



**Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas
de los Ríos Limay, Neuquén y Negro**

SECRETARÍA DE GESTIÓN AMBIENTAL

INFORME CALIDAD DE AGUA DEL EMBALSE RAMOS MEXÍA

Período 2010 – 2021



CIPOLLETTI, octubre 2021



Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas de los Ríos Limay, Neuquén y Negro

AUTORIDADES

Consejo de Gobierno:

- *Presidente: Ministro del Interior
Dr. Eduardo DE PEDRO*
- *Gobernador de la Provincia del Neuquén
Cdr. Omar GUTIERREZ*
- *Gobernadora de la Provincia de Río Negro
Lic. Arabela CARRERAS*
- *Gobernador de la Provincia de Buenos Aires
Lic. Axel KICILLOF*

Comité Ejecutivo:

- ✓ *Presidente
Representante de la Pcia. de Río Negro
Ing. Fernando CURETTI*
- ✓ *Representante de la Pcia. del Neuquén
Ing. Elías Alberto SAPAG*
- ✓ *Representante de la Pcia. de Buenos Aires
Lic. Javier REYES BONFIGLI*
- ✓ *Representante del Estado Nacional
Dn. Daniel FIGUEROA*

Propietario: Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas de los Ríos Limay, Neuquén y Negro.

Número de Propiedad Intelectual (en trámite) (*).

Director de la Publicación: Presidente del Comité Ejecutivo.

Foto de portada: Floración de cianobacterias en el embalse E. Ramos Mexía.

(*) Se autoriza el copiado y/o duplicado de la información contenida en este ejemplar, siempre que se cite la fuente.

INFORME CALIDAD DE AGUA DEL EMBALSE RAMOS MEXÍA

Período 2010 – 2021

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	4
1.1. Antecedentes.....	4
1.2. Objetivos.....	5
2. ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	5
2.1. Área de estudio.....	5
2.2. Programas de monitoreo.....	9
2.3. Plan Local Ante Emergencias por Floraciones Algales.....	11
3. RESULTADOS – CALIDAD DE AGUA DEL EMBALSE.....	15
3.1. Características físico-químicas, nutrientes, clorofila y bacteriología.....	15
3.2. Fitoplancton.....	24
4. RESULTADOS – CYANOPHYTA EN EL EMBALSE RAMOS MEXÍA.....	31
4.1. Dinámica temporal de la densidad del grupo Cyanophyta.....	31
4.2. Sistema de Niveles de Alerta y Avisos en el PLEFA.....	32
4.3. Pronóstico de Alerta Temprana de Floraciones Algales.....	34
5. CONCLUSIONES.....	36
6. RECOMENDACIONES.....	37
7. BIBLIOGRAFÍA.....	39
8. ANEXOS	42
8.1. Mapa: Cuencas de aporte al embalse E. Ramos Mexía.....	43
8.2. Mapa: Sitios de muestreo en el embalse E. Ramos Mexía.....	44
8.3. Diagrama de flujo del Protocolo de acción del PLEFA.....	45

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

Desde el año 1995, la Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro (AIC) monitorea la calidad del agua de los cuerpos de agua existentes dentro de su jurisdicción, ejecutando distintos Programas de Calidad de Agua. Los registros de las distintas variables de calidad de agua monitoreadas en el embalse Exequiel Ramos Mexía (ERM) y presentadas en este informe, surgen de los siguientes Programas: 1- Planes Anuales de Monitoreo ejecutados por el concesionario hidroeléctrico de la represa El Chocón, en el marco de sus obligaciones establecidas en el contrato de concesión; 2- Programa de Floraciones Algales; 3- Aptitud de Áreas Recreativas; los últimos dos ejecutados conjuntamente por la AIC y las jurisdicciones.

Las condiciones ambientales particulares del embalse ERM favorecen el desarrollo de floraciones de cianobacterias en sus aguas (Guarrera *et al.*, 1981; AIC *et al.*, 1996 y 1998; Labollita, 2011), por ello en el año 2016 se estableció un Plan Local ante Emergencias por Floraciones Algales (PLEFA) en Villa El Chocón, en forma conjunta con el municipio, y del cual participan instituciones y organismos comprometidos con dicha problemática local. Asimismo, el PLEFA se encuentra dentro del Sistema de Emergencias Ambientales (SEA) conformado por la AIC y organismos con competencia en materia ambiental y calidad hídrica de las provincias del Neuquén, Río Negro, y del municipio de Patagones. Dentro del PLEFA, la gestión del riesgo ante una floración de cianobacterias se definió en función a dos usos fundamentales del embalse, como fuente de abastecimiento público y recreativo con contacto directo. De este modo se implementó un Sistema de Alertas y Avisos asociado a medidas de gestión para atender la ocurrencia de floraciones.

Complementariamente, a fin de contar con una herramienta adicional predictiva para la gestión de las floraciones de cianobacterias en el embalse ERM y sus impactos hacia aguas abajo, la AIC desarrolló en el año 2020 un pronóstico de alertas tempranas para predecir la ocurrencia de dichos eventos evaluando variables ambientales. De este modo, a partir del pronóstico de temperatura del aire e intensidad del viento (variables climáticas), nivel de cota y caudal erogado (variables de manejo del embalse), y utilizando un modelo, se estima la densidad de cianobacterias esperada en el embalse, la cual se asocia a un determinado nivel de alerta.

1.2. Objetivos

- ✓ Presentar y analizar los datos de calidad del agua en distintas áreas del embalse Exequiel Ramos Mexía para el período 2010 – 2021.
- ✓ Comunicar las acciones de gestión emergentes de la implementación del PLEFA.

2. ASPECTOS METODOLÓGICOS

2.1. Área de estudio

➤ Río Limay

El río Limay representa un importante sistema hídrico que se extiende a lo largo de 500 Km hasta confluir con el río Neuquén y dar origen al río Negro. El río Limay tiene su nacimiento en el lago Nahuel Huapi y drena una superficie total de 60671 Km² (AIC, 2016) con un caudal medio anual de 720 m³/s. Posee un régimen irregular de tipo fluvio-nival presentando oscilaciones muy dispares según años secos o húmedos. Su hidrograma anual presenta dos picos de crecidas a lo largo del ciclo hidrológico: por precipitaciones invernales de mayor intensidad en el mes de junio, y por la fusión de la nieve en los meses de octubre a noviembre (AIC, 2011). Tiene un flujo unidireccional con un desnivel cercano a los 500 m, siendo sus principales afluentes son los ríos Traful y Collón Cura, con un Qm de 36 m³/s y 276 m³/s, respectivamente (AIC, 2011). Considerando la magnitud del aporte hídrico, la cuenca del río Limay puede subdividirse en dos zonas con características muy diferentes. La cuenca superior comprendida entre la cordillera de los Andes y la confluencia de los ríos Limay y Collón Cura, y la cuenca inferior que alcanza hasta la confluencia de los ríos Limay y Neuquén. La cuenca superior, donde se concentran las mayores precipitaciones es hídricamente más activa que la cuenca inferior, que presenta volúmenes de escorrentía de menor magnitud. Las características hidrológicas del río Limay le otorgan un enorme potencial hidroeléctrico.

