población humana.

Por un lado, esta situación es especialmente peligrosa en el caso de los reservorios construidos para proporcionar agua para la población humana y para el ganado de regiones con escasez de ésta. En este sentido, en la revisión realizada para África, Ndela et al. (2016) afirman que las regiones con más escasez de agua tienen numerosos reportes de floraciones de cianobacterias en comparación con las

regiones de mayor precipitación. Por otra parte, varios estudios han sugerido que los cuerpos de agua dulce con áreas de drenaje que comprenden un alto porcentaje de tierras agrícolas tienden a tener una biomasa de cianobacterias más elevada (Katsiapi et al. 2012). Coincidentemente, nuestros resultados indican que las floraciones que implica un alto riesgo de efectos adversos para la salud (> 100.000 cel/ml) fueron encontradas principalmente en los sistemas eutróficos tales como las lagunas de la Pampa que está intensamente “agriculturizadas” y en los reservorios de agua del Chaco Seco, región que se caracteriza por déficit de agua.

Al considerar la totalidad de cianobacterias (> 5.000 células/ml), este patrón se mantiene y el modelo incluye adicionalmente relaciones negativas y significativas con la altitud y las precipitaciones, reforzando así los resultados que reflejan un incremento de estos eventos en las zonas áridas de las regiones de planicies. Los factores reguladores proximales de las floraciones, tales como las variables limnológicas medidas durante los estudios que se incluyen en este metaanálisis, no fueron exitosos para explicar su intensidad; solamente la transparencia resultó un buen predictor si bien la relación negativa aquí descrita puede ser la evidencia de una respuesta a las condiciones lumínicas generadas por la misma floración o bien la turbidez inorgánica característica de la marcada mezcla de cuerpos de agua someros .

7.2. Especies formadoras de floraciones

Las floraciones en Argentina tienen una tendencia hacia la dominancia de eventos monoespecíficos (especialmente para los eventos intensos) o de una baja diversidad de especies, de manera similar a las observaciones en Brasil hechas por Soares et al. (2013). *Microcystis aeruginosa* fue responsable de la mayor cantidad de floraciones a lo largo de la Argentina, ya sean estas simples o mixtas; si bien sus

floraciones fueron más frecuentes en determinadas regiones tales como la Pampa, se encontró solamente una región (la Selva Paranaense) sin reportes de crecimiento masivo de esta especie. La amplia distribución aquí encontrada concuerda con las observaciones a escala mundial realizadas por van Gremberghe (2011) y Harke et al. (2016), afirmando que la ausencia de patrones filogeográficos claros indicarían que hay pocas barreras a la dispersión global y una tolerancia amplia o una capacidad rápida para la adaptación local a diferentes condiciones climáticas. Este análisis vinculó la ocurrencia de *M. aeruginosa* en Argentina con lagunas y embalses eutróficos. Del mismo modo, en Israel la mayoría de los embalses para irrigación y todas las aguas destinadas a la acuicultura contienen cepas potencialmente tóxicas de *Microcystis*, mientras los cuerpos de agua naturales están menos afectados (Marmen et al. 2017). En ambos países, la tendencia estuvo relacionada a los altos niveles de fósforo en estos sistemas. *Microcystis* también tuvo una amplia distribución, habitualmente en condiciones eutróficas (> 20 g / L TP) en el vecino territorio brasileño (Soares et al. 2013). Curiosamente, mientras que *M. aeruginosa* desarrolló las floraciones más intensas en la Argentina, con una mayor frecuencia en los embalses y lagunas en el otoño y el verano, en Brasil, el biovolumen máximo fue registrado por una especie estrechamente relacionada, *M. panniformis* (Soares et al. 2013).

El grupo *Dolichospermum* estuvo representado en las floraciones por varias especies; las encontradas más frecuentemente fueron *D. spiroides* > *D. planctonicum* > *D. circinale* que estuvieron asociadas a diferentes sistemas y eco-regiones. En una revisión reciente, Li et al. (2016) afirmaron que las floraciones individuales de *Dolichospermum* se producen en diferentes cuerpos de agua asociados con condiciones externas diferentes y específicas, y que su influencia en determinar cuáles especies dominarán una floración actualmente no se conocen en su totalidad. Sin embargo, el patrón emergente para Argentina proporciona información que está en consonancia con la conclusión de Brasil y la descripción de Mantzouki et al. (2015) que indican a los lagos mesotróficos como el hábitat de este

grupo (H1 / H2) (Reynolds 2006). *D. circinale* fue asociada a menores concentraciones de fósforo total (aguas mesotróficas) en comparación con la mayor parte de las especies que frecuentemente forman floraciones; por otra parte, varias floraciones mixtas se reportaron con *D. spiroides* en la Estepa Patagónica, por lo tanto, su distribución se extiende al sur del territorio donde los ríos y los embalses tienen menor carga de fósforo. De manera similar, Soares et al. (2013) encontraron que *Dolichospermum* en Brasil ocurrió en concentraciones más bajas de Fosforo total (PT) y fue dominante en latitudes más altas que *Cylindrospermopsis* y *Microcystis*.

Un patrón diferente se observó para *C. raciborskii*, cuya distribución se asoció a sistemas mesotróficos en las regiones de los Esteros del Iberá y del Chaco sin alcanzar altas latitudes y extendiéndose hasta aproximadamente los 30 °S. Este patrón general coincide con la caracterización de la especie que indica su preferencia por temperaturas de verano en zonas templadas y subtropicales, y un crecimiento activo a temperaturas entre 19 y 35 °C (Burford et al. 2016). De todos modos, algunos de nuestros resultados para lagunas de Corrientes junto con los estudios realizados en Uruguay, reportan su dominancia aún a temperaturas más bajas, 11 y 14 °C (Bonilla et al., 2012 y Piccini et al. 2011). La regresión realizada con la ocurrencia de *C. raciborskii* confirma la ausencia de floraciones hacia bajas temperaturas mínimas. La ocurrencia de floraciones asociadas con *R. mediterranea* y *R. curvata* también se asoció a la eco-región del Chaco, si bien se explica en términos de las temperaturas máximas, revelando así que estas especies no tendrían limitaciones para un gran desarrollo a temperaturas más bajas. Adicionalmente, estas últimas especies se extendieron a la Pampa y aparecieron relacionadas con reservorios de agua y lagunas formando floraciones mixtas con *S. aphanizonemoides*.

La temperatura aparece como un factor importante a fin de distinguir la distribución más probable de *P. agardhii*, *C. raciborskii* y *R. mediterranea*; en Argentina se reportaron floraciones de la primera especie en latitudes más elevadas, en un clima húmedo templado suave (entre 34 y 38 °S) y con abundancias mayores a menores temperaturas mínimas y máximas del aire. Bonilla et al. (2012) describieron un patrón similar a una escala mucho mayor (Europa y América), donde *P. agardhii* tuvo una mayor contribución al volumen total en cuerpos de agua templados y subtropicales mientras que *C. raciborskii* dominó en las temperaturas más altas correspondientes a los trópicos. Por otra parte, entre las especies formadoras de floraciones más frecuentes de Argentina, sólo *P. agardhii* aparece significativamente relacionada con la temporada de invierno. Kurmayer et al. (2016) sugirieron que la subrepresentación de esta especie en zonas de clima tropical puede explicarse por sus tasas de crecimiento relativamente bajas en agua con temperaturas que exceden 30 °C; en este sentido, en la zona templada, los picos de biomasa fueron reportados durante la primavera y el otoño y no en verano. Coincidentemente, en Brasil la dominancia de floraciones simples de Oscillatoriales se produjo en pocos períodos y solamente en la estación seca-fría (Soares et al. 2013).

En cuanto a *S. aphanizonemoides*, Cirés et al. (2016) indicaron que es una especie reportada predominantemente en regiones tropicales y subtropicales de América del Sur, que crece mejor a temperaturas superiores a 30 °C y bajo intensidades de luz moderadas. Nuestros resultados son coincidentes dado que las floraciones de esta especie se encontraron asociadas a lagunas y reservorios de agua de la región pampeana; éstos son frecuentemente turbios y mezclados debido a su escasa profundidad que favorece la interacción entre los sedimentos y la columna de agua a través de la turbulencia generada por el viento (Diovisalvi et al. 2015).

7.3. Ecoestrategias

Como se muestra en la sección anterior, los patrones descritos para las especies dominantes en este metaanálisis son consistentes con los hallazgos en otros lugares. Sin embargo, las conclusiones no son lo suficientemente robustas, tal como se refleja en los bajos coeficientes de contingencia (asociaciones leves) y la elevada incertidumbre o bajos coeficientes de regresión, no permitiendo por lo tanto predecir su comportamiento con un bajo error.

La introducción de las estrategias ecológicas en el análisis permitió obtener valores más altos de contingencia, que sugieren que este enfoque podría ofrecer una herramienta eficaz para predecir y gestionar la amenaza de las floraciones de cianobacterias. Este procedimiento se sustenta por la clara distinción entre las especies formadoras de cúmulos y las especies dispersivas en el PCoA. La aproximación desde las ecoestrategias proporciona una visión más sintética y ventajosa, aunque hay que tener en cuenta que se puede perder alguna información. Por ejemplo, la dominancia de la ecoestrategia D en las lagunas y los reservorios de agua refleja satisfactoriamente la mayor frecuencia de las floraciones de *Cylindrospermopsis*, *Raphidiopsis* y *Planktothrix* en estos sistemas, pero su ocurrencia está sesgada estacionalmente hacia el invierno debido a los eventos correspondientes a *Planktothrix*.

La asociación de las ecoestrategias con el tipo de cuerpo de agua indica que las especies agrupadas como formadoras de cúmulos (C) se encuentran más frecuentemente en los embalses y en los tramos correspondientes río abajo de la represa, mientras que las especies con dispersión homogénea en la columna de agua (D) son propensas a prosperar en lagunas y reservorios de agua. Este hallazgo está sin duda relacionado con los diferentes regímenes de mezcla y las condiciones

de luz característicos de los diferentes cuerpos de agua. Por otro lado, las especies de cianobacterias clasificadas como formadoras de cúmulos (C) tienen una gran capacidad de regular la flotabilidad, característica que les provee una ventaja competitiva en cuerpos de agua frecuentemente estratificados y relativamente bien iluminados, tales como los embalses y los ríos de escaso caudal durante períodos de estiaje. Por el contrario, en las lagunas y los reservorios de agua típicamente bien mezclados, las especies con dispersión homogénea están inmersas en la columna de agua turbulenta y turbia, a pesar de tener una mayor velocidad de sedimentación.

Por lo tanto, estas ecoestrategias integradoras de los rasgos ecofisiológicos relacionados con la regulación de flotabilidad y la adquisición de la luz de las poblaciones formadoras de floraciones, podrían constituir un indicador útil para explicar o pronosticar su probabilidad de éxito en diferentes tipos de cuerpos de agua. En este sentido, Shimoda & Arhonditsis (2016) afirmaron que uno de los retos pendientes en el modelado de fitoplancton es ofrecer herramientas creíbles que puedan servir como sistemas de alerta temprana para asistir en las operaciones de control de las floraciones de cianobacterias, y recomiendan una incorporación gradual de complejidad, tal como la vinculación de procesos fisiológicos de fitoplancton con determinados rasgos morfológicos. Los resultados referentes a Brasil refuerzan nuestros hallazgos ya que Soares et al. (2013) reportaron que *Dolichospermum* y *Microcystis* (ambos con ecoestrategia de formación de cúmulos) estuvieron favorecidos en escenarios de estratificación, mientras que la dominancia de *Cylindrospermopsis* (con ecoestrategia de dispersión homogénea) se informó en condiciones de mezcla. Como fuera indicado por Mantzouki et al. (2015), la acción de manejo destinada a interrumpir las floraciones correspondientes a filamentos dispersivos, clasificados por Reynolds (2006) en el codón S, podría relacionarse con la disminución del tiempo de residencia (lavado), mientras que los eventos constituidos por formadoras de cúmulos agrupados en los codones H (filamentos) o L (colonias), podrían controlarse modificando los climas lumínicos mediante la mezcla artificial de la columna de agua.

Los resultados de las regresiones categóricas y las pruebas de contingencia muestran que algunas ecoestrategias no alcanzaron un nivel aceptable de predicción en función de las características geográficas y climáticas, y que las fijadoras de nitrógeno, (ej. CF), en su mayoría no se asociaron a las categorías usadas. La ecoestrategia F toma en consideración la capacidad de fijar nitrógeno, aunque no refleja el hecho de que las poblaciones podrían no estar fijando nitrógeno en el momento de la floración; además, la escasa información disponible referente a la concentración de nutrientes en el momento de la floración no permitió realizar una interpretación más detallada con respecto a la eficiencia del uso de esta categoría en la predicción de las floraciones. El poder de explicación de la ecoestrategia F aumentaría si se pudiera indicar cuáles son las poblaciones que están fijando nitrógeno (el desarrollo de heterocitos podría ser un proxy de este mecanismo).

8. CONCLUSIONES

En base al análisis y discusión de los reportes de floraciones de cianobacterias en la Argentina entre 1945 y 2015 se corroboran las hipótesis:

1. Las características geográficas y climáticas correspondientes a los diferentes cuerpos de agua afectados en la Argentina, conforman patrones que promueven o limitan la ocurrencia de floraciones de las distintas morfoespecies de cianobacterias potencialmente tóxicas.
2. El estado trófico y la transparencia son variables determinantes del desarrollo de las floraciones de distintas morfoespecies de cianobacterias potencialmente tóxicas en la Argentina.
3. Los rasgos morfo-fisiológicos de las cianobacterias potencialmente tóxicas están asociados a distintos tipos de cuerpos de agua.
4. Los cuerpos de agua someros y los sistemas con un elevado tiempo de residencia del agua, ubicados en regiones con una actividad agrícola fuertemente subsidiada o con déficit hídrico, presentan floraciones intensas con un alto riesgo para la salud (>100.000 células/ml).

9. OBSERVACIONES FINALES

Por un lado, y a pesar de la percepción general de que los problemas relacionados con el crecimiento masivo de las cianobacterias planctónicas potencialmente tóxicas están aumentando, hay muy pocos datos para evaluar estadísticamente el aumento aparente en la frecuencia de estas floraciones. Por otro lado, tenemos que reconocer que la situación ambiental actual en la Argentina está y estará aún más afectada por i) los proyectos de construcción de numerosos embalses en las regiones semiáridas (Radovich et al. 2012) , ii) la agricultura intensiva que tiene lugar en la región Pampeana subvencionada por un alto uso de fertilizantes y herbicidas (como el glifosato que contiene fósforo), con un rápido avance a regiones periféricas (Aizen et al., 2009; Pérez et al., 2007) , y iii) las crecientes sequías periódicas y de larga duración debido al calentamiento global y la deforestación local en las regiones del norte del país.

