



# **MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA EN EL EMBALSE YACYRETÁ**

**Informe campaña mes de septiembre de 2020**

**ANALISIS DE FITOPLANCTON**

## MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA EN EL EMBALSE YACYRETÁ

### Informe campaña mes de septiembre de 2020. Análisis de Fitoplancton

Variación de la densidad (D), riqueza (RE), diversidad específica (H) y equitatividad (E) de la comunidad fitoplanctónica y densidad y células por mililitro de Cianobacterias potencialmente tóxicas (Cél/ml) en las distintas estaciones analizadas en la campaña de monitoreo de Calidad de Agua: septiembre-octubre de 2020.

Estaciones	FITOPLANCTON				CIANOBACTERIAS		
	D	RE	H	E	Den. cianob	Cel/ml Microcystis	Cél/ml Dolichospermun
Bahía Sta María (cód. 6800)	2097	19	1,83	0,43	272	22300	700
Bahía Sta María-Comp. (cód. 6800)	1505	18	2,04	0,49	210	18200	---
# EI-10MI (cód. 3410)	1331	23	2,86	0,63	365	50000	1500
# EI-10MI-Comp. (cód. 3410)	1158	23	2,63	0,58	223	44400	---
# Candelaria C	454	27	3,32	0,70	91	4200	2200
# Toma de Agua Posadas	609	19	2,31	0,54	17	2400	---
A. Zaimán (cód. 6310)	3507	43	4,19	0,77	44	1500	---
A. Zaimán (cód. 6300)	1143	18	3,06	0,73	24	2000	---
A. Mártires (cód. 6500)	4008	19	1,78	0,42	36	12000	1200
A. Mártires (cód. 6510)	7532	29	1,68	0,35	42	8400	700
A. Garupá (cód. 6240)	4929	13	1,78	0,48	---	---	---
A. Garupá (cód. 6215)	3191	13	1,42	0,38	12	---	---
A. Pindapoy (cód. 6230)	3490	15	2,47	0,63	---	---	---
A. Yacarey (cód. 6710)	6120	26	1,81	0,38	387	40500	7200
A. Yacarey-Comp. (cód. 6710)	5434	21	1,80	0,41	78	34000	1300
A. Yabebiry (cód. 6100)	1517	12	2,37	0,66	7	---	---
A. Itaembé (cód. 6600)	3422	19	1,27	0,30	60	2250	2100
A. Itaembé-Comp. (cód. 6600)	1011	12	1,71	0,48	16	2000	800
A. Ita (cód. 6410)	8022	27	2,30	0,48	40	---	---
A. Antonica (cód. 6430)	2733	30	2,86	0,58	20	1000	---

# Muestras adicionales

El recuento de fitoplancton se realizó utilizando el método de Utermöhl (1958) que consiste en la sedimentación de organismos en cámaras de recuento Hydrobios de 10 ml de capacidad para luego cuantificar en microscopio invertido Olympus a 400 aumentos.

**NOELMA R. MEICHTRY**  
 Mag. Econ. Acuicultura Continental  
 Proj. Estudio Comunidades y Bentónicas  
 UNaM - Misiones



En las estaciones del cuerpo principal del embalse la densidad del fitoplancton en las muestras superficiales fue moderada variando entre 454 (Candelaria) y 2097 ind/ml (Bahía Santa María).

En los subembalses la densidad del fitoplancton fue más elevada oscilando entre 1011 (Subembalse Itaembé-Compensada) y 8022 ind/ml (Subembalse Itá).

En el agua superficial de las estaciones EI-10MI, Bahía Santa María y subembalse Yacarey se registró la densidad de Cianobacterias potencialmente tóxicas más elevada con valores que superaron las 20000 cél/ml (mayor a 50000 en la EI-10MI) estando en un nivel de alerta I, de acuerdo a la OMS, con una probabilidad de riesgo moderado de efectos nocivos sobre la salud por el agua destinada al consumo y riesgo de bajo a moderado a nivel recreativo (Chorus & Bartram 1999, Giannuzzi et al. 2011).


En la zona de la toma de agua de la ciudad de Posadas la densidad de cianobacterias potencialmente tóxicas fue de 2400 cél/ml, con riesgo bajo para la salud por el agua destinada al consumo (Chorus & Bartram 1999).

Los géneros potencialmente tóxicos registrados fueron *Microcystis aeruginosa*, *M. novaceki* especies coloniales que producen floraciones acumulativas en la superficie del agua y *Dolichospermum (Anabaena) circinalis* especie filamentosas que también produce floraciones superficiales visibles a simple vista.