En la actualidad, sobre el cauce del río Limay existen cinco aprovechamientos hidroeléctricos que han embalsado el río dando lugar a la formación de los embalses de la región del Comahue. Estos son utilizados con múltiples objetivos, tales como generación hidroeléctrica, atenuación de crecidas, abastecimiento de agua para consumo humano, riego y producción acuícola. La primera represa en ser construida fue la de El Chocón en

el año 1977 dando lugar a la formación del embalse ERM, de mayor superficie y volumen embalsado de la cuenca del río Limay (Valicenti, 2004).

➤ Cuenca hidrográfica de aporte al embalse ERM

El embalse ERM se ubica en la cuenca inferior del río Limay considerada hídricamente poco activa, en esta zona las precipitaciones se presentan mayormente en forma de tormentas con chaparrones, y junto con la escasa vegetación presente (provincia fitogeográfica de estepa), dan lugar a una baja permeabilidad e infiltración de los suelos. Por tal motivo, durante eventos de precipitaciones sustanciales las cuencas de aporte presentan un importante escurrimiento superficial, observándose procesos erosivos con arrastre de material y sedimentos que finalmente son aportados a los cuerpos de agua (río, embalse). Las costas del embalse ERM son acantiladas en gran parte y presenta grandes subcuencas de aporte, varias de cursos temporarios que se activan con las precipitaciones. En el mapa 1 del anexo y en la Tabla 1, se presentan las subcuencas de aporte al embalse, siendo la de mayor tamaño la del arroyo Picún Leufú (4186 km²), sobre la margen neuquina (izquierda) en proximidades a la cola del embalse. En tanto desde la margen rionegrina (derecha), el embalse recibe el aporte intermitente de dos arroyos con extensas cuencas que juntas alcanzan un área de 4400 km². En total, la cuenca de drenaje hasta el embalse ERM abarca una superficie de 54749 km², siendo el río Limay el único efluente del embalse que fluye aguas abajo hasta su compensador el dique Arroyito, último embalse del sistema Limay.

Tabla 1: subcuencas de aporte por escorrentía superficial al embalse ERM.

Denominación de la subcuenca de aporte	Área subcuenca de aporte (km ²)	Área Total de subcuencas (km ²)
Cuenca hasta Emb. PPL	36168	42205
Río Limay medio	6037	
A° China Muerta	1656	12544
A° Picún Leufú	4186	
A° Sin nombre	3180	
A° Sin nombre 2	1220	
Cuencas escorrentía directa	2302	
Cuenca hasta Emb. ERM		54749

En cuanto a las características y variables hidrológicas del embalse ERM, en la Tabla 2 se presentan los registros anuales de precipitación, y los promedios anuales de la caudal ingresante, erogado y cota, registradas durante el período 2010 a 2020. La precipitación media para decenio fue de 185 mm, una precipitación mínima anual de 69 mm en el año 2011 y una máxima de 425 mm en el 2016. El caudal ingresante promedio registrado en el decenio fue de 470.6 m³/s, el caudal promedio ingresante mínimo fue de 283.8 m³/s (año 2016) y el ingresante promedio máximo fue de 565.2 m³/s (año 2015). El caudal erogado promedio para el decenio fue de 434.2 m³/s, el promedio mínimo de 324.6 m³/s (año 2017) y el promedio máximo de 537.1 m³/s (año 2015). El embalse presentó una cota promedio de 377.2 msnm para el decenio, una cota mínima de 373.6 msnm (año 2017) y una máxima de 379.0 msnm (año 2015).

En relación a los asentamientos poblacionales en la zona de influencia del embalse ERM, sobre la margen izquierda en jurisdicción de la provincia del Neuquén, se encuentran dos asentamientos. La ciudad de Picún Leufú ubicada sobre la desemboca de la cuenca del arroyo Picún Leufú en la cola del embalse ERM, con una población de 4858 habitantes (Censo INDEC, 2010); y el asentamiento de Villa El Chocón, creado a partir de la construcción del complejo hidroeléctrico, localizada próxima a la represa con una población estable de 2200 habitantes de acuerdo al Censo Municipalidad de Viviendas y Población (Villa El Chocón, 2013). Actualmente dentro del ejido municipal existen dos sectores con diferente suministro de agua y recolección de efluentes, el denominado Casco Viejo de la Villa y el Barrio Llequén. Al tratarse de un asentamiento con perfil turístico, se registra un importante movimiento de personas en época estival incrementando la población visitante durante los meses de verano. Como sucede en otras localidades turísticas, la Villa tiene un gran potencial turístico evidenciando una demanda creciente de servicios e infraestructuras, que conlleva al desarrollo urbanístico de la localidad. En este sentido, se registra un gran número de loteos dentro del ejido del municipio de la Villa, así como en otras áreas sobre las costas del embalse.

Tabla 2: valores promedio, mínimo y máximo registrados en el embalse ERM para las variables precipitación, caudal ingresante y erogado.

AÑO	Precipitación (mm)	Q ingresante* (m³/s)	Q erogado (m³/s)	Cota (msnm)
2010	107	517.2	499.0	377.9
2011	69	479.0	397.5	378.2
2012	112	392.2	468.4	377.1
2013	168	551.2	391.4	376.4
2014	340	483.9	435.9	378.7
2015	161	565.2	537.1	379.0
2016	425	283.8	379.6	376.9
2017	89	449.5	324.6	373.6
2018	258	516.7	484.7	377.1
2019	124	467.7	424.3	376.9
2020	262	422.7	490.9	375.9
PROMEDIO	192	466.3	439.4	377.1
MÍNIMO	69	283.8	324.6	373.6
MÁXIMO	425	565.2	537.1	379.0

* Caudal aguas abajo del embalse Pichi Picún Leufú (estación 02000.58 de la AIC).