Desafortunadamente este escenario conducirá, con mayor probabilidad, a una ocurrencia acelerada de floraciones que, según nuestros resultados, se podrían predecir en términos de sus ecoestrategias y, eventualmente, por sus especies. Por ejemplo, es de esperar que las cianobacterias correspondientes a la ecoestrategia C, tal como *Microcystis aeruginosa* o especies de *Dolichospermum* dependiendo del estado trófico, prosperen en embalses, mientras que las especies con estrategia D, representadas por *C. raciborskii* en aguas mesotróficas, desarrollen floraciones en reservorios de agua. Por consiguiente, las medidas de gestión que conducen a proteger fuentes de agua potable y las zonas de recreación y baño para los seres humanos y los animales deberían considerar los rasgos ecológicos de las floraciones, es decir, su distribución en la columna y en la extensión del cuerpo de agua, su dinámica de crecimiento (estacionalidad) y la toxina con mayor probabilidad a producirse, entre otros factores.

Mantzouki et al. (2015) identificaron a la eutrofización y al cambio climático como dos de los principales factores de estrés antropogénicos que pueden favorecer floraciones de cianobacterias, e indicaron que no necesariamente funcionan de forma independiente. En este contexto consideramos que el presente análisis basado en una base de datos de información meteorológica multidécada será una referencia útil de cara a la expectativa general de que el cambio climático en curso amplificará los problemas de eutrofización.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Aizen, M.A., Garibaldi, L.A., Dondo, M., 2009. Expansión de la soja y diversidad de la agricultura argentina. *Ecología Austral* 19, 45-54.
- Aguilera, A. Haakonsson, S., Martina, M.V, Salerno, G.L., Echenique, R.O., 2017. Bloom-forming cyanobacteria and cyanotoxins in Argentina: A growing health and environmental concern. *Limnologica*, en publicación.
- Amé, M., Díaz, M., Wunderlin, D. 2003. Occurrence of toxic cyanobacterial blooms in San Roque Reservoir (Córdoba): a field and chemometric study. *Environmental Toxicology* 18,192-201.
- Argañaraz B.G., Parodi, E.R., Cáceres, E.J. 2005. Caracterización citomorfométrica de *Anabaena circinalis* (Cyanophyta) en una proliferación masiva en el Embalse Paso de las Piedras (Pcia. Buenos Aires, Argentina). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 40, 181-190.
- Bernard, C., Ballot, A., Thomazeau, S., Maloufi, S., Furey, A., Mankiewicz-Boczek, J., Pawlik-Skowronska, B., Capelli, C., Salmaso, N., 2017. Cyanobacteria associated with the production of cyanotoxins. In: *Handbook of Cyanobacterial Monitoring and Cyanotoxin Analysis*. Eds. J. Meriluoto, L Spoof, GA Codd. John Wiley & Sons, West Sussex 549 pp.
- Bláha L., Babica P., Maršálek B. 2009, Toxins produced in cyanobacterial water blooms – toxicity and risks. *Interdisciplinary Toxicology* 2(2), 36-41.
- Bonilla, S., Aubriot, L., MCS Soares, M, C.S, González-Piana, M., Fabre, A., Huszar, V.L.M., Lürling, M., Antoniadis, D., J Padisák, J., Kruk, C., 2012. What drives the distribution of the bloom-forming cyanobacteria *Planktothrix agardhii* and *Cylindrospermopsis raciborskii*? *FEMS Microbiology Ecology* 79, 594–607.

- Bonilla, S., Haakonsson, S., Somma, A., Gravier, A., Britos, A., Vidal, L., De León, L., Brena, B. M., Pírez, M., Piccini, C., Martínez de la Escalera, G., Chalar, G., González-Piana, M., Martigani, F., Aubriot, L., 2015. Cianobacterias y cianotoxinas en ecosistemas límnicos de Uruguay. INNOTEC 10, 9 - 22.
- Brown, A., Martínez Ortiz U., Acerbi M. , J. Corcuera (Eds.), 2006. La Situación Ambiental Argentina 2005, Fundación Vida Silvestre Argentina, Buenos Aires.
- Burford, M. A., Beardall, J., Willis, A., Orr, P.T. L. M., Rangel, L. M., Azevedo, S. M.F.O.E., Neilan, B.A., 2016. Understanding the winning strategies used by the bloom-forming cyanobacterium *Cylindrospermopsis raciborskii*. Harmful Algae 54, 44–53.
- Burkart, R.; Bárbaro, N.O.; Sánchez, R. O., Gómez, D. A., 1999. Ecorregiones de la Argentina, Buenos Aires, Administración de Parques Nacionales.
- Carmichael, W., 2008. A world overview — One-hundred twenty-seven years of research on toxic cyanobacteria — Where do we go from here? In: Cyanobacterial Harmful Algal Blooms: State of the Science and Research Needs, pp 105-125.
- Chorus, I. & Bartram, J., ,1999. Toxic cyanobacteria in water. E and FN Spon, New York, 416 pp.
- Chorus, I., 2012. Current approaches to Cyanotoxin risk assessment, risk management and regulations in different countries. Federal Environment Agency (Umweltbundesamt), Berlín, 151 pp.
- Cirés Gómez S. y Quesada de Corral, A., 2011. Catálogo de cianobacterias planctónicas potencialmente tóxicas de las aguas continentales españolas. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, Madrid, 85pp.

- Cirés S. & Ballot A. A review of the phylogeny, ecology and toxin production of bloom-forming *Aphanizomenon* spp. and related species within the Nostocales (cyanobacteria), *Harmful Algae* 54,21-43.
- Diovisalvi, N, Bohn, V.Y., Piccolo, M.C., Perillo, G.M.E., Baigún, C., Zagarese, H.E., 2015. Shallow lakes from the Central Plains of Argentina: an overview and worldwide comparative analysis of their basic limnological features. *Hydrobiologia* 752, 5-20.
- Dolman, A. M., Rücker, J., Pick, F.R., , Fastner, J., T Rohrlack, T., U Mischke, U., Wiedner,C., 2012. Cyanobacteria and Cyanotoxins: The Influence of Nitrogen versus Phosphorus . *PlosOne* 7(6), e38757.
- Echenique R. y Aguilera A., 2009. Floraciones de Cianobacterias toxígenas en la República Argentina: antecedentes. En: Giannuzzi L. *Cianobacterias y cianotoxinas: identificación, toxicología, monitoreo y evaluación de riesgo*. Buenos Aires
- Falkowski P.G. & LaRoche J., 1991. Acclimation to spectral irradiance in algae. *Journal of Phycology* 27:8-14.
- Ferber, L.R., Levine, S.N., Lini, A., Livingston, G.P., 2004. Do cyanobacteria dominate in eutrophic lakes because they fix atmospheric nitrogen? *Freshwater Biology* 49, 690-708.
- Geoffrey A.C., Meriluoto J. & Metcalf J.S., 2017. Introduction: Cyanobacteria, Cyanotoxins, Their Human Impact, and Risk Management. In: Meriluoto, J., Spoof, L., & Geoffrey, A.C. (eds), *Handbook of Cyanobacterial Monitoring and Cyanotoxin Analysis*, John Wiley & Sons, Ltd.

- Giannuzzi, L., Sedan, D., Echenique, R., Andrinolo, D., 2011. An acute case of intoxication with Cyanobacteria and Cyanotoxins in recreational water in Salto Grande dam, Argentina. *Marine Drugs* 9, 2164 – 2175.
- Harke, M.J., Steffen, M.M., Gobler, C.J., Otten, T.G., Wilhelm, S.W., Wood, S.A., Paerl, H.W., 2016. A review of the global ecology, genomics, and biogeography of the toxic cyanobacterium, *Microcystis* spp. *Harmful Algae* 54, 4–20.
- Huisman, J., Matthijs, H.C.P., Visser, P. M.(Eds), 2005. *Harmful Cyanobacteria*. Aquatic Ecology Series 3. Springer, Dordrech.
- Humbert, J.F. & Fastner, J., 2017. Chapter 2: Ecology of Cianobacteria In: Meriluoto J., Spoof L., & Geoffrey A.C. (eds), *Handbook of Cyanobacterial Monitoring and Cyanotoxin Analysis*, John Wiley & Sons, Ltd.
- IBM, 2016. *SPSS Regression 23*. IBM Corporation, Chicago.
- Jakubowska, N., Szeląg-Wasielewska, E., 2015. Toxic Picoplanktonic Cyanobacteria—Review. *Mar. Drugs* 13, 1497-1518.
- Katsiapi, M., Mazaris, A.D., Charalampous, E., Moustaka-Gouni, M., 2013. Watershed land use types as drivers of freshwater phytoplankton structure. *Hydrobiologia* 698, 121–131.
- Komárek J. & Anagnostidis, K., 1999. Cyanoprokaryota -2. Teil: Chroococcales. In: Ettl H, Gärtner G, Hyenig H, D Mollenhauer (eds), *Süßwasserflora von Mitteleuropa* 19/1. 548 pp.
- Komárek, J. & Anagnostidis, K., 2005. Cyanoprokaryota -2. Teil: Oscillatoriales. In: Büdel B, L Krienitz, G Gärtner, M Schagerl (eds), *Süßwasserflora von Mitteleuropa* 19/2. 759 pp.

- Komárek J., 2013. Cyanoprokaryota -3. Teil: Heterocytous Genera. In: Büdel B, G Gärtner, L Krienitz, M Schagerl (eds), Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/3. 1130 pp.
- Kurmayer, R., Li, D., Entfellner, E., 2016. Role of toxic and bioactive secondary metabolites in colonization and bloom formation by filamentous cyanobacteria *Planktothrix*. Harmful Algae 54, 69–86.
- Legrand, C., 2015. Cyanobacteria in future climate conditions: Time to project diversity and function, not only biomass. Harmful Algal Blooms and Climate Change Scientific Symposium. Göteborg, Sweden.
- Li, X., Dreher, T.W., Li, R., 2016. An overview of diversity, occurrence, genetics and toxin production of bloom-forming *Dolichospermum* (Anabaena) species. Harmful Algae 54, 54–68.
- Litchman, E., De Tezanos P.P., Klausmeier C.A., Thomas M.K., Yoshiyama K., 2010. Linking traits to species diversity and community structure in phytoplankton. Hidrobiología 653, 15-28.
- Mancini, M., Rodríguez, C., Bagnis, G., Liendo, A., Prosperi, C., Bonansea, M., Tundisi, J.G., 2010. Cyanobacterial bloom and animal mass mortality in a reservoir from Central Argentina. Brazilian Journal of Biology 70, 841-845.
- Mantzouki, E., Visser, P.M., Bormans, M., Ibelings, B.W., 2016. Understanding the key ecological traits of cyanobacteria as a basis for their management and control in changing lakes. Aquat Ecol. 50, 333–350.
- Marmen, S., Aharonovich, D., Grossowicz, M., Blank, L., Yacobi, Y.Z., Sher, D.J., 2017. Distribution and Habitat Specificity of Potentially-Toxic Microcystis across Climate, Land, and Water Use Gradients. Frontiers in Microbiology 7, 271.

- Moss, B., Kosten, S., Meerhoff, M., Battarbee, R. W., Jeppesen, E., Mazzeo, N., Havens, K., Lacerot, G., Liu, Z., De Meester, L., Paerl, H., Scheffer, M., 2011. Allied attack: climate change and eutrophication. *Inland Waters* 1, 101-105.
- Mullor, J.B., 1945. Algas tóxicas. Su estudio. *Revista del Colegio de Doctores en Bioquímica y Farmacia*. Año 1.
- Ndlela, L.L., Oberholster, P.J., Van Wyk, J.H., Cheng, P.H., 2016. An overview of cyanobacterial bloom occurrences and research in Africa over the last decade. *Harmful Algae* 60, 11-26.
- Neilan, B.A., Pearson, L.A., Muenchhoff, J., Moffitt, M.C. & Dittmann, E., 2013, Environmental conditions that influence toxin biosynthesis in cyanobacteria. *Environmental Microbiology* 15, 1239-1253.
- O'Farrell, I., Bordet, F., Chaparro, G., 2012. Bloom forming cyanobacterial complexes co-occurring in a subtropical large reservoir: validation of dominant eco-strategies. *Hydrobiologia* 698, 175-190.
- Oliver, R. & Ganf G., 2000. Freshwater blooms. In Whitton, B.& Potts M. (eds), *The Ecology of Cyanobacteria: Their Diversity in Time and Space*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 149–194.
- Paerl, H.W. & Paul, V.J., 2012. Climate change: links to global expansion of harmful cyanobacteria. *Water Research* 46, 1349-1363.
- Paerl, H.W., Gardner, W.S., Havens, K.E., Joyner, A.R., McCarthy, M.J., Newell, S.E., Qin B.Q., Scott J.T., 2016. Mitigating cyanobacterial harmful algal blooms in aquatic ecosystems impacted by climate change and anthropogenic nutrients. *Harmful Algae* 54, 213-222.

- Pearson L.A., Dittmann E., Mazmouz R., Ongley S.E., D'Agostino M.P., Neilan B.A., 2016. The genetics, biosynthesis and regulation of toxic specialized metabolites of cyanobacteria. *Harmful Algae* 54, 98-111.
- Pérez, G.L., Torremorell, A., Mugni, H., Rodriguez, P., Vera, M.S., Do Nascimento, M., Allende, L., Bustingorry, J., Escaray, R., Ferraro, M., Izaguirre, Pizarro, H., Bonetto, C., Morris, D.P., Zagarese, H., 2007. Effects of the herbicide Roundup on freshwater microbial communities: a mesocosm study. *Ecological Applications*, 17(8), 2310–2322.
- Piccini, C., Aubriot, L., Fabre, A., Amaral, V., González-Piana, M., Giani, A., Figueredo, C.C., Vidal, L., Kruk, C., Bonilla, S., 2011. Genetic and eco-physiological differences of South American *Cylindrospermopsis raciborskii* isolates support the hypothesis of multiple ecotypes. *Harmful Algae* 10, 644–653.
- Pizzolon L., Tracanna B., Prósperi C., Guerrero J.M., 1999. Cyanobacterial blooms in Argentinean inland waters. *Lakes & Reservoirs: Research and Management* 4, 101 – 105.
- Pizzolon L. 1996. Importancia de las cianobacterias como factor de toxicidad en las aguas continentales. *Interciencia* 21(6), 239-245 URL: <http://www.interciencia.org.ve>.
- QGIS Development Team, (2014). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>.
- Quirós R. & Drago E., 1999. The environmental state of Argentinean lakes: An overview. *Lakes & Reservoirs: Research and Management* 4, 55-64.
- Radovich, J.C., Balazote, A., Piccinini, D., 2012. Desarrollo de represas hidroeléctricas en la Argentina pos convertibilidad. Avá 1851-1694 (on line).