## CIANOBACTERIAS Y PRODUCCIÓN DE TOXINAS

El incremento del desarrollo masivo de blooms de Cianofíceas toxigénicas tanto en agua dulces como en zonas costeras de nuestro país, es un problema sanitario, ecológico y económico que impacta negativamente en la calidad del agua para suministro público, la pesca y la recreación. El aumento de las floraciones tóxicas debe ser un motivo de preocupación y sus alcances y consecuencias deben ser dimensionados (Salerno *et al.*, 2005).

El incremento de la biomasa de cianobacterias, además de ocasionar problemas estéticos como la aparición de espumas y olores desagradables, altera el sabor del agua de consumo y al descomponerse, causa desoxigenación lo que influye en la vida de los organismos acuáticos (Cobo, 2015).

  
NCRMA R. MEICHTRY  
Mag. Ecología Acuática Continental  
Proyecto de Cianobacterias y bentónicas  
C.I.D.E.T. - Facultad de UNaM



PROYECTO: ESTUDIO DE LAS COMUNIDADES PLANCTONICAS Y BENTONICAS

C.I.D.E.T. - Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MISIONES

CONVENIO: Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales (UNaM) - Entidad Binacional Yacyretá (EBY)

Calidad de agua – Red de Monitoreo

La potencial toxicidad de los “*blooms*” (o floraciones) está asociada al tamaño, duración y a la presencia de cepas tóxicas. Se sabe que en una misma floración ciertas especies pueden presentar cepas tóxicas, con diferentes rangos de toxicidad y cepas no productoras de toxinas (cianotoxinas). Las toxinas son metabolitos secundarios que se acumulan en el citoplasma en determinadas situaciones. La producción de estas endotoxinas es máxima cuando las condiciones de crecimiento son óptimas. Cuando las condiciones ambientales son desfavorables, las cianobacterias mueren, produciéndose la lisis celular y la liberación de toxinas al medio.

Se ha estimado que más del 50% de las proliferaciones masivas de cianobacterias son nocivas porque producen y liberan compuestos tóxicos (Costa & Azevedo, 1994; Codd *et al.*, 1999), por lo cual es recomendable suponer que una floración es siempre potencialmente tóxica (Pitois *et al.*, 2000).

Las **cianotoxinas** han sido clasificadas por los efectos que causan a los humanos y animales, siendo las más relevantes las neurotoxinas, las hepatotoxinas y las dermatotoxinas (Codd, 1984).

Las **neurotoxinas** (como la anatoxina y la saxitoxina), producidas especialmente por cepas de los géneros *Dolichospermum* (*Anabaena*), *Aphanizomenon*, *Oscillatoria* y *Cylindrospermopsis*, son potentes bloqueadores neuromusculares y producen la muerte por parálisis respiratoria. Los animales pueden ingerir una dosis letal al beber unos pocos mililitros de agua conteniendo altas concentraciones de estos alcaloides.

Las **hepatotoxinas** (como la microcistina, nodularina y cilindrospermopsina) son producidas por cepas de los géneros *Microcystis*, *Dolichospermum* (*Anabaena*), *Oscillatoria*, *Nostoc*, *Cylindrospermopsis* y *Nodularia*. Son péptidos monocíclicos que ocasionan el tipo más común de intoxicación relacionado con las cianobacterias, primariamente tóxicos para el hígado, produciendo la muerte por destrucción y hemorragia hepática en el caso de intoxicación aguda. En dosis subletales presentan un cuadro sintomatológico muy parecido al cólera, con diarrea, vómitos, mareo, fiebre y malestar estomacal. También pueden provocar reacciones alérgicas o irritación de las conjuntivas. Si bien pueden producir intoxicaciones agudas fulminantes, no es de menor importancia el



hecho de que pueden ocasionar intoxicaciones crónicas, en bajas concentraciones y producir carcinogénesis y teratogénesis.

Las **dermatotoxinas** son lipopolisacáridos producidos por cepas de algunos géneros de cianobacterias, entre los que se destacan *Oscillatoria*, *Lyngbya* y *Schizothrix*, y causan severas dermatitis en los bañistas que entran en contacto con los filamentos, provocando también inflamación oral y gastrointestinal.

Las microcistinas son las cianotoxinas más comunes y más ampliamente distribuidas en las aguas dulces. Pueden causar efectos perjudiciales a la salud humana si están presentes en el agua de consumo, como así también a las aves, peces y otros animales.