➤ **Características morfométricas del embalse Ramos Mexía**

Las características morfométricas de los embalses brindan información sobre el comportamiento de las variables físicas, químicas y biológicas, relacionadas íntimamente a la forma de las cubetas que ocupan. Ésta determina el modo de circulación del agua, influenciando sobre la dinámica de los procesos que ocurren en el agua y en el sedimento (Thornton *et al.*, 1990). Las características morfométricas del embalse ERM se presentan en la Tabla 3 (Labollita & Tesonero, 1999).

Tabla 3: características morfométricas del embalse ERM.

PARÁMETRO	embalse ERM
<i>Ubicación Represa</i>	39°16'06"S 68°45'27"O
<i>Área (Km²)</i>	826
<i>Volumen (Km³)</i>	20.2
<i>Z_m (m)</i>	23.4
<i>Cota máx. (msnm)</i>	381
<i>Var. máx. nivel (m)</i>	10
<i>Área exp. (%)</i>	19.7
<i>T_w (año)</i>	0.96
<i>L₀ (Km)</i>	373
<i>Z_{max.} (m)</i>	60
<i>S_{sc} (Km²)</i>	12544

Referencias:

Z_m : profundidad media L₀ : longitud de línea de costa
 Área exp : Área expuesta potencial Z_{max} : profundidad máxima
 T_w : tiempo de residencia S_{sc} : superf. subcuencas aporte por escorrentía

2.2. Programas de Monitoreo

2.2.1. Sitios de muestreo y frecuencia

Los datos de calidad del agua presentados en este informe surgen de tres Programas de monitoreo específicos que se describen a continuación, y se resumen en la Tabla 4.

Plan Anual de Monitoreo (PAM): surge de las obligaciones contractuales que tiene el concesionario hidroeléctrico de la represa El Chocón, de realizar monitoreos permanentes de calidad de agua del embalse, aplicando técnicas de muestreo y metodologías analíticas específicas requeridas por la AIC. Bajo este Programa se monitorea dos sitios de ambiente lótico (río Limay ingresante al embalse y erogado por la central) y tres sitios de ambiente léntico (en la cola del embalse, en Islas próximo al muro y en la descarga de la PTEC del EPAS). El monitoreo consta de seis muestreos bimestrales al año, colectándose muestras de agua en los estratos superficie y fondo, en los sitios Cola e Islas. En este programa se analizan variables fisicoquímicas, nutrientes y clorofila, con el objetivo de evaluar la calidad del agua del embalse y establecer tendencias en el tiempo de estado trófico.

Programa de Floraciones Algales (FA): tiene como objetivo principal monitorear la ocurrencia de floraciones de cianobacterias en la cuenca, registradas en los embalses Ramos Mexía, Arroyito, Los Barreales y Mari Menuco generalmente en los meses de primavera – verano, trasladándose sus efectos aguas abajo por los ríos Limay, Neuquén y Negro. Particularmente en el embalse ERM, el programa es ejecutado en forma conjunta por el municipio de Villa El Chocón, el EPAS y la AIC. La colección de muestras se realiza en dos sitios del embalse: Boca de Sapo (zona de uso recreativo) y Las Huellas (zona de captación de agua para suministro y uso recreativo), con una frecuencia mensual durante los meses de abril a septiembre, y quincenal de octubre a marzo. La frecuencia de muestreo se intensifica ante la ocurrencia de una floración de cianobacterias, y varía en función de la dinámica, persistencia y toxicidad de la floración. Sobre las muestras colectadas se realiza un análisis taxonómico y recuento de células algales, y ante una floración se realiza la de terminación de Microcistina-LR

Aptitud de Áreas Recreativas (AR): el objetivo de este programa es determinar la aptitud de las áreas recreativas analizando la calidad bacteriológica del agua. En el embalse ERM el programa es ejecutado en forma conjunta por el municipio de Villa El Chocón, Guradafauna de la provincia del Neuquén y la AIC. Se evalúan tres áreas con uso recreativo: Boca de Sapo, Las Huellas y balneario de Picún Leufú, determinando la aptitud del agua en las áreas recreativas de acuerdo con los criterios expuestos por las Guías Canadienses de Calidad de Agua (CCME, 1995 y 2004). Se analiza la concentración *Escherichia coli*, bacteria considerada como el mejor indicador de contaminación de origen fecal tanto humana como de otros animales de sangre caliente (APHA, 1995; EPA, 1999). Las áreas recreativas se consideran aptas cuando la media geométrica (G) de al menos cinco muestras extraídas en un período no mayor a 30 días, no supera las 200 *Escherichia coli* por cada 100 mL de muestra.

Tabla 4: sitios y frecuencia de muestreo y variables registradas en los distintos Programas de monitoreo ejecutados en el embalse ERM.

Sitios de muestreo	Código	Ubicación	Variables analizadas	Programa	Frecuencia de muestreo
Río Limay ingresante a ERM	S1	39°43'48.60"S 69°23'4.40"O	Fisicoquímicas, transparencia, NT, PT, PRS, clorofila <i>a</i>	PAM	bimestral
Cola ERM (sup y fon)	S2s y S2f	39°35'8.84"S 69°10'45.16"O			
Islas ERM (sup y fon)	S3s y S3f	39°17'11.90"S 68°48'26.30"O			
Río Limay saliente ERM	S4	39°15'56.40"S 68°45'13.60"O			
Descarga PTEC	S5	39°15'57.90"S 68°46'17.10"O	E. coli		
Boca de Sapo	S6 AR	39°15'50.43"S 68°47'29.74"O	E. coli	AR	anual
	S6 FA		conteo algal y microcistina-LR	FA	quincenal y mensual
Las Huellas	S7 AR	39°16'20.34"S 68°49'25.61"O	E. coli	AR	anual
	S7 FA		conteo algal y microcistina-LR	FA	quincenal y mensual
Picún Leufú	S8 AR	39°32'15.34"S 69°9'48.56"O	E. coli	AR	anual

PAM: Plan Anual de Monitoreo; AR: Áreas Recreativas; FA: Floraciones Algales.