- Reynolds, C.S., 2006. The ecology of phytoplankton. Cambridge University Press, New York, 535 pp.
- Reynolds, C.S., Huszar, V., Kruk, C., Naselli-Flores, L., Melo, S., 2002. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *Journal of Plankton Research* 24 (5), 417-428.
- Ringuelet, R.A., 1955. Observaciones sobre antoplancton y mortandad de peces en lagunas de Monte (Buenos Aires, Rep. Arg.). *Notas Mus. La Plata*, 18 (Zoología n° 159), 72-80.
- Ruibal Conti, A.L., Guerrero, J.M., Rigueira, J.M., 2005. Levels of two Argentinean reservoirs used for water supply and recreation: differences in the implementation of safe levels. *Environmental Toxicology* 20, 263-269.
- Sandrini, G., Tann, R.P., Schuurmans, J.M., van Beusekom, S.A.M., Matthijs, H.C. P., Huisman, J., 2016. Diel Variation in Gene Expression of the CO₂-Concentrating Mechanism during a Harmful Cyanobacterial Bloom. *Frontiers in Microbiology* 7, 551. <http://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00551>.
- Sant'Anna, C.L., Azevedo M.T. de P., Werner, V.R., Dogo, C.R., Ríos, F.R., Carvalho, L.R., 2008. Review of toxic species of Cyanobacteria in Brazil. *Algological Studies* 126, 251–265.
- Scheffer, M., Rinaldi, S., Gragnani, A., Mur, L., Van Ness, E.H., 1997. On the Dominance of Filamentous Cyanobacteria in Shallow, Turbid Lakes. *Ecology* 78, 272-282.
- Schindler, D.W., Hecky, R.E., Findlay, D.L., Stainton, M.P., Parker, B.R., Paterson, M.J., Beaty K.G., Lyng, M., Kasian, S.E.M. Eutrophication of lakes cannot be controlled by reducing nitrogen input: Results of a 37-year whole-ecosystem experiment. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105 (32), 11254-11258.

- Shimoda, Y. & Arhonditsis, G.B., 2016. Phytoplankton functional type modelling: Running before we can walk? A critical evaluation of the current state of knowledge. *Ecological Modelling* 320, 29–43.
- Soares, M.C.S., Huszar, V.L.M., Miranda, M.N., Mello, M.M., Roland, F., Lürling, M., 2013. Dominance in Brazil: distribution and environmental preferences. *Hydrobiologia* 717, 1-12.
- Steffensen, D.A., 2008. Economic cost of cyanobacterial blooms. In: Hudnell, H.K. (eds) *Cyanobacterial Harmful Algal Blooms: State of the Science and Research Needs*. *Advances in Experimental Medicine and Biology* 619. Springer, New York, NY.
- Svirčev, Z., Tokodi, N., D Drobac, D., 2017 Review of 130 years of research on cyanobacteria in aquatic ecosystems in Serbia presented in a Serbian Cyanobacterial Database. *Advances in Oceanography and Limnology* 8 (1), 153-160.
- Talling, J.F., 1976. The Depletion of Carbon Dioxide from Lake Water by Phytoplankton. *The Journal of Ecology*,64. DOI: 79. 10.2307/2258685.
- Van Gremberghe, I., F. Leliaert F., J. Mergeay, J., Vanormelingen, P., K Van der Gucht, K., Debeer, A.E., Lacerot, G., De Meester, L., Vyverman, W., 2011. Lack of Phylogeographic Structure in the Freshwater Cyanobacterium *Microcystis aeruginosa* Suggests Global Dispersal. *PLoS ONE* 6(5) e19561.
- Vörösmarty, C.J., McIntyre, P.B., Gessner, M.O., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., Glidden, S., Bunn, S.E., Sullivan, C.A., Reidy Liermann, C., Davies, P.M., 2010. Rivers in Crisis: Global Water Insecurity for 6 Humans and Biodiversity. *Nature* 467, 555-561.
- Watson, S. B., Ridal, J., Boyer, G. L., 2008. Taste and odour and cyanobacterial toxins: impairment, prediction, and management in the Great Lakes. *Canadian Journal Fisheries and Aquatic Sciences* 65, 1779–1796.

- Whitton, B.A. & Potts, M., 2000. Introduction to the cyanobacteria. In: The ecology of cyanobacteria, their diversity in time and space. Whitton BA, Potts M, [eds.]. Dordrecht; Kluwer Academic Publishers: 2000p. 1–11.
- Wood, S.A., Hamilton, D.P., Paul, W.J., Safi, K.A., Williamson, W.M., 2009. New Zealand Guidelines for Cyanobacteria in Recreational Fresh Waters – Interim Guidelines. Ministry for the Environment and Ministry of Health. Wellington: Ministry for the Environment. Wellington 88pp.
- Wood, S.A., Puddick, J., Borges, H., Dietrich, D.R., Hamilton, D.P., 2015. Potential effects of climate change on cyanobacterial toxin production. In: Climate Change and Marine and Freshwater Toxins, Chapter: 5, Publisher: Walter de Gruyter Publishers, Editors: Botana LM, Louzao C, Vilarino N, pp.155-178.
- Zar, J.H., 2010. Biostatistical Analysis. Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River.

APÉNDICES

Apéndice I : Listado de las estaciones meteorológicas más cercanas a cada sitio de estudio incluido en el metaanálisis.

ESTACIÓN METEOROLÓGICA	LATITUD	LONGITUD	ALTURA (msm)	Nro OMM¹	Nro SMN²	N.Hidrológ.	SITIOS DE ESTUDIO
BAHIA BLANCA AERO	38,44	62,1	83	87750	221	346308	Embalse Paso de las piedras
							Laguna de Chasicó
BARROW INTA	38,19	60,15	120	87686	216	356403	Laguna La Posada
BELLA VISTA INTA	28,26	58,55	70	87276	67	566201	Laguna 17 Chica
							Laguna Correa
							Laguna Gallego
							Laguna 17 Grande
							Laguna INTA
							Laguna Escuela Agrotécnica - Bella Vista
Laguna Toro - Bella Vista							
BUENOS AIRES	34,35	58,29	25	87585	156	465335	Laguna Lugano
							Laguna Planetario
CERRO AZUL INTA	27,39	55,26	270	87180	423	579302	Río Uruguay - Ciudad de Panambí
CIPOLLETTI	38,57	67,58	265	87719	163	321104	Laguna Carlos Pellegrini
							Río Limay - Ciudad de Neuquén

¹ OMM: Organización Meteorológica Mundial

² SMN: Servicio Meteorológico Nacional

CONCORDIA AERO	31,18	58,01	38	87395	477	468405	Embalse Salto Grande (brazos laterales)
CORDOBA AERO	31,19	64,13	474	87344	100	438415	Embalse La Quebrada
							Embalse San Roque
CORONEL PRINGLES AERO	38,01	61,2	247	87683	562	356310	Laguna El Paraíso
CORRIENTES AERO	27,27	58,46	62	87166	470	567206	Laguna Aeroclub
							Laguna Soto
							Laguna Areco
							Río Paraná - Ciudad de Corrientes
							Río Salado Norte
CUTRAL CO	38,56	69,15	650		568	311305	Embalse Ezequiel Ramos Mexia (El Chocón)
ESC.AVIACION MILITAR AERO	31,27	64,16	502	87347	107	438440	Embalse Los Molinos
ESQUEL AERO	34,49	58,32	20	87803	303	202302	Laguna Willimanco
GUALEGUAYCHU AERO	33	58,37	21	87497	134	466204	Río Uruguay - Fray Bentos (costa argentina)
							Río Uruguay - Fray Bentos (costa uruguaya)
							Río Uruguay - Nueva Berlín
IGUAZU AERO	25,44	54,28	270	87097	353	583301	Embalse Urugua-í
ITUZAINGO	27,35	56,4	72	87173	522	577103	Embalse Yacyretá - Bahía Santa María
							Río Uruguay - Ciudad de Santo Tomé
							Río Paraná - Ituzaingó
							Río Paraná-Puerto Valle (margen argentino) (E 4MI)
							Río Paraná- aguas arriba de la presa sobre brazo principal (E 10MI)
Río Paraná (Itá Ibaté)							

							Río Paraná (Transecta Puerto Valle (Argentina)-San Cosme (Paraguay) (E 4C)
JUNIN AERO	34,33	60,55	81	87548	453	455109	Gómez
LA PLATA AERO	34,58	57,54	19	87593	450	470101	Laguna Los Patos Río de la Plata (Costa Argentina)
LAS FLORES AERO	36,02	59,08	36	87563	546	363408	Arroyo San Miguel Laguna de Lobos Pila San Miguel del Monte
LAS LOMITAS	24,42	60,35	130	87078	11	639102	Comandante Fontana - Laguna Estancia Altos del Guayacán Remanso del Río Negro - Miraflores Nueva Pompeya
MAR DEL PLATA AERO	37,56	57,35	21	87692	210	372102	Laguna de los Padres
MERCEDES AERO (CTES)	29,13	58,06	107	87281	75	565403	Laguna Iberá (Sitio pedraplén)
MONTE CASEROS AERO	30,16	57,39	54	87393	87	474203	Río Uruguay - Ciudad de Monte Caseros
NEUQUEN AERO	38,57	68,08	271	87715	227	316302	Embalse Mari Menuco
PARANA INTA	31,5	60,31	110	87373	114	458105	Laguna - Estanque Portmann
PASO DE LOS LIBRES AERO	29,41	57,09	70	87289	346	570304	Río Uruguay - Ciudad de Paso de los Libres
PCIA. ROQUE SAENZ PEÑA AE	26,49	60,27	92	87148	569	558312	Arroyo El Malhá Cloacal Castelli Embalses A, B y C Hermoso Campo Las Breñas Represa Colonia Aborigen Represa Pampa del Indio

							Santa Sylvina
							Villa Berthet
							Represa Machagai
							Represa Pampa Argentina
							Reservorio Samuhú
							Río Salado (Puente Parra)
POSADAS AERO	27,22	55,58	125	87178	362	579203	Arroyo Itaembé
							Arroyo Zaimán
PUNTA INDIO B.A.	35,22	57,17	22	87596	177	374401	El Triunfo
							Laguna San Jorge
							La salada de Monasterio
RESISTENCIA AERO	27,27	59,03	52	87155	489	562411	Campo El Refugio - Paraje La Viruela
							Charadai
							Colonia Baranda
							Laguna Barranqueras
							Laguna El Moncholo
							Laguna La Verde
							Roque Sáenz Peña
RIO CUARTO AERO	33,07	64,14	421	87453	138	436409	Laguna Villa Dalcar
							Laguna de Suco
SALTA AERO	24,51	65,29	1221	87047	12	623305	Embalse Cabra Corral
							Embalse El Tunal
SAN FERNANDO	34,27	58,35	3	87553	553	465234	Laguna Grande (Humedal Otamendi)
SAN LUIS AERO	33,16	66,21	713	87436	139	426405	Embalse Cruz de Piedra
							Embalse Roca
							La Florida
							Potrero de los Funes

SANTA ROSA AERO	36,34	64,16	191	87623	192	338306	Laguna Don Tomás
							Laguna Bajo Giuliani
SANTIAGO DEL ESTERO AERO	27,46	64,18	199	RO 87129	62	537307	Embalse Río Hondo
SAUCE VIEJO AERO	31,42	60,49	18	87371	451	458108	Correntoso
							El Tigre
							Lago Parque General Belgrano (Parque Sur)
							Laguna Bedetti
							Río Salado (Balneario)
							Río Salado
TRELEW AERO	43,12	65,16	43	87828	258	231405	Laguna Chiquichano
							Embalse Florentino Ameghino
							Río Chubut (Valle inferior)
TUCUMAN AERO	26,51	65,06	450	87121	17	533344	Embalse El Cadillal (Dr. Gelsi)
VENADO TUERTO	33,4	61,58	112	87468	551	451114	Badenia
							Bellavista
							Carmen B
							Encadenadas 3
							Encadenadas 4
							Encadenadas 5
							La Dulce
							Los Flamencos
							Maggiollo Este
							Maggiollo Oeste
							María Teresa
Martín García							

							Morgan
							Muelle 1
							Picasa 4
							Quirno
							Sancti Spiritu
VILLA DOLORES AERO	31,57	65,08	569	87328	117	433303	Embalse La Viña
							Embalse Piedras Moras
							Embalse Río Tercero

Apéndice II: Listado de referencias bibliográficas usadas en el metaanálisis

- Adler, F.J., 2004. Embalse El Cadillal (Prov. De Tucumán). Situación actual y futura. Revista de la Facultad de Ciencias exactas y Tecnología de la Universidad Nacional de Tucumán, Argentina, 48-56.
- Aguilera, A., Salerno, G., Echenique, R., 2012. Cianobacterias tóxicas presentes en la laguna Los Patos, Ensenada (Buenos Aires, Argentina). V Taller de Cianobacterias Toxígenas en Argentina, I simposio interdisciplinario sobre Cianobacterias y Salud, Mar del Plata, Argentina.
- Aguilera, A., Salerno, G.L., Echenique, R., 2013. Phytoplankton dynamics of Los Patos shallow lake (Ensenada, Buenos Aires) Congreso XXIV Jornadas Argentinas de Botánica. La Planta, Argentina, Boletín de la sociedad Argentina de Botánica 48 (supl.),160
- Allende, L., Tell, G., Zagarese, H., Torremorell, A., Pérez, G., Bustinogorry, J., Escaray, R., Izaguirre, I., 2009. Phytoplankton and primary production in clear - vegetated, inorganic - turbid, and algal-turbid shallow lakes from the pampa plain (Argentina). Hydrobiologia 624, 45-60.
- Álvarez, S., Bazán, G., Bernardos J., 2009. Diversidad fitoplanctónica en los cuencos principal y norte de la Laguna Don Tomás (La Pampa, Argentina). Limnetica 28(2), 253 -260.
- Amalfi, M., 2009. Lago Pellegrini, Características limnológicas. FCNyM, UNLP. ProBiota, serie de documentos N° 07, La Plata, Argentina, 58 pp.
- Amé, M., Diaz M., Wunderlin, D., 2003. Occurrence of Toxic Cyanobacterial Blooms in San Roque Reservoir (Córdoba, Argentina): A Field and Chemometric Study. Environmental Toxicology 18(3), 192-201.