El monitoreo de los cuerpos de agua y sistemas de suministro para detectar las cianobacterias y las cianotoxinas no es todavía una práctica común en la mayoría de los países del mundo. Mientras que en Brasil existe legislación que obliga a informar sobre la existencia de cianobacterias en el agua de consumo, en **Argentina existe no sólo un vacío legal, sino un desconocimiento general sobre la importancia de estos monitoreos**. Hay una serie de puntos críticos de control en el sistema de agua potable donde se pueden evaluar la densidad de cianobacterias y la concentración de cianotoxinas. Se debe tener en cuenta que las poblaciones de cianobacterias en aguas naturales, especialmente en climas cálidos, pueden duplicar su tamaño en menos de dos días.

### ACCIONES DE MANEJO: NIVELES DE ALERTA

A nivel de **uso recreativo** una valoración del peligro potencial es complicada debido a los numerosos sitios en los cuales las personas pueden entrar en contacto con el agua y por la distribución heterogénea y rápidamente cambiante de las floraciones (Andrinolo & Ruiz, 2011). Un monitoreo de todos los cuerpos de agua de uso recreativo es poco probable de ser realizado, por ello, para evaluar el riesgo se puede optar por enfoques tales la inspección de los sitios y el monitoreo visual incluyendo la participación de los responsables de los sitios de baño y del público en general. En este sentido la educación cumple un rol fundamental. **Un programa de vigilancia intensificado y monitoreo**



**PROYECTO: ESTUDIO DE LAS COMUNIDADES PLANCTONICAS Y BENTONICAS**  
**C.I.D.E.T. - Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales**  
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE MISIONES**


**CONVENIO: Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales (UNaM) - Entidad Binacional Yacyretá (EBY)**  
**Calidad de agua – Red de Monitoreo**


**debería aplicarse durante los periodos de mayor probabilidad de acumulaciones de floraciones o espumas de cianobacterias.**


**Categorías de riesgo por efectos adversos sobre la salud en aguas para uso recreativo**  
**(Chorus & Bartram, 1999).**

AGUAS DE USO RECREATIVO			
NIVEL GUIA	CIANOBACTERIAS	RIESGO PARA SALUD	MEDIDAS RECOMENDADAS
Vigilancia	1 colonia o 5 filamentos	<b>NO HAY RIESGO</b>	Monitoreo regular
1	Cianobacterias: 20.000 cél/ml  Clorofila a: 10 µg L <sup>-1</sup> (con dominancia de cianobacterias)	<b>LEVE O BAJO</b> Efectos adversos de corto plazo (irritación de la piel, problemas gastrointestinales). Probablemente en baja frecuencia.	Monitoreo e inspección ocular de los sitios. Colocar avisos de riesgo y señales de advertencia. Informar a las autoridades de Salud Pública.
2	Cianobacterias: 100.000 cél/ml  Clorofila a: 50 µg L <sup>-1</sup> (con dominancia de cianobacterias)	<b>MODERADO</b> Potenciales enfermedades de largo plazo (con algunas especies de cianobacterias). Efectos adversos de corto plazo (irritación de la piel, problemas gastrointestinales).	Observar cuidadosamente la formación de cúmulos de algas. Restringir el uso de aguas para baño. Investigar el peligro. Colocar señales o avisos de riesgo en las playas. Informar a las autoridades de Salud Pública.
3	Presencia de acumulaciones de algas (floraciones, bloom (scums). En sitios de baño	<b>ALTO O ELEVADO</b> Intoxicación aguda potencial. Potenciales enfermedades de largo plazo (con algunas especies de cianobacterias). Efectos adversos de corto plazo (irritación de la piel, problemas gastrointestinales).	Acción inmediata para prevenir el contacto con las acumulaciones de algas. Posible prohibición de actividades de contacto directo (baño). Seguimiento de la salud pública. Investigar el peligro. Información a autoridades de Salud Pública y a la población.

Otro esquema es el que sugiere la OMS (Organización Mundial de la Salud) donde establece los niveles y estándares de riesgo a nivel recreativo, usando distintos colores para establecer los riesgos, teniendo en cuenta lo siguiente:

1) **Relativamente poco riesgo de efectos nocivos:** recuento de fitoplancton 20.000 cél mL<sup>-1</sup>, 10µg L<sup>-1</sup> de clorofila-a (Microcystina (MC): 4µg L<sup>-1</sup>) (Verde). 

2) **Probabilidad moderada de efectos nocivos:** 100.000 cél mL<sup>-1</sup>, 50µg. L<sup>-1</sup> de clorofila-a (MC: 20 µg L<sup>-1</sup>) (Amarillo). 

3) **Alta probabilidad de efectos nocivos:** Espumas (Rojo). 