2.2.2. Variables analizadas y metodologías analíticas

- Fisicoquímicas: temperatura (T), pH, conductividad eléctrica (CE), oxígeno disuelto (OD) y transparencia (Secchi).
- Clorofila *a* (Cl_a): sobre agua filtrada por filtro de fibra de vidrio de 1,2 µm de poro y método espectrofotométrico con corrección por feopigmentos (APHA, 1995).
- Fósforo Total (PT): sobre muestra sin filtrar, método del ácido ascórbico (espectrofotométrico), previa digestión con ácido sulfúrico y persulfato de potasio o amonio (APHA, 1995).
- Fósforo Reactivo Soluble (PRS): sobre muestra de agua filtrada a través de filtro de membrana de 0,45 µm de poro y método del ácido ascórbico (espectrofotométrico) (APHA, 1995).
- Nitrógeno Total (NT): sobre muestra de agua sin filtrar y método de oxidación básica (persulfato de potasio) y reducción de nitratos a nitritos en columna de cadmio (espectrofotométrico) (Grasshoff *et al.*, 1983).
- Sólidos Suspendidos Totales (SST): método gravimétrico. Filtración de la muestra con filtros de fibra de vidrio tipo GF/C de 0,7 µm y secado a 105 °C (APHA, 1995).
- Escherichia coli (E. coli): APHA, AWWA, WEF, 1995. Standard Methods for the examination of water and wastewater (9223 B; 9225 D 3), Ed. 19 th.
- Análisis taxonómico: reconocimiento y determinación de organismos presentes usando claves dicotómicas para grupo de géneros y/o especies (Lund, *et al.*, 1958).
- Densidad fitoplanctónica: recuento de fitoplancton bajo microscopio invertido, según el método de Utermöhl (1958), expresando la densidad como cél/mL.
- Microcistina-LR (cianotoxina): por metodología ELISA – Microcystins – Abraxis (límite de detección 0.1 µg/L).

2.3. Plan Local Ante Emergencias por Floraciones Algales (PLEFA)

El PLEFA se creó en el año 2016 en el marco del Sistema de Emergencias Ambientales (SEA), éste último es una organización destinada a afrontar la ocurrencia de una emergencia de carácter ambiental dentro de la Cuenca de los ríos Limay, Neuquén y Negro. En este sentido, el SEA está integrado por organismos de las provincias del Neuquén, Río Negro y el municipio de Patagones (AIC, 2016). A su vez el Equipo Técnico

de la Mesa local de Villa El Chocón dió origen al PLEFA, con el fin de formalizar las acciones que se venían desarrollando en los Programas de calidad de agua. El alcance del PLEFA es abordar los eventos de floraciones de cianobacterias que ocurren en el embalse ERM que pudieran representar un riesgo a la salud de las personas potencialmente expuestas, ya sea por contacto directo (uso recreativo del embalse) o por consumo de agua de red afectada (uso del embalse como fuente de abastecimiento). Dentro del Plan se establecen las responsabilidades y procedimientos para que las instituciones involucradas actúen ante situaciones de alertas vinculadas a las floraciones de cianobacterias, que puedan originar una emergencia ambiental con efectos en la salud (ver Anexo 8.3 “Diagrama de flujo del Protocolo de acción dentro del PLEFA”).

Las instituciones y organismos integrantes del PLEFA son: el municipio de Villa El Chocón, el Ente Provincial de Agua y Saneamiento (EPAS) de la provincia del Neuquén, Prefectura Naval Argentina (PNA), Gendarmería Nacional, la empresa ENEL Generación El Chocón (concesionaria de la represa El Chocón), el Hospital de Villa El Chocón, la AIC.

2.3.1. Sistema de Alertas

Dentro del PLEFA, la gestión del riesgo ante una floración de cianobacterias se definió en función de dos usos fundamentales del embalse ERM: I- fuente de abastecimiento de agua para consumo con tratamiento previo, y II- uso recreativo con contacto directo. Si bien existen diferentes esquemas que establecen niveles de alerta vinculados a la adopción de medidas para la gestión del riesgo para ambos usos, en el PLEFA se replicó el modelo australiano de alertas ante contingencias en suministros de agua (Falconer, 1993) implementado por la AIC (AIC *et al.*, 1996), y compatible con los valores guía críticos sugeridos posteriormente para la gestión de aguas recreativas (Chorus & Bartram, 1999; Bonilla, 2009; Petcheneshky *et al.*, 2017). Es fundamental contar con un sistema de alerta a fin de minimizar el tiempo entre la detección de la floración, la colección de las muestras, la realización del análisis de laboratorio, la obtención del resultado, y la adopción de medidas de gestión necesarias para atender el evento.

Niveles de alerta y medidas de gestión

- *Nivel de Alerta 0 (Nivel de Riesgo Nulo)*. La concentración de cianobacterias en el embalse es menor a 500 células por mililitro (cél/mL). La superficie del agua del embalse tiene una apariencia normal, no se detectan olores o sabores en el agua. La inspección visual y colección de muestras debe ser mensual o quincenal dependiendo de la época del año (ver “Frecuencia de muestreo”).
- *Nivel de Alerta 1 (Nivel de Riesgo Bajo)*. La concentración de cianobacterias en el embalse entre 500 – 2.000 células/mL, correspondiendo a una *floración temprana*. La superficie del agua puede tener apariencia de "yerba dispersa", y puede detectarse olor/gusto en el agua. La inspección visual debe ser diaria y la colección de muestras quincenal (ver “Frecuencia de muestreo”).
- *Nivel de Alerta 2 (Nivel de Riesgo Medio)*. Concentración de cianobacterias en el embalse entre 2.000 – 15.000 células/mL, correspondiente a una *floración constituida*. Se pueden observar en la superficie del agua acumulaciones como una masa verde brillante, similar a una "mancha de pintura". Presencia de olores/gustos y posible presencia de especies de cianobacterias tóxicas. La inspección visual se deberá realizar al menos tres veces al día para evaluar la dinámica y persistencia de la floración. Se recomienda determinar la presencia de cianotoxinas (microcystina-LR) en el cuerpo de agua a fin de cuantificar el riesgo, y el SEA debe establecer las medidas de gestión a adoptar en función de las condiciones puntuales del evento y su evolución.
- *Nivel de Alerta 3 (Nivel de Riesgo Alto)*. Concentración de cianobacterias en el embalse mayor a 15.000 células/mL, se considera que la floración de cianobacterias contiene células vivas y muertas (lisadas). Se puede observar una masa espesa verde oscura o negruzca, similar a “sopa de arvejas”. Existe una alta probabilidad de presencia de cianotoxinas (floración tóxica). La inspección visual se deberá realizar al menos tres veces al día para evaluar la dinámica y persistencia de la floración. Efectuar análisis de cianotoxinas (microcystina-LR) en el cuerpo de agua y en muestras de agua tratada a la salida de las plantas de potabilización (EPAS y Municipal), a fin de cuantificar el riesgo. El SEA debe establecer las medidas de gestión a adoptar en función de los resultados de toxicidad.

Tabla 5: Niveles de Alerta implementado en el PLEFA para la gestión de los eventos de floraciones de cianobacterias en el embalse ERM.