- Amé, M., Galanti, L., Menone, M. et al. 2010. Microcystin-LR, -RR, -YR and LA in water samples and fishes from a shallow lake in Argentina. *Harmful Algae* 9, 66-73.
- Andrinolo, D., Pereira, P., Giannuzzi, L., Aura, C., Massera, S., Caneo, M., Caixach J., Barco M., Echenique, R., 2007. Occurrence of *Microcystis aeruginosa* and microcystins in Rio de La Plata river (Argentina). *Acta Toxicol. Argent.* 15(1), 8-14.
- Apesteguía, C., Marta, J.M., García de Emiliani, M. O., 1974. Floración acuática de algas verdes-azules en el "Lago del Parque General Belgrano" (Sta. Fe) Separata de la revista *Temas de Salud*. Año 1, N° 2, 20 pp.
- Argañaraz B.G., Parodi, E.R., Cáceres, E.J., 2005. Caracterización citomorfométrica de *Anabaena circinalis* (Cyanophyta) en una proliferación masiva en el embalse Paso de las Piedras (Provincia de Buenos Aires, Argentina). *Boletín de la sociedad Argentina de Botánica* 40(1-2), 181-190.
- Bauzá, L., Aguilera, A., Echenique, R., Andrinolo, D., Giannuzzi, L., 2014. Application of Hydrogen Peroxide to the Control of Eutrophic Lake Systems in Laboratory Assays. *Toxins* 6, 2657-2675.
- Boltovskoy, D., Correa, N., Bordet, F., Leites, V., Cataldo, D., 2013. Toxic *Microcystis* (Cyanobacteria) inhibit recruitment of the bloom - enhancing invasive bivalve *Limnoperna fortune*. *Freshwater Biology* 58(9), 1968-1981.
- Bonelli, C., Pilan, M., Reuter, A., 2007. Capitulo II: Embalse Río Hondo, Informe Final, Programa de monitoreo del embalse Río Hondo. Universidad Nacional de Córdoba, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Dirección Provincial de Aguas y Saneamiento (DIPAS, Córdoba),8-56.
- Bordet, F., 2003. Estudio del comportamiento estacional de Cianófitas, como agente biológico, para la detección de la calidad del agua en el Embalse de Salto Grande (Entre Ríos, Argentina). Tesina de Licenciatura en

Biodiversidad, Universidad Nacional del Litoral, Facultad de humanidades y ciencias, 70 pp.

- Casco, M.A., Mac Donagh M.E., 2014. Reservoirs of the Peri-Pampean Region. Freshwater phytoplankton from Argentina, Phytoplankton diversity and ecology in different aquatic systems. In: Tell, G., Izaguirre, I., O'Farrell, I. (Eds), Freshwater Phytoplankton from Argentina: Phytoplankton Diversity and Ecology in Different Aquatic Systems. Advances in Limnology 65, Schweizerbart Science Publishers, 215-231.
- Casco, M.A., Labollita, H.A., Cano, M.G., 2014. Phytoplankton of the reservoirs of Central and North Patagonia. Freshwater phytoplankton from Argentina, Phytoplankton diversity and ecology in different aquatic systems. In: Tell, G., Izaguirre, I., O'Farrell, I. (Eds), Freshwater Phytoplankton from Argentina: Phytoplankton Diversity and Ecology in Different Aquatic Systems. Advances in Limnology 65, Schweizerbart Science Publishers, 293-307.
- Colautti, D., Remes, L. M., Gómez, N., Claps, C., 1998. Mortandad de peces en el arroyo San Miguel (Partido de Pila, Provincia de Buenos Aires). Gayana Zoológica. 62(2), 191-197.
- Diario Hoy, sección Interés General, martes 27 de enero de 2004. Prohíben bañarse en una laguna de Punta Lara. La Plata, Buenos Aires, Argentina, 12.
- Daga, I., Pierotto, J., 2011. Cianobacterias del embalse San Roque (Córdoba, Argentina). Boletín de la sociedad Argentina de Botánica 46(3-4), 227-234.
- De Tezanos, P. P., Litchman E., 2010. Eco-physiological of nitrogen-fixing cyanobacteria to light. Hydrobiologia 639, 63-68.
- Devercelli, M. 2008. Ecología del fitoplancton en la cuenca inferior del Río Salado (Santa Fe, Argentina). Desarrollo algal en zonas de retención hidráulica y gradiente fitoplanctónico en el flujo principal. Tesis presentada para optar al título de Doctor de la Universidad de Buenos Aires en el área de

Ciencias Biológicas. Departamento de Ecología, Genética y Evolución, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Argentina, 156 pp.

- Devercelli, M., García de Emiliani, M., 2002. Fitoplancton y floración de cianobacterias en el Lago del parque General Belgrano. Datos no publicados. INTEC (CONICET - UNL) Facultad de Ingeniería de Ciencias Hídricas (UNL), Santa Fe, República Argentina.
- Devercelli, M., Zalocar de Domitrovic, Y., Forastier, M., Meichtry de Zaburlín, N., 2014. Phytoplankton of the Parana River Basin. Freshwater phytoplankton from Argentina, Phytoplankton diversity and ecology in different aquatic systems. In: Tell, G., Izaguirre, I, O'Farrell, I. (Eds), Freshwater Phytoplankton from Argentina: Phytoplankton Diversity and Ecology in Different Aquatic Systems. Advances in Limnology 65, Schweizerbart Science Publishers, 39-65.
- Echenique, R., Giannuzzi, L., Ferrari, L., 2006. Drinking water: problems related to water supply in Bahía Blanca, Argentina. Acta Toxicológica Argentina 14 (2), 23-30.
- Echenique, O.R., Aguilera, A, Gianuzzi, L., 2014. Problems on drinking water related to toxigenic Cyanobacteria: some case studied in Argentina. Freshwater phytoplankton from Argentina, Phytoplankton diversity and ecology in different aquatic systems. In: Tell, G., Izaguirre, I, O'Farrell, I. (Eds), Freshwater Phytoplankton from Argentina: Phytoplankton Diversity and Ecology in Different Aquatic Systems. Advances in Limnology 65, Schweizerbart Science Publishers, 431-444.
- Ehrenhaus, C. & Vignia, M.S., 2006. Changes in the phytoplankton of Lake Planetario after restoration process. Darwiniana 44, 319-328.

- Fernández, C., Parodi, E., Cáceres, E., 2012. Phytoplankton structure and diversity in the eutrophic-hypereutrophic reservoir Paso de las Piedras, Argentina. *Limnology* 13, 13-25.
- Ferrari, G., Pérez, M.C., Dabezies, M., Miguez, D, Saizar, C., 2011. Planktic Cyanobacteria in the Lower Uruguay River, South America. *Fottea* 11(1), 225-234.
- Fiorda, G. M., 2014. Efectos combinados de la radiación ultravioleta y la temperatura en cianobacterias. Tesis para optar al grado de Doctor en Biología. Universidad Nacional de Comahue.43-55.
- Forastier, M.E., Zalocar, Y., Andrinolo, D., Domitrovic, H.A., 2016. Occurrence and toxicity of *Microcystis aeruginosa* (Cyanobacteria) in the Paraná River, downstream of Yacyretá dam (Argentina). *Revista de biología tropical* 64 (1). San José, Costa Rica, 203 – 211.
- Forastier, M.E., Zalocar, Y., Sedan, D., Andrinolo, D., 2013. Cyanobacterias y cianotoxinas en una laguna somera del Nordeste de Argentina. *FACENA*, 29, 65-77.
- García de Emiliani, M.O., 1997. Effects of water level fluctuations on phytoplankton in a river-floodplain lake system (Paraná River, Argentina). *Hydrobiología*, 357, 1-15.
- García de Emiliani, M.O. y Emiliani F., 1997. Mortandad de ganado y aves silvestres asociadas con una floración de *Anabaena spiroides* Kleb. *Natura Neotropicalis* 28(2), 150 -157.
- Giannuzzi, L., Sedan, D., Echenique, R., Andrinolo, D., 2011. An acute case of intoxication with Cyanobacteria and Cyanotoxins in recreational water in Salto Grande dam, Argentina. *Marine Drugs* 9, 2164 – 2175.

- Gomez, N., 1995. Changes in the phytoplankton of the reservoir Embalse Río Tercero (Prov. Córdoba, Argentina) as a result of the nuclear power plant operating there. *Acta Hydrobiologica*, 37 (3), 129-139.
- Gomez, N., 2014. Phytoplankton of the Río de La Plata Estuary. Freshwater phytoplankton from Argentina, Phytoplankton diversity and ecology in different aquatic systems. In: Tell, G., Izaguirre, I, O'Farrell, I. (Eds), *Freshwater Phytoplankton from Argentina: Phytoplankton Diversity and Ecology in Different Aquatic Systems*. *Advances in Limnology* vol. 65, Schweizerbart Science Publishers, pp. 167-181.
- Gonzalez, D., Echenique, R., Aguilar, E., Silva, H., 1998. Phytoplanktonic profile in aquatic environment of San Luis. *Biocell*, 22, (2),
- González, D.M., Echenique, R.O., Silva, H.J., 1999. Estudio del Fitoplancton de tres embalses próximos a la ciudad de San Luis, Argentina. Aislamiento de cepas de interés toxicológico. *Revista Bioquímica y Patología Clínica B y PC.*, 63 (1), 36-42.
- González, D., Silva, H., Cid, J., Echenique, R., 2013 Cianofíceas de interés toxicológico en fitoplancton de 4 nuevos embalses de San Luis, Argentina. II Congreso Internacional del Agua, Agua y Cooperativismo para un desarrollo sostenible. San Luis, Argentina.
- Grosman, F. y Sanzano, P., 2002. Mortandades de Pejerrey *Odontesthes bonariensis* originadas por floraciones de cianobacterias en dos ambientes de Argentina. *AquaTIC* 17, 1-14.
- Guerrero, S., 1962. Estudios limnológicos en la laguna San Miguel del Monte (Provincia de Buenos Aires, República Argentina) Con especial referencia al Fitoplancton. *Revista del Museo de La Plata (Nueva Serie), Sección Botánica*, Tomo IX, 125 -174.

- Izaguirre, I. & Vinocur, A., 1994. Typology of shallow lakes of the Salado River basin (Argentina), based on phytoplankton communities. *Hydrobiologia*, 277, 49-62.
- Izaguirre, I. & Vinocur, A., 1994. Algal assemblages from shallow lakes of the Salado River Basin (Argentina). *Hydrobiologia*, 289, 57-64.
- Izaguirre, I., Sánchez, M., Schiaffino, R., O'Farrell, I., Huber, P., Ferrer, N., Zunino, J., Lagomarsino, L., Mancini, M., 2014. Which environmental factors trigger the dominance of phytoplankton species across a moisture gradient of shallow lakes? *Hydrobiologia* 752, 47–64.
- Kopprio, G.A., Freije, R.H., Strüssmann, C.A., Kattner G., Hoffmeyer M.S., Popovich C.A., Lara R.J., 2010. Vulnerability of pejerrey *Odontesthes bonariensis* population to climate change in pampean lakes of Argentina. *Journal of Fish Biology* 77, 1856-1866.
- Kühnemann, O., 1966. Floraciones acuáticas y nivales ocasionadas por algas. Centro de Investigación de Biología Marina, Estación Puerto Deseado- Estación Austral. Laboratorio Algológico Rawson, *Anales de la Sociedad Científica Argentina Serie 2, Ciencia Aplicada*, 180(1), 13-21.
- Licera, C., Rodríguez, M., Larrosa, N., Ruiz, M, Halac, S., Olivera, P., Brandalise, M., Nadal, F., 2012. Cianobacterias en embalses de Córdoba, descripción taxonómica y ecológica. 1° Encuentro de Investigadores en Formación en Recursos Hídricos, Instituto Nacional del Agua, Buenos Aires, Argentina.
- Mancini M., Rodriguez C., Prospero C., Liendo A., Bonansea M. (2009) Consecuencias del elevado estado trófico del embalse Piedras Moras (Córdoba, Argentina). Encuentro de Cianofíceas, Montevideo, Uruguay.

- Mancini, M., Rodríguez, C., Bagnis, G., Liendo, A., Prospero, C., Bonansea, M., Tundisi, J.G., 2010. Cyanobacterial bloom and animal mass mortality in a reservoir from Central Argentina. *Brazilian Journal of Biology* 70(3), 841-845.
- Mancini M., Rodriguez C., Prospero C., Finola M. (2005) Water Quality Reservoirs from Central Argentina. Dirección de Gestión Ambiental de Recursos Hídricos., 5 pp
- Martínez de Fabricius, A., Novoa, M., Huber, P., Sosa, M., 2014. Phytoplankton from the peripampean hills: Córdoba system. Freshwater phytoplankton from Argentina, Phytoplankton diversity and ecology in different aquatic systems. In: Tell, G., Izaguirre, I., O'Farrell, I. (Eds), *Freshwater Phytoplankton from Argentina: Phytoplankton Diversity and Ecology in Different Aquatic Systems*. *Advances in Limnology*. 65, Schweizerbart Science Publishers, 185-198.
- Meichtry de Zaburlín, N., Peso, J., Llano, V.M., 2014. Cianobacterias potencialmente tóxicas registradas en el nordeste argentino. VI Congreso Argentino de Limnología, Libro de resúmenes, *Biología acuática* 29.
- Nadal, F., Ruiz, M., Rodríguez, M.I., Halac, S, Olivera, P., 2012. Evaluación de la calidad de agua para uso recreativo del Embalse San Roque, Córdoba, Argentina. Instituto Nacional del Agua. I Encuentro de Investigadores en Formación en Recursos Hídricos, 14 y 15 de junio de 2012, Ezeiza, Buenos Aires.
- O'Farrell, I., Bordet, F., Chaparro, G., 2012. Bloom forming cyanobacterial complexes co-occurring in a subtropical large reservoir: validation of dominant eco-strategies. *Hydrobiologia* 698, 175–190.
- O'Farrell, I., Izaguirre, I., 2014. Phytoplankton of the middle and lower stretches of Uruguay River. Freshwater phytoplankton from Argentina, Phytoplankton diversity and ecology in different aquatic systems. In: Tell, G.,

Izaguirre, I, O'Farrell, I. (Eds), Freshwater Phytoplankton from Argentina: Phytoplankton Diversity and Ecology in Different Aquatic Systems. *Advances in Limnology* 65, Schweizerbart Science Publishers, 113-126.

- O'Farrell, I., Vinocur, A., De Tezanos Pinto, P., 2015. Long - term study of bloom-forming Cyanobacteria in a highly fluctuating vegetated floodplain lake: a morpho-functional approach. *Hydrobiologia*, 752 (1), 91 – 102.
- Otaño, S., 2009. First report of the cyanobacterium *Aphanizomenon schindleri* (Nostocales, Cyanophyceae) in River Uruguay, Argentina. *Algological Studies* 131, 35-42.
- Pérez L., Perales S., Sastre V., Santinelli N., Andrinolo D., 2009. Cianobacterias en ambientes continentales de la provincia de Chubut-Patagónia, Argentina. Congreso Cianobacterias del conocimiento a la gestión, Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU). Montevideo-Uruguay.
- Pierotto M., Ricón A., Gonella M., Daga C., Prospero C., 2003. Hidrobiología del Embalse La Quebrada (Córdoba), Argentina: bacteriología y fitoplancton. 13° Congreso Argentino de Saneamiento y Medio Ambiente, Buenos Aires, Argentina.
- Pizzolon, L., 1996. Importancia de las cianobacterias como factor de toxicidad en las aguas continentales. *Interciencia* 21(6), 239-245.
- Pizzolon, L., Tracanna, B., Prospero C., Guerrero, J.M., 1999. Cyanobacterial blooms in Argentinean inland waters. *Lakes, Reservoirs: Research and Management* 4, 101 – 105.
- Pizzolon, L., Tracanna, B., Silva, H., Prospero, C., De Fabricius A.L.M., De Emiliani M.O.G., Otaegui A.V., Amalfi M., Labollita, H., Santinelli, N., Sastre, V., 1997. Inventario de ambientes de aguas dulce de argentina con riesgo de envenenamiento por cianobacterias. *Ingeniería Sanitaria Ambiental* 33, 26-34.