  
**NORMA R. MEICHTRY**  
 Mag. Ec. Acuática Continental  
 Proj. ... y bentónicas



**PROYECTO: ESTUDIO DE LAS COMUNIDADES PLANCTONICAS Y BENTONICAS**  
**C.I.D.E.T. - Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales**  
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE MISIONES**

**CONVENIO: Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales (UNaM) - Entidad Binacional Yacyretá (EBY)**  
**Calidad de agua – Red de Monitoreo**

Un marco de trabajo que puede ser usado por operadores de **plantas potabilizadoras** o por personas encargadas de la toma de decisiones considerando **NIVELES DE ALERTA**, es una secuencia de acciones de manejo y monitoreo.

Se consideran tres etapas umbrales y la secuencia de respuestas se basa en la detección de cianobacterias en distintos niveles:

**1-Nivel de Vigilancia - OMS:** en aguas de consumo. Comprende los estadios tempranos del desarrollo de cianobacterias, cuando se encuentran en forma dispersa. El valor indicativo es **1 colonia o 5 filamentos de Cianobacterias por ml.**

**2-Nivel de Alerta 1 - OMS:** en aguas de consumo **>2000 cél./ml.** (>1 microgr. Clo a/l). Este nivel requiere la evaluación del desarrollo de la floración y análisis de toxinas por técnicas cuantitativas, dependiendo de la concentración de Cianobacterias tóxicas.

**3-Nivel de Alerta 2 – OMS:** en aguas de consumo **100.000 cél./ml** (50 microgramos Clo a/l) y presencia de toxinas confirmada. Las condiciones de éste nivel indican un incremento significativo en el riesgo sobre efectos adversos en la salud por un suministro de agua que no es tratado, o es tratado con un sistema no efectivo inclusive a corto plazo.

La Organización Mundial de la Salud (Chorus & Bartram, 1999) propone a modo orientativo realizar acciones y dar respuesta a través de los siguientes umbrales de acción:

**Categorías de riesgo por efectos adversos sobre la salud en aguas para consumo humano (Chorus & Bartram, 1999).**

NIVEL DE ALERTA	SITUACIÓN	RIESGO PARA SALUD	MEDIDAS RECOMENDADAS
VIGILANCIA	Cianobacterias: 200 cél/ml 1 colonia o 5 filamentos Clorofila a: 0,1 µg L <sup>-1</sup>	No hay riesgo	Monitoreo regular.
1	Cianobacterias: >2000 cél/ml Clorofila a: de 1 µg L <sup>-1</sup> con dominancia de cianobacterias	Probabilidad de riesgo: <b>BAJO A MODERADO</b>	Monitoreo y seguimiento del desarrollo de algas. Incremento en la frecuencia de muestreo. Análisis de toxinas. Adaptación de los métodos de tratamiento del agua. Comunicación con las autoridades de salud y aviso al público.
2	Cianobacterias: <100.000 cél/ml Clorofila a: 50 µg L <sup>-1</sup> Dominancia de cianobacterias y presencia de toxinas confirmada	<b>MODERADO A ALTO</b>	Presencia de un bloom tóxico. Plan de contingencia. Incremento del riesgo sobre la salud si el agua no es tratada convenientemente.
3	Cianobacterias: >100.000 cél/ml Clorofila a: >50 µg L <sup>-1</sup> Dominancia de cianobacterias y presencia de toxinas confirmada	<b>MUY ALTO</b>	Espumas, floraciones. Alto riesgo para la salud humana (y de animales). Advertencia al público y autoridades. Evitar el consumo de agua si esta no es tratada adecuadamente. Buscar fuentes alternativas de agua y continuar con los recuentos. Seguimiento del desarrollo del bloom, hasta su declinación.



En Brasil, los valores límites fueron adaptados a las características propias de sus ambientes y se han establecido en una norma legal (Portaria MS 518 de 2004, ex 1469/2000) **la cual establece la obligación de realizar recuentos de fitoplancton y Cianobacterias en los puntos de captación del agua destinada a abastecimiento público y análisis de cianotoxinas cuando la concentración excede las 20000 cél/ml.**

- Hasta 10000 cél/ml (1 mm<sup>3</sup> de biovolumen). Monitoreo mensual de Cianofíceas (recuento de células).
- De 10000 a 20000 cél/ml (1-2 mm<sup>3</sup>). Monitoreo semanal de Cianofíceas (principalmente en los puntos de captación de agua).
- A partir de 20000 cél/ml. Monitoreo semanal más análisis de toxicidad.

En **Canadá** la concentración máxima aceptable para proteger a la población de efectos crónicos es de 1,5 microgramos de microcistina por litro de agua (Guidelines for Canadian drinking water quality).