Nivel de Alerta	Densidad de algas (cél/mL)	Características
0	< 500	Apariencia normal de la superficie del agua. Ausencia de olores/gustos en el agua.
1	500 - 2000	Floración temprana. Superficie del agua con apariencia de "yerba dispersa". Posibles olores/gustos en agua.
2	2000 - 15000	Floración constituida. Masa verde brillante en superficie similar a "mancha de pintura". Presencia de olores/gustos en agua. Probabilidad de toxicidad.
3	> 15000	Floración de cianobacterias vivas y muertas (lisis celular). Masa espesa verde oscura o negruzca similar a "sopa de arvejas". Alta probabilidad de presencia de cianotoxina (floración tóxica).

2.3.2. Pronóstico de Alerta Temprana de Floraciones Algales (cianobacterias)

A partir del año 2020 la AIC comenzó a emitir un Pronóstico de Alerta Temprana de floraciones algales en el embalse ERM, basado en un modelo que estima la probabilidad de ocurrencia de un nivel de alerta, asociado a la densidad de cianobacterias en base al pronóstico de variables ambientales relevantes. De modo similar a lo indicado en estudios antecedentes (AIC *et al.*, 1996 y 1998), la temperatura del aire e intensidad del viento (variables climáticas), nivel de cota y caudal erogado (variables de manejo del embalse), son variables fuertemente vinculadas al desarrollo de floraciones de cianobacterias en ERM. Para desarrollar el modelo, se analizó una extensa base de datos ambientales (de calidad de agua, hidrológicos, climáticos y de manejo del embalse) en condiciones favorables o limitantes de las floraciones, obteniéndose una herramienta complementaria para la gestión de las floraciones en el embalse y sus impactos hacia aguas abajo.

3. RESULTADOS – CALIDAD DE AGUA DEL EMBALSE

3.1. Características físico-químicas, nutrientes, clorofila y bacteriología

Sitio “río Limay ingresante al embalse ERM” (S1 PAM)

En la Tabla 5 se presentan las concentraciones promedio, máximas y mínimas de los parámetros físicos y químicos medidos en el sitio de muestreo localizado sobre el río Limay, que posterior a su restitución por la represa PPL recorre 80 km antes de su ingreso al embalse ERM. En este sitio, el río Limay entrante registró una temperatura media de 13.6 °C y un pH levemente alcalino (7.7). La concentración de oxígeno disuelto (OD) fue de 9.6 mg/L, los sólidos en suspensión totales (SST) registraron una concentración promedio de 8.5 mg/L y la conductividad eléctrica (CE) fue de 56.5 µS/cm. En cuanto a la concentración de nutrientes, el nitrógeno total (NT) presentó un valor promedio de 93.4 µg N/L y el fósforo total (PT) un valor de 28.7 µg P/L, resultando ser la fracción disuelta (PRS) un 11 % del total (3.2 µg P/L). En cuanto la concentración de clorofila *a* (Cl*a*) promedio para el período fue de 0.61 µg/L, con un mínimo de 0.10 µg/L y un valor máximo de 2.12 µg/L. Cabe destacar que los máximos valores de las variables SST (8.5 mg/L), NT (645.8 µg N/L), PT (587.2 µg P/L) y PRS (60.7 µg P/L) se registraron el mismo día (17/01/12) y estarían asociados a una precipitación ocurrida en las subcuencas de aporte del embalse.

Tabla 5: valores promedios, máximos y mínimos registrados en el sitio de monitoreo ubicado sobre el río Limay ingresante al embalse ERM, para el período 2010 – 2019.

S1 PAM	Río Limay ingresante a ERM								
	T Agua (°C)	CE (µS/cm)	pH	OD (mg/L)	SST (mg/L)	NT (µg/L)	PT (µg/L)	PRS (µg/L)	Cl <i>a</i> (µg/L)
PROMEDIO	13.6	56.5	7.7	9.6	8.5	93.4	28.7	3.2	0.61
MÍNIMO	6.2	39.0	6.7	7.2	0.1	43.2	8.8	0.1	0.10
MÁXIMO	22.8	82.0	8.8	12.2	375.0	645.8	587.2	60.7	2.12

Sitio “Cola del embalse ERM – superficie” (S2 s PAM)

En la Tabla 6 se presentan las concentraciones promedio, máximas y mínimas de los parámetros físicos y químicos medidos en el sitio de muestreo localizado en la cola del embalse en el estrato superficie. En este sitio, se registró una temperatura media de 14.3 °C, un pH levemente alcalino (7.6), la CE presentó un valor medio de 66.1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y la concentración de OD fue de 9.6 mg/L. La transparencia promedio, medida con la distancia de observación del disco de Secchi, resultó ser de 3.8 m, con un valor mínimo de 0.8 m y uno máximo de 9.0m. En cuanto a la concentración de nutrientes, el NT presentó un valor promedio de 94.7 $\mu\text{g N}/\text{L}$ (un mínimo de 32.8 $\mu\text{g N}/\text{L}$ y máximo de 176.1 $\mu\text{g N}/\text{L}$), el PT un valor de 20.1 $\mu\text{g P}/\text{L}$ (mínimo = 8.7 $\mu\text{g P}/\text{L}$ y máximo = 79.5 $\mu\text{g P}/\text{L}$), y el PRS un valor de 2.6 $\mu\text{g P}/\text{L}$ (mínimo = 0.1 $\mu\text{g P}/\text{L}$ y máximo = 30.0 $\mu\text{g P}/\text{L}$), resultando ser el 13 % del PT. La concentración de Cl_a promedio fue de 0.91 $\mu\text{g}/\text{L}$, con un mínimo de 0.17 $\mu\text{g}/\text{L}$ y un valor máximo de 2.64 $\mu\text{g}/\text{L}$.

Tabla 6: valores promedios, máximos y mínimos registrados en el sitio de monitoreo ubicado en la cola del embalse ERM en el estrato superficie, para el período 2010 – 2019.