- Prosperi, C., 2007. Informe Final Programa CONAPRIS: Establecimiento de un sistema de alerta temprana en poblaciones afectadas por aguas eutrofizadas con florecimientos estacionales de cianofíceas y posibilidades de abatimiento de los mismos en bocas de entrada a plantas de potabilización de aguas. Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Laboratorio de Hidrobiología, 9-12.
- Quaini, K., Solari, L., Ruiz, G. 2008. Fitoplancton de una laguna pampásica (San Miguel del Monte, Buenos Aires, Argentina): Variación espacio - temporal de los grupos funcionales. *Biología Acuática*, 24, 157-164.
- Remes, M. y Berasain, G., 2002. Laguna de los Padres, Partido de General Pueyrredón. Campaña de relevamientos limnológicos e ictiológicos. Informe técnico N° 39. Dirección de Desarrollo pesquero, Subsecretaría de actividades pesqueras, MAA.
- Rodríguez M., Busso F., Bustamante, M., Ruibal Conti, A., Ruiz, M., Angelaccio, C. 2005. Floraciones de algas en el embalse San Roque. INA. XX Congreso Nacional de Agua y III simposio de recursos hídricos del cono sur, 9-14 de mayo. Mendoza, Argentina.
- Rodríguez, C., Mancini, M., Prosperi, C., 2012. Use of Microalgae to Establish the Trophic Status of Lake La Viña (Argentina). *Advances in Life Sciences* 2(6), 144-147.
- Rosso, L., Sedan D., Kolman, M., Caixach, J., Flores, C., Oteiza, J. M., Salerno, G, Echenique, R., Giannuzzi, L., Andrinolo, D., 2014. *Microcystis aeruginosa* strain (D-Leu) Mcyst-LR producer, from Buenos Aires province, Argentina. *Journal of Coastal Life Medicine* 2(4), 287 – 296.
- Rubial, C.A., Guerrero, J., Regueira, J., 2005. Levels of Microcystins in two Argentinean reservoirs used for water supply and recreation: Differences in

the implementation of safe levels. *Environmental Toxicology*. Jun 20(3), 263-269. Published online in Wiley InterScience (www.interscience.wiley.com).

- Ruibal, C.A., Rodríguez, M., Angelaccio, C., 2005. Ocurrencia de cyanobacterias y sus toxinas(microcistinas) en aguas del Río de La Plata: Evaluación rápida usando el ensayo ELISA. INA, XX Congreso Nacional de Agua y III Simposio de Recursos Hídricos del cono sur, 9 al 14 de mayo. Mendoza, Argentina.
- Ruibal, C.A., Rodríguez M., Ruiz M., Crema N., Bustamante M. y Angelaccio C. 2006. Evaluación preliminar del impacto de cyanobacterias tóxicas en la salud de poblaciones del perilago. INA, I Congreso Internacional sobre gestión y tratamiento del agua, 26 al 28 de abril. Córdoba, Argentina.
- Sánchez, M., Pérez, G., Izaguirre, I., Pizarro, H., 2013. Influence of underwater light climate on periphyton and phytoplankton communities in shallow lakes from the Pampa plain (Argentina) with contrasting steady states. *Journal Limnology* 72(1), 62-78.
- Silva, H.J., Luco, J.M., González, D.M., Baudino, O.M., 1995. Detección de compuestos biogénicos-volátiles en un lago eutrófico de San Luis - Argentina. *Acta Toxicológica Argentina* 3(2), 38-42.
- Solari, L.C. & Mac Donagh, M.E., 2014. Lotic and lentic environments of the Pampean Plain. Freshwater phytoplankton from Argentina, Phytoplankton diversity and ecology in different aquatic systems. In: Tell, G., Izaguirre, I., O'Farrell, I. (Eds), *Freshwater Phytoplankton from Argentina: Phytoplankton Diversity and Ecology in Different Aquatic Systems*. *Advances in Limnology* vol. 65, Schweizerbart Science Publishers, 143-165.
- Solari, L. C. & Mac Donagh, M.E., Ruiz, G., 2002. Vertical distribution of phytoplankton in a pampean shallow lake. *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie* 28, 1362-1365.

- Solari, L. C., Gabellone, N.A., Mac Donagh, M.E., Ruiz, G.C., 2003. Estructura y dinámica del fitoplancton en la cuenca de una laguna pampeana (San Miguel del Monte, Buenos Aires, Argentina). Boletín Sociedad Argentina de Botánica 38(1-2), 65-73.
- Tracanna B., Seeligmann C., Mirande V., Martinez de Marco S., Isasmendi S. 2014. Peri-pampean sierras aquatic system in Tucuman Province. Freshwater phytoplankton from Argentina, Phytoplankton diversity and ecology in different aquatic systems. In: Tell, G., Izaguirre, I, O'Farrell, I. (Eds), Freshwater Phytoplankton from Argentina: Phytoplankton Diversity and Ecology in Different Aquatic Systems. Advances in Limnology 65, Schweizerbart Science Publishers, 199-213.
- Ventrice, M.,1972. Fitoplancton de la laguna Don Tomás-Santa Rosa, La Pampa con especial referencia a las chlorophyta y cyanophyta. Tesis presentada para optar al título de Doctora en Biología. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.
- Weigand, P., 2011. Dinámica estacional del zooplancton en la Laguna de los Padres y el efecto de diferentes concentraciones de alimento sobre el desarrollo de *Notodiaptomus incompositus* (Copepoda Diaptomidae). Tesis presentada para optar al título de Doctor de la Universidad Nacional de Mar del Plata en el área de Ciencias Biológicas. Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina. 101-125
- Zalocar de Domitrovic Y., Vallejos, E.R., 1982. Fitoplancton del río Alto Paraná. Variación estacional y distribución en relación a factores ambientales. Ecosur 9 (17), 1-28.
- Zalocar de Domitrovic, Y., Forastier, M. E., 2007. Historia de las floraciones del río Paraná en el tramo argentino. En Feyen, J., Aguirre, L. F., Moraes, M. Congreso Internacional sobre Desarrollo, Medio Ambiente y Recursos

Naturales: Sostenibilidad a múltiples niveles y escalas. Universidad Mayor de San Simón, Bolivia, 1291–1298.

- Zalocar de Domitrovic Y., Devercelli M., Forastier M. 2014. Phytoplankton of the Chaco - Pampean plain. Freshwater phytoplankton from Argentina, Phytoplankton diversity and ecology in different aquatic systems. In: Tell, G., Izaguirre, I, O'Farrell, I. (Eds), Freshwater Phytoplankton from Argentina: Phytoplankton Diversity and Ecology in Different Aquatic Systems. Advances in Limnology 65, Schweizerbart Science Publishers, 81-98.

Apéndice III : Listado y ubicación de cuerpos de agua afectados por floraciones de cianobacterias planctónicas reportadas en la Argentina entre 1945 y 2015

SITIO DE ESTUDIO	UBICACIÓN				
	PROVINCIA	ECOREGION	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD msnm
Arroyo San Miguel	Buenos Aires	Pampa	36°3'17.69"S	58°0'50.14"O	10
El Triunfo	Buenos Aires	Pampa	35°51'8.89"S	57°52'33.85"O	10
Embalse Paso de las Piedras	Buenos Aires	Pampa	38°23'39.86"S	61°45'8.06"O	155
Gómez	Buenos Aires	Pampa	34°37'9.23"S	61°7'0.33"O	75
La Salada de Monasterio	Buenos Aires	Pampa	35°46'48.85"S	57°51'47.52"O	5
Laguna Chasicó	Buenos Aires	Pampa	38°37'0.21"S	63°4'0.06"O	-21
Laguna de Lobos	Buenos Aires	Pampa	35°17'4.89"S	59°7'4.88"O	22
Laguna de Los Padres	Buenos Aires	Pampa	7°56'10.07"S	57°43'56.45"O	50
Laguna El Paraíso	Buenos Aires	Pampa	37°34'5.53"S	60°47'44.93"O	210
Laguna Grande (Reserva Humedal Otamendi)	Buenos Aires	Pampa	34°13'58.58"S	58°52'28.48"O	1
Laguna La Posada	Buenos Aires	Pampa	38°0'0.17"S	60°22'59.99"O	182
Laguna Los Patos	Buenos Aires	Pampa	34°50'44.05"S	57°57'26.01"O	3
Laguna Lugano	Buenos Aires	Pampa	34°40'52.54"S	58°26'44.36"O	4
Laguna Planetario	Buenos Aires	Pampa	34°34'13.47"S	58°24'41.27"O	5
Laguna San Jorge	Buenos Aires	Pampa	35°40'0.15"S	57°48'19.44"O	8
Pila	Buenos Aires	Pampa	35°59'49"S	58° 08'11"O	14

Rio de La Plata (Costa Argentina)	Buenos Aires	Pampa	34°49'27.88"S	57°51'26.00"O	0
San Miguel del Monte	Buenos Aires	Pampa	35°27'32.13"S	58°48'15.15"O	17
Arroyo El Malhá	Chaco	Chaco seco	25°57'56.26"S	60°27'2.80"O	110
Campo El Refugio - Paraje La Viruela	Chaco	Chaco húmedo	27°53'13.91"S	60°15'57.78"O	66
Charadai	Chaco	Chaco húmedo	27°39'1.34"S	59°51'21.56"O	67
Cloacal Castelli	Chaco	Chaco seco	25°58'15"S	60°27'04" O	110
Colonia Baranda	Chaco	Chaco húmedo	27°33'55"S	59°18'13" O	57
Embalses A, B, C	Chaco	Chaco seco	A: 26°20'0"S	A: 60°25' O	98 (promedio entre los tres puntos)
			B: 27°9'0"S	B: 61°18' O	
			C: 27°17'0"S	C: 61°7' O	
Hermoso Campo	Chaco	Chaco seco	27°36'7.87"S	61°20'42.61"O	84
Laguna Barranqueras	Chaco	Espinal	27°28'44.25"S	58°56'28.62"O	45
Laguna El Moncholo	Chaco	Chaco húmedo	27°03'34"S	58°41'35"O	54
Laguna La Verde	Chaco	Chaco húmedo	27°07'35"S	59°22'52"O	64
Las Breñas	Chaco	Chaco seco	27°5'19.01"S	61°6'23.39"O	100
Nueva Pompeya	Chaco	Chaco seco	24°55'39"S	61°28'36"O	150
Remanso del Río Negro - Miraflores	Chaco	Chaco seco	25°38'41"S	60°55'58"O	128
Represa Colonia Aborigin	Chaco	Chaco seco	26°58'14.17"S	60°8'45.96"O	82
Represa Machagai	Chaco	Chaco seco	26°55'58"S	60°03'04"O	82
Represa Pampa Argentina	Chaco	Chaco seco	25° 53'22.22"S	60°3'15.9"O	112
Represa Pampa del indio	Chaco	Chaco seco	26°03' 16.88"S	59° 56' 59.55"O	95
Reservorio Samuhú	Chaco	Chaco húmedo	27°31'19.03"S	60°23'54.40"O	75
Río Salado	Chaco	Chaco Seco	25°49'33"S	60°32'34"O	115
Río Salado (Puente Parra)	Chaco	Chaco seco	25°51'49.12"S	60°27'51.38"O	111
Río Salado Norte	Chaco	Pampa	27°48'33.87"S	58°50'30.15"O	43

Roque Sáenz Peña	Chaco	Chaco húmedo	26°49'24.55"S	60°25'32.96"O	92
Santa Sylvina	Chaco	Chaco seco	27°50'5.73"S	61° 7'53.08"O	76
Villa Berthet	Chaco	Chaco húmedo	27°18'06"S	60°25'01"O	80
Embalse Florentino Ameghino	Chubut	Monte de llanuras y mesetas	43°42'34.79"S	66°31'47.59"O	127
Laguna Chiquichano	Chubut	Monte de llanuras y mesetas	43°14'52.91"S	65°17'59.04"O	7
Laguna Willimanco - Esquel	Chubut	Estepa Patagónica	42°53'7.73"S	71°16'7.01"O	701
Río Chubut (Valle inferior)	Chubut	Estepa Patagónica	43°17'40.32"S	65°19'38.90"O	14
Embalse La Quebrada	Córdoba	Espinal	31° 9'0.22"S	64°20'36.95"O	800
Embalse La Viña (Ingeniero Medina Allende)	Córdoba	Espinal	31°51'45.56"S	65° 1'31.19"O	848
Embalse Los Molinos	Córdoba	Espinal	31°49'60.00"S	64°31'60.00"O	766
Embalse Piedras Moras	Córdoba	Espinal	32°10'55.66"S	64°16'54.20"O	410
Embalse Río Tercero	Córdoba	Espinal	32°12'36.90"S	64°28'13.96"O	532
Embalse San Roque	Córdoba	Espinal	31°22'9.11"S	64°28'1.99"O	642
Laguna de Suco	Córdoba	Espinal	33°19'31.66"S	64°51'54.84"O	633
Laguna Villa Dalcar	Córdoba	Espinal	33° 6'24.00"S	64°22'32.87"O	460
Embalse Yacyretá - Bahía Santa María	Corrientes	Campos y Malezales	27°29'44,1"S	56°38'24,1"O	80
Laguna 17 Chica	Corrientes	Esteros del Iberá	28° 1'5.45"S	58° 4'54.64"O	70
Laguna 17 Grande	Corrientes	Esteros del Iberá	28° 1'17.35"S	58° 5'28.41"O	67
Laguna Aeroclub	Corrientes	Esteros del Iberá	27°28'49.43"S	58°43'59.27"O	61
Laguna Areco	Corrientes	Selva Paranaense	27°22'49.56"S	58°32'13.86"O	62
Laguna Correa	Corrientes	Esteros del Iberá	28°30'0.79"S	59° 0'12.29"O	60
Laguna Escuela Agrotécnica. Bella Vista	Corrientes	Esteros del Iberá	28°30'48"S	59°01'30"O	70