En **Australia** se da un alerta (en las aguas de abastecimiento) cuando el nivel de Cianobacterias conocidas por producir gusto y olor (geosmina y MIB) excede las 2000 células/ml. Sin embargo, con *Microcystis*, la ausencia de gusto y olor no significaría la ausencia de toxinas.

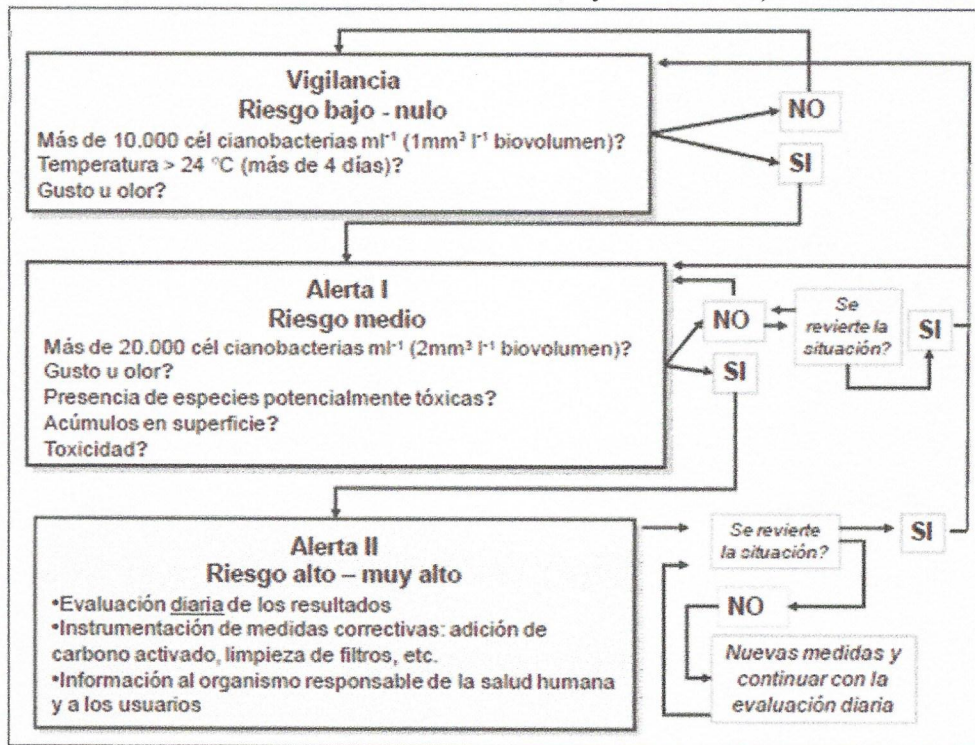
En **Argentina** las normativas en materia de calidad del agua no contemplan la obligatoriedad de detectar y medir toxinas de cianobacterias, como tampoco la vigilancia y control de cianofíceas en ambientes utilizados para el abastecimiento de agua potable.

**En nuestro país el riesgo relativo de tener problemas de salud a causa de las floraciones de cianobacterias es alto debido a que el tratamiento del agua potable no cumple con los procesos para eliminar toxinas (filtros de carbón activado, ozonización) y no existe información de monitoreo que indiquen la presencia de cianobacterias y sus toxinas en los cuerpos de agua utilizados como fuente de abastecimiento.**




### Arbol de decisión para Agua Potable

Arbol de decisión incorporando los tres niveles, vigilancia, alerta I y alerta II para el monitoreo de floraciones de cianobacterias potencialmente tóxicas en fuentes de agua para potabilizar. Simplificado de varias fuentes (Chorus & Bartram 1999; Brasil 2004; Cybis et al. 2006). Tomado de Bonilla, 2009.



Como no existen tratamientos para las intoxicaciones con cianotoxinas es necesario implementar una serie de medidas preventivas y correctivas (como por ejemplo: control de la eutrofización, monitoreo y control de la calidad del agua). Se evidencia la necesidad del monitoreo periódico de la calidad del agua a fin de prevenir los efectos negativos de las floraciones toxigénicas y poder predecir la aparición de las mismas, para disminuir los potenciales riesgos sanitarios de esta problemática.

Por lo tanto, se recomienda la vigilancia y el monitoreo periódico de Cianobacterias para garantizar una calidad del agua adecuada a los diversos usos, principalmente entre los meses de noviembre a abril. También es necesario el conocimiento de las diferentes variables ambientales que influyen o desencadenan la aparición de las floraciones, como un factor fundamental para la prevención y el control.

  
Norma R. Meichtry  
Mag. Ecología Acuática Continental  
Proy. Comunidades Planctónicas y Bentónicas  
FCEQyN - UNaM