S2 s PAM	ERM Cola - superficie								
	T Agua (°C)	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	pH	OD (mg/L)	Secchi (m)	NT ($\mu\text{g}/\text{L}$)	PT ($\mu\text{g}/\text{L}$)	PRS ($\mu\text{g}/\text{L}$)	Cl_a ($\mu\text{g}/\text{L}$)
PROMEDIO	14.3	66.1	7.6	9.6	3.8	94.7	20.1	2.6	0.91
MÍNIMO	6.9	44.6	6.8	7.5	0.8	32.8	8.7	0.1	0.17
MÁXIMO	21.9	111.0	8.3	12.0	9.0	176.1	79.5	30.0	2.64

Sitio “Cola del embalse ERM – fondo” (S2 f PAM)

En la Tabla 7 se presentan las concentraciones promedio, máximas y mínimas de los parámetros físicos y químicos medidos en el sitio de muestreo localizado en la cola del embalse en el estrato fondo. En este sitio, se registró una temperatura media de 13.3 °C, un pH levemente alcalino (7.7), la CE un valor medio de 67.1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y la concentración de OD fue de 9.3 mg/L. En este sitio el embalse tiene una profundidad media de 12.3 m (mínima de 4.5 m y máxima de 16.0 m). En cuanto a la concentración de nutrientes, el NT presentó un valor promedio de 105.0 $\mu\text{g N}/\text{L}$ (un mínimo de 38.4 $\mu\text{g N}/\text{L}$ y máximo de

196.5µg N/L), el PT un valor de 21.1 µg P/L (mínimo = 9.9µg P/L y máximo = 84.8µg P/L), y el PRS un valor de 2.6 µg P/L (mínimo = 0.1 µg P/L y máximo = 29.2µg P/L), resultando ser el 12 % del PT. La concentración de Cl α promedio fue de 0.92 µg/L, con un mínimo de 0.17 µg/L y un valor máximo de 2.79µg/L.

Tabla 7: valores promedios, máximos y mínimos registrados en el sitio de monitoreo ubicado en la cola del embalse ERM en el estrato fondo, para el período 2010 – 2019.

S2 f PAM	ERM Cola - fondo								
	T Agua (°C)	CE (µS/cm)	pH	OD (mg/L)	Profundidad (m)	NT (µg/L)	PT (µg/L)	PRS (µg/L)	Cl α (µg/L)
PROMEDIO	13.3	67.1	7.7	9.3	12.3	105.0	21.1	2.6	0.92
MÍNIMO	6.6	47.5	7.0	7.3	4.5	38.4	9.9	0.1	0.17
MÁXIMO	20.0	114.0	8.2	13.9	16.0	196.5	84.8	29.2	2.79

Sitio “Islas del embalse ERM – superficie” (S3 s PAM)

En la Tabla 8 se presentan las concentraciones promedio, máximas y mínimas de los parámetros físicos y químicos medidos en el sitio de muestreo “Islas” localizado próximo a la presa del embalse, en el estrato superficie. En este sitio, se registró una temperatura media de 14.8 °C, un pH levemente alcalino (7.7), la CE presentó un valor medio de 75.1 µS/cm y la concentración de OD fue de 9.5 mg/L. La profundidad promedio del disco de Secchi fue de 4.6 m, con un valor mínimo de 1.1 m y un máximo de 8.3m. En cuanto a la concentración de nutrientes, el NT presentó una concentración promedio de 101.0 µg N/L (un mínimo de 57.9 µg N/L y un máximo de 154.8µg N/L), el PT de 18.4 µg P/L (mínimo = 9.3µg P/L y máximo = 45.0µg P/L), y el PRS un valor de 3.7 µg P/L (mínimo = 0.1 µg P/L y máximo = 22.5µg P/L), resultando ser el 20 % del PT. La concentración de Cl α promedio fue de 1.04 µg/L, con un mínimo de 0.25 µg/L y un valor máximo de 3.14µg/L.

Tabla 8: valores promedios, máximos y mínimos registrados en el sitio de monitoreo ubicado próximo a la presa del embalse (Islas) en superficie, para el período 2010 – 2019.

S3 s PAM	ERM Islas - superficie								
	T Agua (°C)	CE (µS/cm)	pH	OD (mg/L)	Secchi (m)	NT (µg/L)	PT (µg/L)	PRS (µg/L)	Cl _a (µg/L)
PROMEDIO	14.8	75.1	7.7	9.5	4.6	101.0	18.4	3.7	1.04
MÍNIMO	7.7	55.0	6.9	7.8	1.1	57.9	9.3	0.1	0.25
MÁXIMO	21.8	95.0	8.5	12.3	8.3	154.8	45.0	22.5	3.14

Sitio “Islas del embalse ERM – fondo” (S3 f PAM)

En la Tabla 9 se presentan los valores promedios, máximos y mínimos de las variables físico-químicas medidas en el sitio “Islas” localizado próximo a la presa del embalse, en el estrato fondo. En este sitio, se registró una temperatura media de 13.1 °C, un pH levemente alcalino (7.6), la CE un valor medio de 74.2 µS/cm y la concentración de OD fue de 8.9 mg/L. En este sitio el embalse tiene una profundidad media de 53.0 m (mínima de 48.0 m y máxima de 58.5 m). En cuanto a los nutrientes, el NT presentó un valor promedio de 107.9 µg N/L (un mínimo de 53.6 µg N/L y máximo de 224.3µg N/L), el PT un valor promedio de 19.2 µg P/L (mínimo = 9.7µg P/L y máximo = 44.3µg P/L), y el PRS un valor de 3.8 µg P/L (mínimo = 0.1 µg P/L y máximo = 21.2 µg P/L), resultando ser el 20 % del PT. La Cl_a promedio fue de 0.91 µg/L, con un valor mínimo de 0.15 µg/L y uno máximo de 3.04 µg/L.

Tabla 9: valores promedios, máximos y mínimos registrados en el sitio de monitoreo ubicado próximo a la presa del embalse (Islas) en fondo, para el período 2010 – 2019.

S3 f PAM	ERM Islas - fondo								
	T Agua (°C)	CE (µS/cm)	pH	OD (mg/L)	Profundidad (m)	NT (µg/L)	PT (µg/L)	PRS (µg/L)	Cl _a (µg/L)
PROMEDIO	13.1	74.2	7.6	8.9	53.8	107.9	19.2	3.8	0.91
MÍNIMO	7.5	50.6	6.8	6.8	48.0	53.6	9.7	0.1	0.15
MÁXIMO	19.3	93.4	8.4	11.9	58.5	224.3	44.3	21.2	3.04

Sitio “río Limay saliente del embalse ERM” (S4 PAM)