Laguna Gallego	Corrientes	Esteros del Iberá	27°59'4.89"S	57°59'7.45"O	69
Laguna Iberá (Sitio Pedraplén)	Corrientes	Esteros del Iberá	28°32'0.15"S	57°11'52.02"O	63
Laguna INTA	Corrientes	Esteros del Iberá	28°27'18.12"S	58°58'30.04"O	68
Laguna Soto	Corrientes	Esteros del Iberá	27°27'38.24"S	58°43'54.05"O	60
Laguna Toro. Bella Vista	Corrientes	Esteros del Iberá	28°31'11"S	59°01'22" O	64
Río Paraná- Ciudad de Corrientes	Corrientes	Chaco Húmedo	27°27'26"S	58°49'35"O	48
Río Paraná - Ituzaingó	Corrientes	Esteros del Iberá	27°34'27,1"S	56°40'54,2"O	61
Río Paraná-Puerto Valle (margen argentina) (E 4MI)	Corrientes	Esteros del Iberá	27°35'53.60"S	56°25'32.90"O	75
Río Paraná (Transecta Puerto Valle (Argentina)-San Cosme (Paraguay) (E 4C)	Corrientes	Esteros del Iberá	27° 29' 21.3"S	56° 25' 50.2"S	75
Río Paraná- aguas arriba de la presa sobre brazo principal (E 10MI)	Corrientes	Esteros del Iberá	27° 28' 09,2"S	56°43'15,5"O	75
Río Paraná (Itá Ibaté)	Corrientes	Chaco Húmedo	27°25'17.00"S	57°18'30.40"O	54
Río Uruguay. Ciudad de Monte Caseros	Corrientes	Espinal	30°15'05"S	57°37'17"O	37
Río Uruguay. Ciudad de Paso de Los Libres	Corrientes	Campos y Malezales	29°44'23.75"S	57° 5'42.54"O	41
Río Uruguay. Ciudad de Santo Tomé	Corrientes	Campos y Malezales	28°32'43"S	56°01'42" O	60

Embalse Salto Grande (brazos laterales)	Entre Ríos	Espinal	31°12'7.11"S	57°58'10.20"O	32
Río Uruguay - Fray Bentos (costa argentina)	Entre Ríos	Campos y Malezales	33° 6'14.30"S	58°19'50.70"O	0
Río Uruguay - Fray Bentos (costa uruguaya)	Entre Ríos	Campos y Malezales	33° 6'39.70"S	58°19'8.60"O	0
Río Uruguay - Nueva Berlín	Entre Ríos	Campos y Malezales	32°58'32.80"S	58° 4'13.30"O	0
Comandante Fontana - Laguna Estancia Altos del Guayacán	Formosa	Chaco seco	25°18'45.66"S	59°41'37.83"O	100
Laguna Bajo Giuliani	La Pampa	Espinal	36° 42'55" S	64°16'50" O	130
Laguna Don Tomás	La Pampa	Pampa	36°37'10.01"S	64°18'34.35"O	165
Itaembé	Misiones	Campos y Malezales	27°20'50.13"S	56° 1'56.71"O	80
Zaimán	Misiones	Campos y Malezales	27°25'41.96"S	55°54'11.69"O	87
Embalse Urugua-í	Misiones	Selva Paranaense	25°53'54.45"S	54°26'19.34"O	187
Río Uruguay - Ciudad de Panambí	Misiones	Campos y Malezales	27°43'43.96"S	54°54'38.25"O	100
Embalse Mari Menuco	Neuquén	Estepa Patagónica	38°35'24.37"S	68°33'11.80"O	415
Embalse Ezequiel Ramos Mexia (El Chocón)	Río Negro- Neuquén	Monte de llanuras y mesetas	39°26'49.85"S	68°56'49.66"O	370
Laguna Carlos Pellegrini	Río Negro	Estepa Patagónica	38°41'0.00"S	67°59'0.00"O	272
Río Limay - Ciudad de Neuquén	Neuquén	Monte de llanuras y mesetas	38°58'30.08"S	68° 9'4.96"O	270
Embalse Cabra Corral	Salta	Monte de llanuras y mesetas	25°19'0.29"S	65°26'0.21"O	1028

Embalse El Tunal	Salta	Monte de llanuras y mesetas	25°14'15.32"S	64°29'47.55"O	476
Embalse de Cruz de Piedra	San Luis	Monte de llanuras y mesetas	33°15'30.37"S	66°12'53.46"O	888
Embalse Roca	San Luis	Monte de llanuras y mesetas	32°40'49.44"S	66°25'56.35"O	673
La Florida	San Luis	Monte de llanuras y mesetas	33° 6'58.05"S	66° 1'59.06"O	1021
Potrero de los Funes	San Luis	Monte de llanuras y mesetas	33°13'53.40"S	66°14'1.82"O	954
Embalse El Cadillal (Dr. Gelsi)	Tucumán	Chaco seco	26°36'56.41"S	65°12'10.89"O	608
Embalse Rio Hondo	Tucumán - Santiago Del Estero	Chaco seco	27°31'0.23"S	64°57'59.98"O	274
Correntoso	Santa Fe	Pampa	31°41'16.02"S	60°43'0.54"O	15
El Tigre	Santa Fe	Pampa	31°41'7.94"S	60°42'51.89"O	12
Lago del parque General Belgrano (Parque Sur)	Santa Fe	Pampa	31°39'41.01"S	60°42'34.38"O	13
Laguna - Estanque Portmann	Santa Fe	Pampa	31°20'57.57"S	60°48'6.97"O	20
Laguna Bedetti	Santa Fe	Pampa	31°40'29.60"S	60°45'10.19"O	10
Río Salado (Balneario Brig. Gral. López)	Santa Fe	Pampa	31°39'28.98"S	60°45'22.76"O	13
Río Santa Fe (Puerto de Santa Fe Dique 1)	Santa Fe	Pampa	31°38'54.44"S	60°42'8.09"O	15
Badenia	Santa Fe	Pampa	33°41'55.38"S	62°20'38.48"O	113
Bellavista	Santa Fe	Pampa	34°13' 03.9"S	61°59'22.3"O	100
Carmen B	Santa Fe	Pampa	34°10' 04"S	62°06'59.9"O	106

Encadenadas 3	Santa Fe	Pampa	33°59'31.2"S	61°44'54"O	91
Encadenadas 4	Santa Fe	Pampa	34°01' 43.3"S	61°40'25,1"O	91
Encadenadas 5	Santa Fe	Pampa	34°02'42.1"S	61°39'10.9"O	93
La Dulce	Santa Fe	Pampa	33°45'24.5"S	62°30'19.5"O	122
Los Flamencos	Santa Fe	Pampa	34°13'49.8"S	61°59'37.8"O	101
Maggiollo Este	Santa Fe	Pampa	33°46'32.07"S	62°16'40.64"O	110
Maggiollo Oeste	Santa Fe	Pampa	33°46'26.79"S	62°16'57.14"O	112
María Teresa	Santa Fe	Pampa	33°56'10.7"S	61°51'35.5"O	103
Martín García	Santa Fe	Pampa	34°11' 28.6"S	61°58'14"O	100
Morgan	Santa Fe	Pampa	34°14'01.6"S	61°51'57,6"O	95
Muelle 1	Santa Fe	Pampa	33°53'23.5"S	62°13'59.9"O	114
Picasa 4	Santa Fe	Pampa	34°17'08.7"S	62°12'56.5"O	103
Quirno	Santa Fe	Pampa	33°56'05"S	61°27'49.5"O	95
Sancti Spiritu	Santa Fe	Pampa	33°59'30.4"S	62°15'31.7"O	112

Apéndice IV : Promedios históricos de las variables meteorológicas entre 1945 y 2015

PROVINCIA	SITIO DE ESTUDIO	PROMEDIOS HISTÓRICOS DE VARIABLES METEOROLÓGICAS							
		T° MÁXIMA ABSOLUTA	T° MÁXIMA MEDIA	T° MEDIA	T° MÍNIMA ABSOLUTA	T° MÍNIMA MEDIA	PRECIPITACIÓN MENSUAL (MM)	PRECIPITACIÓN ANUAL (MM)	VIENTO MEDIO EN Km/h
BUENOS AIRES	Arroyo San Miguel	28,65	21,94	15,65	1,36	9,19	82,51	938,93	9,54
BUENOS AIRES	El Triunfo	27,66	20,94	15,93	4,24	11,45	81,98	974,05	15,33
BUENOS AIRES	Embalse Paso de las Piedras	30,02	22,12	15,19	0,81	9,03	54,03	640,37	21,81
BUENOS AIRES	Gómez	30,03	22,69	15,95	2,46	10,04	86,49	1015,49	12,33
BUENOS AIRES	La Salada de Monasterio	27,66	20,94	15,93	4,24	11,45	81,98	974,05	15,33
BUENOS AIRES	Laguna Chasicó	30,02	22,12	15,19	0,81	9,03	54,03	640,37	21,81
BUENOS AIRES	Laguna de Lobos	28,65	21,94	15,65	1,36	9,19	82,51	938,93	9,54
BUENOS AIRES	Laguna de Lobos	28,65	21,94	15,65	1,36	9,19	82,51	938,93	9,54

BUENOS AIRES	Laguna El Paraíso	28,14	20,73	13,97	-0,84	7,21	63,86	724,69	SD
BUENOS AIRES	Laguna Grande (Reserva Humedal Otamendi)	29,54	22,49	17,65	5,41	12,79	93,80	1070,14	12,29
BUENOS AIRES	Laguna La Posada	28,34	20,73	13,62	-0,46	7,61	63,63	739,67	14,95
BUENOS AIRES	Laguna Los Patos	27,93	21,41	15,92	3,26	11,09	86,66	1027,81	15,23
BUENOS AIRES	Laguna Lugano	29,54	22,67	17,75	6,16	13,40	99,46	1193,88	10,59
BUENOS AIRES	Laguna Planetario	29,54	22,67	17,75	6,16	13,40	99,46	1193,88	10,59
BUENOS AIRES	Laguna San Jorge	27,66	20,94	15,93	4,24	11,45	81,98	974,05	15,33
BUENOS AIRES	Pila	28,65	21,94	15,65	1,36	9,19	82,51	938,93	9,54
BUENOS AIRES	Rio de La Plata (Costa Argentina)	27,93	21,41	15,92	3,26	11,09	86,66	1027,81	15,23
BUENOS AIRES	San Miguel del Monte	28,65	21,94	15,65	1,36	9,19	82,51	938,93	9,54
CHACO	Arroyo El Malhá	35,90	28,08	21,45	7,19	15,79	91,59	1092,8	9,05

CHACO	Charadai	35,05	27,34	21,02	7,33	15,49	115,00	1359,6	9,32
CHACO	Cloacal Castelli	35,90	28,08	21,45	7,19	15,79	91,59	1092,8	9,05
CHACO	Colonia Baranda	35,05	27,34	21,02	7,33	15,49	115,00	1359,6	9,32
CHACO	Embalses A, B, C	35,90	28,08	21,45	7,19	15,79	91,59	1092,8	9,05
CHACO	Hermoso Campo	35,90	28,08	21,45	7,19	15,79	91,59	1092,8	9,05
CHACO	Laguna Barranqueras	35,05	27,34	21,02	7,33	15,49	115,00	1359,6	9,32
CHACO	Laguna El Moncholo	35,05	27,34	21,02	7,33	15,49	115,00	1359,6	9,32
CHACO	Laguna La Verde	35,05	27,34	21,02	7,33	15,49	115,00	1359,6	9,32
CHACO	Las Breñas	35,90	28,08	21,45	7,19	15,79	91,59	1092,8	9,05

CHACO	Nueva Pompeya	37,49	29,94	22,78	7,86	16,71	77,64	922,7	9,95
CHACO	Remanso del Río Negro - Miraflores	37,49	29,94	22,78	7,86	16,71	77,64	922,7	9,95
CHACO	Represa Colonia Aborigin	35,90	28,08	21,45	7,19	15,79	91,59	1092,8	9,05
CHACO	Represa Machagai	35,90	28,08	21,45	7,19	15,79	91,59	1092,8	9,05
CHACO	Represa Pampa Argentina	35,90	28,08	21,45	7,19	15,79	91,59	1092,8	9,05
CHACO	Represa Pampa del Indio	35,90	28,08	21,45	7,19	15,79	91,59	1092,8	9,05
CHACO	Reservorio Samuhú	35,90	28,08	21,45	7,19	15,79	91,59	1092,8	9,05
CHACO	Río Salado	35,90	28,08	21,45	7,19	15,79	91,59	1092,8	9,05

CHACO	Río Salado (Puente Parra)	35,90	28,08	21,45	7,19	15,79	91,59	1092,8	9,05
CHACO	Río Salado Norte	34,43	27,18	21,23	8,63	15,96	118,51	1405,66	12,66
CHACO	Roque Sáenz Peña	35,05	27,34	21,02	7,33	15,49	115,00	1359,6	9,32
CHACO	Santa Sylvina	35,90	28,08	21,45	7,19	15,79	91,59	1092,8	9,05
CHACO	Villa Berthet	35,90	28,08	21,45	7,19	15,79	91,59	1092,8	9,05
CHUBUT	Embalse Florentino Ameghino	29,27	20,63	13,65	-0,19	7,13	16,59	196,92	22,67
CHUBUT	Laguna Chiquichano	29,27	20,63	13,65	-0,19	7,13	16,59	196,92	22,67
CHUBUT	Laguna Willimanco - Esquel	21,96	14,27	8,34	-5,00	2,51	41,11	476,19	21,10
CHUBUT	Río Chubut (Valle inferior)	29,27	20,63	13,65	-0,19	7,13	16,59	196,92	22,67
CORDOBA	Embalse La Quebrada	32,81	24,20	17,29	3,96	11,10	71,04	844,03	12,03

CORDOBA	Embalse La Viña (Ingeniero Medina Allende)	33,13	25,90	18,37	4,00	11,94	51,77	615,3	7,79
CORDOBA	Embalse Los Molinos	32,45	23,86	16,92	2,08	9,99	51,67	553,17	SD
CORDOBA	Embalse Piedras Moras	33,13	25,90	18,37	4,00	11,94	51,77	615,28	7,79
CORDOBA	Embalse Rio Tercero	33,13	25,90	18,37	4,00	11,94	51,77	615,28	7,79
CORDOBA	Embalse San Roque	32,81	24,20	17,29	3,96	11,10	71,04	844,03	12,03
CORDOBA	Laguna de Suco	31,25	22,99	16,33	4,18	10,95	70,56	837,51	16,15
CORDOBA	Laguna Villa Daltar	31,25	22,99	16,33	4,18	10,95	70,56	837,51	16,15
CORRIENTES	Embalse Yacyretá - Bahía Santa María	33,64	27,08	21,45	8,94	15,82	130,99	1474,90	SD
CORRIENTES	Laguna 17 Chica	33,46	26,24	20,76	8,89	15,83	105,79	1197,02	9,98
CORRIENTES	Laguna 17 Grande	33,46	26,24	20,76	8,89	15,83	105,79	1197,02	9,98
CORRIENTES	Laguna Aeroclub	34,43	27,18	21,23	8,63	15,96	118,51	1405,66	12,66