En la Tabla 10 se presentan las concentraciones promedio, máximas y mínimas de los parámetros físicos y químicos medidos en el sitio de muestreo ubicado sobre el río Neuquén aguas abajo de la represa El Chocón. En este sitio, se registró una temperatura media de 14.6 °C, un pH levemente alcalino (7.7), la CE un valor medio de 76.1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y la concentración de OD fue de 9.0 mg/L. En este sitio los SST registraron una concentración promedio de 2.0 mg/L m (una mínima de 0.2 mg/L y una máxima de 6.8 mg/L). En cuanto a la concentración de nutrientes, el NT presentó un valor promedio de 95.7 $\mu\text{g N}/\text{L}$ (un mínimo de 60.4 $\mu\text{g N}/\text{L}$ y máximo de 148.0 $\mu\text{g N}/\text{L}$), el PT un valor promedio de 19.0 $\mu\text{g P}/\text{L}$ (mínimo = 9.4 $\mu\text{g P}/\text{L}$ y máximo = 66.6 $\mu\text{g P}/\text{L}$), y el PRS un valor promedio de 4.4 $\mu\text{g P}/\text{L}$ (mínimo = 0.1 $\mu\text{g P}/\text{L}$ y máximo = 19.4 $\mu\text{g P}/\text{L}$), resultando ser el 23 % del PT. La concentración de Cl_a promedio fue de 0.93 $\mu\text{g}/\text{L}$, con un mínimo de 0.20 $\mu\text{g}/\text{L}$ y un valor máximo de 2.29 $\mu\text{g}/\text{L}$.

Tabla 10: valores promedios, máximos y mínimos registrados en el sitio de monitoreo ubicado aguas abajo de la presa (erogado río Limay) para el período 2010 – 2019.

S4 PAM	Erogado ERM								
	T Agua (°C)	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	pH	OD (mg/L)	SST (mg/L)	NT ($\mu\text{g}/\text{L}$)	PT ($\mu\text{g}/\text{L}$)	PRS ($\mu\text{g}/\text{L}$)	Cl_a ($\mu\text{g}/\text{L}$)
PROMEDIO	14.6	76.1	7.7	9.0	2.0	95.7	19.0	4.4	0.93
MÍNIMO	7.7	65.3	7.0	7.5	0.2	60.4	9.4	0.1	0.20
MÁXIMO	20.3	103.0	9.6	12.2	6.8	148.0	66.6	19.4	2.29

Sitio “área de influencia descarga de la PTEC de la Villa” (S5 PAM)

Como parte del control periódico de Calidad de Agua del embalse Ramos Mexía, se efectúan controles bimestrales de la calidad bacteriológica en el área de influencia del punto de descarga de los efluentes de la planta de tratamiento cloacal (PTEC) de la Villa El Chocón (sitio S5 PAM). Dependiendo del nivel del embalse, los efluentes cloacales pueden ingresar al lago en forma casi directa (nivel alto) o formando un pequeño “arroyo” que recorre la costa (nivel bajo). Las muestras fueron colectadas a una distancia de 10 – 15 m del lugar donde ingresa el vertido de la PTEC sobre el embalse.

En el Gráfico 1 se presentan los valores de Escherichia coli (bacteria indicadora de contaminación fecal) y de cota del embalse, ambos registrados el día de colección de la muestra; si bien son datos puntuales se presenta como función continua a fin de mejorar su visualización.

Durante el decenio analizado se colectaron cincuenta y nueve (59) muestras puntuales para evaluar la calidad bacteriológica de la zona litoral próxima a la descarga de la PTE. Si bien los resultados evidencian la presencia constante de E. coli, el 54 % de las muestras resultaron menores al límite de cuantificación de la técnica (3 NMP E. coli/100 mL). El 10 % del total (6 muestras puntuales) superaron las 800 NMP E. coli/100 mL, registrándose una por año entre el 2010 y 2016 (Gráfico 1). Cuatro de estas muestras alcanzaron un valor de 1100 NMP E. coli/100 mL superando el nivel guía establecido por la AIC para Uso I (1000 NMP/100mL), aunque en esa área no existen captaciones para agua potable.

Desde el año 2017 al 2019 inclusive, las muestras puntuales registraron valores inferiores a 500 NMP E. coli /100 mL, y si bien no se observó una relación clara entre los mayores valores de E. coli y la cota del embalse, de las cuatro muestras que superaron los 1000 NMP E. coli/100 mL, tres fueron colectadas con una cota menor a 378.0 msnm.

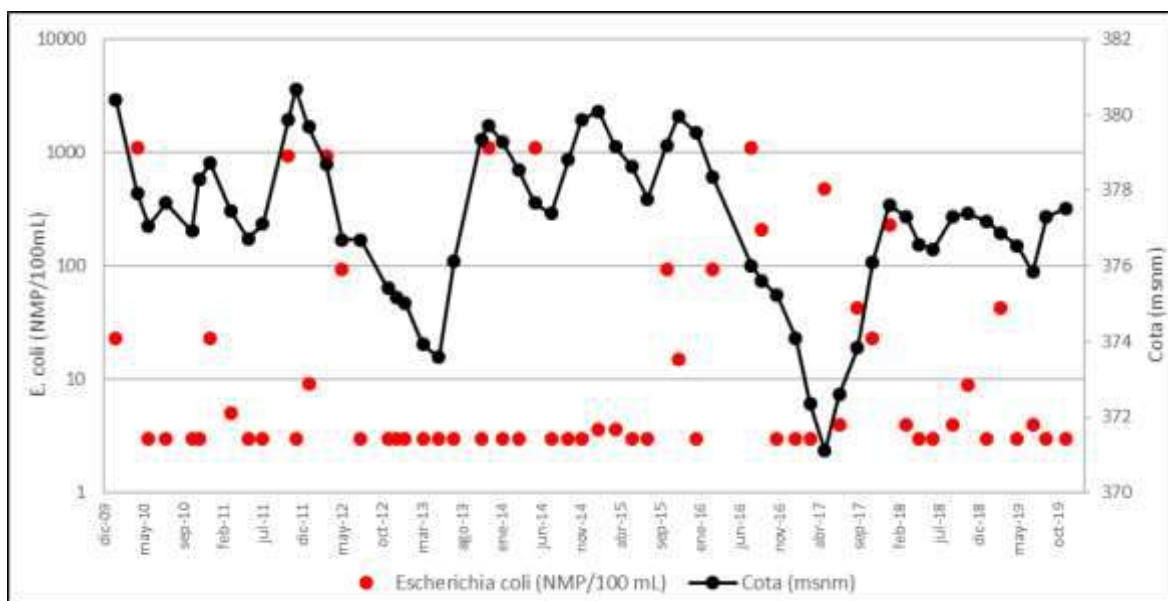


Gráfico 1: resultados de E. coli (área de influencia de la descarga de la PTEC) y cota del embalse ERM registrada en el día de colección de la cada muestra bacteriológica.