CORRIENTES	Laguna Correa	33,46	26,24	20,76	8,89	15,83	105,79	1197,02	9,98
CORRIENTES	Laguna Escuela Agrotécnica. Bella Vista	33,46	26,24	20,76	8,89	15,83	105,79	1197,02	9,98
CORRIENTES	Laguna Gallego	33,46	26,24	20,76	8,89	15,83	105,79	1197,02	9,98
CORRIENTES	Laguna Iberá (Sitio pedraplén)	32,92	25,58	19,97	6,96	14,37	116,60	1254,33	SD
CORRIENTES	Laguna INTA	33,46	26,24	20,76	8,89	15,83	105,79	1197,02	9,98
CORRIENTES	Laguna Soto	34,43	27,18	21,23	8,63	15,96	118,51	1405,66	12,66
CORRIENTES	Laguna Toro. Bella Vista	33,46	26,24	20,76	8,89	15,83	105,79	1197,02	9,98
CORRIENTES	Río Paraná-Ciudad de Corrientes	34,43	27,18	21,23	8,63	15,96	118,51	1405,66	12,66
CORRIENTES	Río Paraná - Ituzaingó	33,64	27,08	21,45	8,94	15,82	130,99	1474,90	SD
CORRIENTES	Río Paraná-Puerto Valle (margen argentina) (E 4MI)	33,64	27,08	21,45	8,94	15,82	130,99	1474,90	SD

CORRIENTES	Río Paraná (Transecta Puerto Valle (Argentina)-San Cosme (Paraguay) (E 4C)	33,64	27,08	21,45	8,94	15,82	130,99	1474,90	SD
CORRIENTES	Río Paraná- aguas arriba de la presa sobre brazo principal (E 10MI)	33,64	27,08	21,45	8,94	15,82	130,99	1474,90	SD
CORRIENTES	Río Paraná (Itá Ibaté)	33,64	27,08	21,45	8,94	15,82	130,99	1474,90	SD
CORRIENTES	Río Uruguay. Ciudad de Monte Caseros	32,72	25,49	19,61	7,34	14,43	119,91	1425,11	9,88
CORRIENTES	Río Uruguay. Ciudad de Paso de Los Libres	33,08	25,63	19,78	7,35	14,53	125,18	1494,41	14,81
CORRIENTES	Río Uruguay. Ciudad de Santo Tomé	33,64	27,08	21,45	8,94	15,82	130,99	1474,90	SD

ENTRE RIOS	Embalse Salto Grande (brazos laterales)	32,24	24,89	18,91	5,69	13,37	114,77	1343,27	10,26
ENTRE RIOS	Río Uruguay - Fray Bentos (costa argentina)	31,55	23,90	17,74	4,32	12,05	93,53	1120,41	9,75
ENTRE RIOS	Río Uruguay - Fray Bentos (costa uruguaya)	31,55	23,90	17,74	4,32	12,05	93,53	1120,41	9,75
ENTRE RIOS	Río Uruguay - Nueva Berlín	31,55	23,90	17,74	4,32	12,05	93,53	1120,41	9,75
FORMOSA	Comandante Fontana - Laguna Estancia Altos del Guayacán	37,49	29,94	22,78	7,86	16,71	77,64	922,7	9,95
LA PAMPA	Laguna Bajo Giuliani	30,82	23,02	15,56	0,78	8,83	59,58	705,22	12,34
LA PAMPA	Laguna Don Tomás	30,82	23,02	15,56	0,78	8,83	59,58	705,22	12,34
MISIONES	Itaembé	33,96	27,57	21,54	9,17	16,53	147,93	1750,8	11,35

MISIONES	Zaimán	33,96	27,57	21,54	9,17	16,53	147,93	1750,8	11,35
MISIONES	Embalse Uruguay-í	33,39	27,49	20,84	8,45	15,63	155,66	1809,9	6,58
MISIONES	Río Uruguay - Ciudad de Panambí	32,81	26,33	20,68	8,29	15,86	160,35	1925,54	6,87
NEUQUEN	Embalse Mari Menuco	30,08	22,41	14,67	0,47	7,54	16,61	196,85	12,12
RIO NEGRO-NEUQUEN	Embalse Ezequiel Ramos Mexia (El Chocón)	30,08	22,41	14,67	0,47	7,54	16,61	196,85	12,12
RIO NEGRO	Laguna Carlos Pellegrini	30,46	22,90	15,28	1,16	8,33	17,86	190,50	9,03
NEUQUEN	Río Limay - Ciudad de Neuquén	30,08	22,41	14,67	0,47	7,54	16,61	196,85	12,12
SALTA	Embalse Cabra Corral	32,24	24,21	16,62	4,20	10,52	61,80	733,95	6,30
SALTA	Embalse El Tunal	32,24	24,21	16,62	4,20	10,52	61,80	733,95	6,30
SAN LUIS	Embalse de Cruz de Piedra	31,58	24,24	17,30	3,84	11,07	51,25	629,16	16,52
SAN LUIS	Embalse Roca	31,58	24,24	17,30	3,84	11,07	51,25	629,16	16,52
SAN LUIS	La Florida	31,58	24,24	17,30	3,84	11,07	51,25	629,16	16,52

SAN LUIS	Potrero de los Funes	31,58	24,24	17,30	3,84	11,07	51,25	629,16	16,52
TUCUMAN	Embalse El Cadillal (Dr. Gelsi)	33,72	26,00	19,68	8,32	14,40	85,28	984,4	9,49
TUCUMAN - SANTIAGO DEL ESTERO	Embalse Rio Hondo	36,32	27,95	20,44	5,21	13,76	51,50	612,1	9,04
SANTA FE	Correntoso	32,68	24,77	18,66	5,41	13,48	84,24	995,16	12,31
SANTA FE	El Tigre	32,68	24,77	18,66	5,41	13,48	84,24	995,16	12,31
SANTA FE	Lago del parque General Belgrano (Parque Sur)	32,68	24,77	18,66	5,41	13,48	84,24	995,16	12,31
SANTA FE	Laguna - Estanque Portmann	31,12	23,84	18,20	6,09	13,29	87,44	1009,66	16,46
SANTA FE	Laguna Bedetti	32,68	24,77	18,66	5,41	13,48	84,24	995,16	12,31
SANTA FE	Río Salado (Balneario Brig. Gral. López)	32,68	24,77	18,66	5,41	13,48	84,24	995,16	12,31
SANTA FE	Río Santa Fe (Puerto de Santa Fe Dique 1)	32,68	24,77	18,66	5,41	13,48	84,24	995,16	12,31

SANTA FE	Badenia	30,90	23,40	16,22	2,58	10,03	73,00	800,34	10,05
SANTA FE	Bellavista	30,90	23,40	16,22	2,58	10,03	73,00	800,34	10,05
SANTA FE	Carmen B	30,90	23,40	16,22	2,58	10,03	73,00	800,34	10,05
SANTA FE	Encadenadas 3	30,90	23,40	16,22	2,58	10,03	73,00	800,34	10,05
SANTA FE	Encadenadas 4	30,90	23,40	16,22	2,58	10,03	73,00	800,34	10,05
SANTA FE	Encadenadas 5	30,90	23,40	16,22	2,58	10,03	73,00	800,34	10,05
SANTA FE	La Dulce	30,90	23,40	16,22	2,58	10,03	73,00	800,34	10,05
SANTA FE	Los Flamencos	30,90	23,40	16,22	2,58	10,03	73,00	800,34	10,05
SANTA FE	Maggiollo Este	30,90	23,40	16,22	2,58	10,03	73,00	800,34	10,05
SANTA FE	Maggiollo Oeste	30,90	23,40	16,22	2,58	10,03	73,00	800,34	10,05
SANTA FE	María Teresa	30,90	23,40	16,22	2,58	10,03	73,00	800,34	10,05
SANTA FE	Martín García	30,90	23,40	16,22	2,58	10,03	73,00	800,34	10,05

SANTA FE	Morgan	30,90	23,40	16,22	2,58	10,03	73,00	800,34	10,05
SANTA FE	Muelle 1	30,90	23,40	16,22	2,58	10,03	73,00	800,34	10,05
SANTA FE	Picasa 4	30,90	23,40	16,22	2,58	10,03	73,00	800,34	10,05
SANTA FE	Quirno	30,90	23,40	16,22	2,58	10,03	73,00	800,34	10,05
SANTA FE	Sancti Spiritu	30,90	23,40	16,22	2,58	10,03	73,00	800,34	10,05

Apéndice V: Listado de los eventos de floración indicando géneros y/o especies identificadas por cada cuerpo de agua afectado. (se reporta solamente la fecha con mayores abundancias)

PROVINCIA	SITIO DE ESTUDIO	FECHA EVENTOS DE FLORACIÓN	TIPO DE FLORACIÓN	GENEROS - ESPECIES IDENTIFICADAS (durante la(s) floración(es))
BUENOS AIRES	Arroyo San Miguel	mar-96	s	<i>Microcystis aeruginosa</i>
BUENOS AIRES	El Triunfo	mayo 2013	s	<i>Anabaenopsis elenkinii</i>
BUENOS AIRES	Embalse Paso de las Piedras	abr-00	m	<i>Microcystis aeruginosa</i> - <i>Microcystis flos aquae</i> - <i>Microcystis natans</i> - <i>Dolichospermum circinalis</i>
		mar-05	m	
BUENOS AIRES	Gómez	abr-13	s	<i>Raphidiopsis mediterranea</i>
BUENOS AIRES	La Salada de Monasterio	ene-13	s	<i>Raphidiopsis mediterranea</i>
BUENOS AIRES	Laguna Chasicó	mar-08	m	<i>Microcystis aeruginosa</i> - <i>Planktothrix agardhii</i> - <i>Nodularia spumigena</i>
		feb-08	s	
BUENOS AIRES	Laguna de Lobos	mar-88	s	<i>Raphidiopsis mediterranea</i>
BUENOS AIRES	Laguna de Los Padres	Abril y mayo 2008	s	<i>Raphidiopsis mediterranea</i> - <i>Dolichospermum spiroides</i> - <i>Sphaerospermopsis aphanizomenoides</i>
		mar-08	s	
		sep-06	s	
BUENOS AIRES	Laguna El Paraíso	nov-99	s	<i>Nodularia spumigena</i>
BUENOS AIRES	Laguna Grande (Reserva Humedal Otamendi)	mar-12	m	<i>Microcystis aeruginosa</i> - <i>Planktothrix agardhii</i> - <i>Anabaenopsis elenkinii</i> - <i>Cuspidothrix issatschenkoi</i> - <i>Raphidiopsis mediterranea</i> - <i>Sphaerospermopsis aphanizomenoides</i> - <i>Sphaerospermopsis torques-reginae</i> - <i>Dolichospermum cf bituri</i> - <i>Dolichospermum torques-reginae</i>
		abr-13	m	
		ene-13	m	
		mar-11	m	
		nov-03	s	
BUENOS AIRES	Laguna La Posada	jul-02	s	<i>Planktothrix agardhii</i>

BUENOS AIRES	Laguna Los Patos	dic-10	m	<i>Planktothrix agardhii</i> - <i>Sphaerospermopsis aphanizomenoides</i>
BUENOS AIRES	Laguna Lugano	ago-15	s	<i>Planktothrix agardhii</i>
BUENOS AIRES	Laguna Planetario	mar-99	s	<i>Microcystis aeruginosa</i>
BUENOS AIRES	Laguna San Jorge	nov-05	s	<i>Raphidiopsis mediterranea</i>
BUENOS AIRES	Pila	sep-05	s	<i>Mycrocistis aeruginosa</i>
BUENOS AIRES	Río de La Plata (Costa Argentina)	ene-04	s	<i>Microcystis aeruginosa</i>
BUENOS AIRES	San Miguel del Monte	oct-97	s	<i>Microcystis aeruginosa</i> - <i>Anabaenopsis circularis</i> - <i>Anabaenopsis tanganikae</i> - <i>Raphidiopsis mediterranea</i> - <i>Sphaerospermopsis aphanizomenoides</i>
		nov-97	m	
		mar-51	s	
CHACO	Arroyo El Malhá	ago-09	s	<i>Planktothrix agardhii</i> - <i>Dolichospermum spiroides</i> - <i>Raphidiopsis curvata</i> - <i>Raphidiopsis mediterranea</i>
		oct-05	s	
		ene-02	m	
CHACO	Campo El Refugio - Paraje La Viruela	feb-09	m	<i>Raphidiopsis curvata</i> - <i>Raphidiopsis mediterranea</i> - <i>Sphaerospermopsis torques-reginae</i> - <i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>
CHACO	Charadai	mar-08	s	<i>Sphaerospermopsis aphanizomenoides</i> - <i>Planktothrix agardhii</i> - <i>Raphidiopsis curvata</i> - <i>Raphidiopsis mediterranea</i> - <i>Dolichospermum spiroides</i>
		abr-09	s	
		may-09	m	
CHACO	Cloacal Castelli	sep-11	m	<i>Microcystis aeruginosa</i> - <i>Anabaenopsis elenkinii</i> - <i>Aphanizomenon favaloroi</i>
CHACO	Colonia Baranda	ene-14	s	<i>Dolichospermum circinalis</i> - <i>Dolichospermum spiroides</i> - <i>Sphaerocavum brasiliensis</i>
		oct-14	m	
CHACO	Embalses A, B, C	Sin dato	s	<i>Dolichospermum spp</i> - <i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>
CHACO	Hermoso Campo	sep-03	m	<i>Raphidiopsis curvata</i> Skuja - <i>Raphidiopsis mediterranea</i>
CHACO	Laguna Barranqueras	Primavera	s	<i>Dolichospermum planctonicum</i>
CHACO	Laguna El Moncholo	oct-11	m	<i>Dolichospermum spiroides</i> - <i>Dolichospermum affine</i> - <i>Dolichospermum helicoideum</i> - <i>Dolichospermum planctonicum</i> - <i>Microcystis</i>
		abr-14	s	

				<i>aeruginosa</i>
CHACO	Laguna La Verde	ene-08	s	<i>Dolichospermum spiroides</i>
CHACO	Las Breñas	ene-05	s	<i>Dolichospermum spiroides</i> - <i>Raphidiopsis curvata</i> - <i>Raphidiopsis mediterranea</i> - <i>Dolichospermum</i> <i>viguieri</i> - <i>Sphaerocavum</i> sp
		nov-10	m	
		ene-12	s	
CHACO	Nueva Pompeya	sep-04	s	<i>Raphidiopsis curvata</i> - <i>Raphidiopsis</i> <i>mediterranea</i> - <i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>
		sep-08	s	
		jul-04	s	
CHACO	Remanso del Río Negro - Miraflores	sep-08	s	<i>Dolichospermum viguieri</i>
CHACO	Represa Colonia Aborigin	jul-06	s	<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>
CHACO	Represa Machagai	dic-06	s	<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i> - <i>Anabaenopsis</i> <i>milleri</i> - <i>Cuspidothrix issatschenkoi</i> - <i>Dolichospermum viguieri</i> - <i>Sphaerospermopsis</i> <i>torques-reginae</i> - <i>Planktothrix cf agardhii</i> - <i>Raphidiopsis mediterranea</i>
		sep-13	m	
		dic-07	s	
		ago-13	m	
CHACO	Represa Pampa Argentina	jul-06	s	<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>
CHACO	Represa Pampa del Indio	jul-06	s	<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>
CHACO	Reservorio Samuhú	ago-08	m	<i>Planktothrix agardhii</i> - <i>Raphidiopsis curvata</i> - <i>Raphidiopsis mediterranea</i> - <i>Cylindrospermopsis</i> <i>raciborskii</i>
CHACO	Río Salado	sep-09	s	<i>Planktothrix agardhii</i> - <i>Raphidiopsis curvata</i> - <i>Cylindrospermopsis raciborskii</i> - <i>Raphidiopsis</i> <i>mediterranea</i>
		dic-05	m	
		nov-05	s	
CHACO	Río Salado (Puente Parra)	oct-07	s	<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>
CHACO	Río Salado Norte	Sin Dato	s	<i>Anabaenopsis circularis</i>
CHACO	Roque Sáenz Peña	ene-14	m	<i>Sphaerospermopsis aphanizomenoides</i> - <i>Sphaerospermopsis torques-reginae</i> - <i>Microcystis</i> <i>aeruginosa</i> - <i>Dolichospermum spiroides</i>
		feb-08	m	
CHACO	Santa Sylvina	feb-04	s	<i>Microcystis aeruginosa</i> - <i>Raphidiopsis curvata</i> - <i>Raphidiopsis mediterranea</i> - <i>Dolichospermum</i>
		dic-04	s	

		sep-04	s	<i>spiroides</i>
		mar-02	s	
CHACO	Villa Berthet	feb-04	m	<i>Raphidiopsis curvata - Raphidiopsis mediterranea</i>
CHUBUT	Embalse Florentino Ameghino	dic-98	s	<i>Dolichospermum spiroides</i>
CHUBUT	Laguna Chiquichano	Verano 2011 - 2012	s	<i>Microcystis aeruginosa</i>
CHUBUT	Laguna Willimanco - Esquel	sep-89	s	<i>Snowella lacustris</i>
CHUBUT	Río Chubut (Valle inferior)	jun-05	s	<i>Dolichospermum spiroides</i>
CORDOBA	Embalse La Quebrada	may-06	s	<i>Dolichospermum spiroides</i>
CORDOBA	Embalse La Viña (Ingeniero Medina Allende)	primavera-verano	m	<i>Microcystis aeruginosa-Dolichospermum spiroides- Dolichospermum flos - aquae</i>
CORDOBA	Embalse Los Molinos	Sin dato	s	<i>Dolichospermum circinalis</i>
CORDOBA	Embalse Piedras Moras	mar-09	m	<i>Microcystis aeruginosa - Dolichospermum spiroides</i>
CORDOBA	Embalse Rio Tercero	jun-03	s	<i>Microcystis aeruginosa</i>
CORDOBA	Embalse San Roque	dic-99	m	<i>Microcystis aeruginosa - Dolichospermum spiroides</i>
		dic-2002	s	
CORDOBA	Laguna de Suco	mar-10	s	<i>Aphanizomenon flos-aquae - Planktothrix agardhii</i>
		oct-09	s	
CORDOBA	Laguna Villa Dalcar	verano 2006	s	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>
CORRIENTES	Embalse Yacyretá - Bahía Santa María	may-04	s	<i>Microcystis aeruginosa</i>
CORRIENTES	Laguna 17 Chica	ene-09	s	<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>
CORRIENTES	Laguna 17 Grande	jul-09	s	<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>
CORRIENTES	Laguna Aeroclub	mar-06	s	<i>Aphanizomenon platense - Cylindrospermopsis raciborskii - Microcystis aeruginosa - Microcystis wesenbergii</i>
		jul-07	s	
		oct-06	s	
		nov-06	s	

CORRIENTES	Laguna Areco	mar-08	s	<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>
CORRIENTES	Laguna Correa	oct-08	m	<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i> , <i>Dolichospermum perturbatum</i> , <i>Aphanizomenon gracile</i>
CORRIENTES	Laguna Escuela Agrotécnica. Bella Vista	ago-08	m	<i>Raphidiopsis curvata</i> - <i>Raphidiopsis mediterranea</i> - <i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>
CORRIENTES	Laguna Gallego	ene-09	s	<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>
CORRIENTES	Laguna Iberá (Sitio pedraplén)	may-08	m	<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>
		feb-08	s	
CORRIENTES	Laguna INTA	sep-09	s	<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>
CORRIENTES	Laguna Soto	may-08	s	<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>
CORRIENTES	Laguna Toro. Bella Vista	jul-08	m	<i>Raphidiopsis mediterranea</i> - <i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>
		mar-08	s	
		ago-08	m	
CORRIENTES	Río Paraná- Ciudad de Corrientes	abr-04	s	<i>Microcystis aeruginosa</i> - <i>Dolichospermum spiroides</i> - <i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>
		abr-81	s	
CORRIENTES	Río Paraná - Ituzaingó	nov-12	s	<i>Microcystis aeruginosa</i>
CORRIENTES	Río Paraná-Puerto Valle (margen argentina) (E 4MI)	Noviembre - diciembre 2005, enero-febrero 2006	s	<i>Microcystis aeruginosa</i>
CORRIENTES	Río Paraná (Transecta Puerto Valle (Argentina)-San Cosme (Paraguay) (E 4C)	Noviembre diciembre 2012	s	<i>Microcystis aeruginosa</i>

CORRIENTES	Río Paraná- aguas arriba de la presa sobre brazo principal (E 10MI)	Octubre-noviembre-diciembre 2008, enero-febrero 2009	s	<i>Microcystis aeruginosa</i>
CORRIENTES	Río Paraná (Itá Ibaté)	feb-04	s	<i>Microcystis aeruginosa</i> - <i>Dolichospermum spiroides</i> - <i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>
		ene-78	s	
CORRIENTES	Río Uruguay. Ciudad de Monte Caseros	abr-08	m	<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i> - <i>Aphanizomenon schindleri</i> - <i>Microcystis aeruginosa</i> - <i>Dolichospermum spiroides</i>
		feb-08	m	
CORRIENTES	Río Uruguay. Ciudad de Paso de Los Libres	may-09	s	<i>Aphanizomenon schindleri</i> - <i>Dolichospermum spiroides</i> - <i>Cylindrospermopsis raciborskii</i> - <i>Microcystis aeruginosa</i>
		ene-08	s	
		abr-08	s	
		feb-08	s	
CORRIENTES	Río Uruguay. Ciudad de Santo Tomé	mar-08	m	<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i> - <i>Aphanizomenon schindleri</i> - <i>Dolichospermum spiroides</i> - <i>Microcystis aeruginosa</i>
		feb-08	s	
		abr-08	s	
ENTRE RIOS	Embalse Salto Grande (brazos laterales)	abr-09	m	<i>Microcystis aeruginosa</i> - <i>Dolichospermum circinalis</i> - <i>D. planctonicum</i> - <i>D. spiroides</i>
ENTRE RIOS	Río Uruguay - Fray Bentos (costa argentina)	feb-09	m	<i>Microcystis aeruginosa</i> - <i>Dolichospermum spiroides</i> - <i>Dolichospermum circinale</i>
ENTRE RIOS	Río Uruguay - Fray Bentos (costa uruguaya)	feb-09	m	<i>Microcystis aeruginosa</i> - <i>Dolichospermum pseudocompactum</i>
ENTRE RIOS	Río Uruguay - Nueva Berlín	feb-08	m	<i>Microcystis aeruginosa</i>
		ene-06	s	

FORMOSA	Comandante Fontana - Laguna Estancia Altos del Guayacán	sin dato	m	<i>Arthrospira platensis - Anabaenopsis milleri</i>
LA PAMPA	Laguna Bajo Giuliani	feb-00	s	<i>Microcystis flos-aquae - Anabaenopsis arnoldi - Arthrospira platensis</i>
		mar-00	m	
LA PAMPA	Laguna Don Tomás	dic-11	s	<i>Planktothrix agardhii</i>
MISIONES	Itaembé	jul-11	m	<i>Microcystis aeruginosa - Dolichospermum circinalis - Microcystis novacekii - Dolichospermum spiroides - Microcystis wesenbergii</i>
		ene-12	s	
		oct-12	s	
		ene-13	m	
		jul-13	m	
MISIONES	Zaimán	Junio - Julio 2012	m	<i>Microcystis aeruginosa-Aphanizomenon schindleri-Cuspidothrix issatschenkoi</i>
MISIONES	Embalse Uruguay-í	mar-93	s	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>
MISIONES	Río Uruguay - Ciudad de Panambí	abr-08	m	<i>Microcystis aeruginosa - Cylindrospermopsis raciborskii - Aphanizomenon schindleri - Dolichospermum spiroides</i>
		mar-09	s	
NEUQUEN	Embalse Mari Menuco	mar-08	m	<i>Dolichospermum circinalis, spiroides y lemmermani</i>
RIO NEGRO-NEUQUEN	Embalse Ezequiel Ramos Mexia (El Chocón)	dic-96	m	<i>Dolichospermum circinalis, spiroides y lemmermani</i>
RIO NEGRO	Laguna Carlos Pellegrini	Enero a junio 1985	s	<i>Microcystis aeruginosa - Dolichospermum spiroides</i>
		Marzo y abril 1983	s	
NEUQUEN	Río Limay - Ciudad de Neuquén	dic-04	m	<i>Dolichospermum circinalis, spiroides y lemmermani</i>
SALTA	Embalse Cabra Corral	may-07	s	<i>Microcystis aeruginosa</i>

SALTA	Embalse El Tunal	Sin dato	m	<i>Mycrocystis aeruginosa, Dolichospermum spiroides, D. circinalis, D. flos aquae</i>
SAN LUIS	Embalse de Cruz de Piedra	Sin dato	m	<i>Dolichospermum spiroides - Dolichospermum circinalis- Microcystis aeruginosa</i>
SAN LUIS	Embalse Roca	Sin dato	m	<i>Aphanizomenon sp (aff flos aque) - Microcystis aeruginosa - Raphidiopsis mediterranea</i>
SAN LUIS	La Florida	Verano 1995	m	<i>Dolichospermum spiroides - Microcystis aeruginosa</i>
SAN LUIS	Potrero de los Funes	Verano - otoño 1996	m	<i>Dolichospermum spiroides - Microcystis aeruginosa</i>
TUCUMAN	Embalse El Cadillal (Dr. Gelsi)	dic-96	m	<i>Microcystis aureginosa - Dolichospermum flos - aquae</i>
		jun-88	s	
TUCUMAN - SANTIAGO DEL ESTERO	Embalse Rio Hondo	jun-92	m	<i>Microcystis aureginosa - Dolichospermum flos - aquae</i>
SANTA FE	Correntoso	Febrero a abril de 1988	m	<i>Sphaerospermopsis aphanizomenoides - Raphidiopsis mediterranea</i>
SANTA FE	El Tigre	nov-86	s	<i>Dolichospermum planctonicum</i>
SANTA FE	Lago del parque General Belgrano (Parque Sur)	nov-74	s	<i>Microcystis aeruginosa - Dolichospermum spiroides - Anabaenopsis arnoldi</i>
		feb-74	m	
SANTA FE	Laguna - Estanque Portmann	dic-96	s	<i>Dolichospermum spiroides</i>
SANTA FE	Laguna Bedetti	Febrero 2000	m	<i>Anabaenopsis arnoldi - Aphanizomenon aphanizomenoides -</i>
		mar-00	m	
SANTA FE	Río Salado (Balneario Brig. Gral. López)	17 de enero 2000	s	<i>Anabaenopsis arnoldii, Anabaenopsis nadsonii</i>
		4 de febrero 2000	s	
SANTA FE	Río Santa Fe (Puerto de Santa Fe Dique 1)	dic-01	s	<i>Microcystis aeruginosa</i>
SANTA FE	Badenia	ago-11	s	<i>Arthrospira sp.</i>

SANTA FE	Bellavista	ene-10	s	<i>Nodularia spumigena</i>
SANTA FE	Carmen B	ene-10	m	<i>Anabaenopsis elenkinii - Anabaenopsis cf. milleri</i>
SANTA FE	Encadenadas 3	ene-10	s	<i>Arthrospira sp. - Raphidiopsis mediterranea</i>
		ago-09	s	
SANTA FE	Encadenadas 4	ene-10	m	<i>Planktothrix cf. agardhii - Raphidiopsis mediterranea</i>
SANTA FE	Encadenadas 5	ene-10	m	<i>Anabaenopsis elenkinii - Cuspidotrix sp - Raphidiopsis mediterranea</i>
SANTA FE	La Dulce	ago-11	m	<i>Anabaenopsis elenkinii - Anabaenopsis cf. milleri - Raphidiopsis curvata</i>
SANTA FE	Los Flamencos	ago-10	s	<i>Coelosphaerium kuetzingianum Arthrospira sp.</i>
		ago-11	s	
SANTA FE	Maggiollo Este	ene-10	s	<i>Arthrospira sp.</i>
SANTA FE	Maggiollo Oeste	ene-10	s	<i>Arthrospira sp.</i>
SANTA FE	María Teresa	ago-09	s	<i>Arthrospira sp. - Anabaenopsis elenkinii - Anabaenopsis cf. milleri - Raphidiopsis mediterranea - Raphidiopsis curvata</i>
		ago-11	m	
SANTA FE	Martín García	ene-10	s	<i>Nodularia spumigena</i>
SANTA FE	Morgan	ene-10	m	<i>Nodularia spumigena - Anabaenopsis milleri</i>
SANTA FE	Muelle 1	ago-11	s	<i>Arthrospira sp.</i>
SANTA FE	Picasa 4	ene-10	m	<i>Anabaenopsis elenkinii - Anabaenopsis milleri - Sphaerospermopsis aphanizomenoides - Cuspidotrix sp - Coelosphaerium kuetzingianum</i>
SANTA FE	Quirno	ene-10	s	<i>Sphaerospermopsis aphanizomenoides</i>
SANTA FE	Sancti Spiritu	ago-11	s	<i>Arthrospira sp.</i>