Por otro lado, en la Tabla 11 se presentan las medias geométricas (G) de E. coli calculadas para cada año, a partir de los muestreos bimestrales realizados en periodo 2010 a 2019. Para todo el período se obtuvo una G general de 11 NMP/100 mL, una G mínima de 5 NMP/100 mL (2019) y una G máxima de 45 NMP/100 mL (2016), indicando la peor calidad bacteriológica del sitio monitoreado.

Tabla 11: media geométrica (G) de Escherichia coli hallados en el área de influencia de la descarga de la PTEC de la Villa El Chocón, para el período 2010 – 2019.

S5 PAM	Descarga PTEC
AÑO	G de E. coli (NMP/100 mL)
2010	11
2011	12
2012	17
2013	8
2014	8
2015	7
2016	45
2017	16
2018	8
2019	5
General	11

Sitios Boca de Sapo, Las Huellas y Picún Leufú del embalse ERM

Continuando con la evaluación de la calidad bacteriológica del agua del embalse, en los sitios Boca de Sapo (S6 AR), Las Huellas (S7 AR) y Picún Leufú (S8 AR) se evalúa la aptitud del agua para uso recreativo con contacto directo para la temporada estival, en el marco del *Programa de Control Bacteriológico de Áreas Recreativas*. En la Tabla 12 se presentan las medias geométricas de E. coli anuales obtenidas en las tres áreas recreativas para el período 2010 – 2020, calculadas según los criterios establecidos en las Guías Canadienses de Calidad de Agua. Los resultados evidenciaron una muy buena calidad bacteriológica de las tres áreas recreativas monitoreadas en el embalse ERM durante el decenio, no siendo superado el nivel guía establecido por la AIC para uso recreativo (200 NMP E. coli/100 mL

de muestra) en las distintas temporadas estivales evaluadas. En este sentido, la calidad bacteriológica general (G general) para uso recreativo resultó muy similar en las tres áreas recreativas evaluadas: Boca de Sapo, Las Huellas y Picún Leufú.

Tabla 12: media geométrica (G) de Escherichia coli hallados en las áreas recreativas Boca de Sapo, Las Huellas y Picún Leufú para el período 2010 – 2020.

AÑO	G (NMP E. coli/100 mL)		
	Boca de Sapo (S6 AR)	Las Huellas (S7 AR)	Picún Leufú (S8 AR)
2010	nm	nm	48
2011	6	nm	14
2012	2	nm	8
2013	11	5	17
2014	12	12	5
2015	15	9	7
2016	5	5	18
2017	5	11	23
2018	14	5	nm
2019	3	3	1
2020	1	1	17
General	6	5	9

nm: no monitoreado

Análisis y comentarios de los resultados presentados en esta sección

En relación a las características físico-químicas, los valores registrados en el período evaluado en el presente informe, se encuentran dentro del rango informado por otros autores para el embalse ERM (Labollita & Pedrozo, 1997; Labollita, 2008). La *temperatura* del agua del embalse registró un valor promedio general de 14 °C, con mayores temperaturas en el estrato superior en comparación con el fondo en las distintas épocas del año. El *pH* resultó levemente alcalino en los distintos sitios y estratos, con un valor promedio general de 7.6. En cuanto al contenido de sales medidos como *conductividad eléctrica*, el valor promedio general fue de 71 µS/cm, observándose una tendencia de aumento en el contenido de sales hacia aguas abajo. La *transparencia* registró un valor promedio de 4.2 m, resultando mayor en el sitio Islas en comparación con el sitio cola, aunque presentó gran variabilidad en ambo sitios monitoreados. Los valores de *oxígeno*

disuelto registrados evidencian una buena y permanente oxigenación de las aguas, con un valor promedio de 9.3 mg/L, resultando con tenor levemente menor en el estrato fondo en comparación con la superficie, diferencia más evidente el sitio con mayor profundidad (Islas).

En relación a los nutrientes, el *nitrógeno* y *fósforo* son dos elementos químicos fundamentales para el desarrollo de biomasa del fitoplancton que sustentan las redes tróficas en los cuerpos de agua. Ambos nutrientes están presentes en el medio acuático como parte de materia orgánica, en forma disueltos en el agua (nitritos, nitratos, amonio, fósforo reactivo soluble) y asociados a material particulado. En la Figura 2 se presentan de forma resumida las concentraciones de nutrientes totales, de la fracción disuelta de fósforo, y de clorofila *a* (indicador de biomasa de fitoplancton).

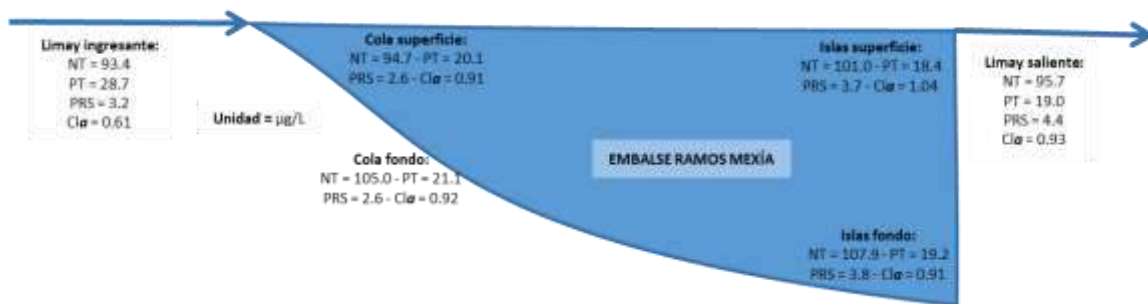


Figura 2: esquema del embalse ERM con las concentraciones promedio de NT, PT, PRS y *Clorofila a*, en los sitios monitoreados del embalse (superficie/fondo) y sobre el río Limay entrante y saliente.

Para el período evaluado en el presente informe, se observa un incremento paulatino en la concentración de NT desde el río Limay ingresante hacia aguas abajo en el eje del embalse, resultando de forma inversa para el PT con los menores valores en la presa. Para ambos nutrientes totales y la fracción PRS, se evidenció una mayor concentración en el fondo en comparación con la superficie. En cuanto a la variable *Clorofila a*, el menor valor se registró en el río Limay ingresante, resultando similar en los sitios monitoreados del embalse, aunque algo mayor en "Islas" en superficie. Finalmente, el río Limay saliente del embalse ERM registró valores de PT y *Clorofila a* similares a los medidos en el sitio Islas, aunque una menor concentración de NT y una concentración de PRS mayor (la más alta del sistema descrito).

Las concentraciones promedio de los nutrientes totales (NT=102 µg N/L y PT=20 µg P/L) registradas en el embalse para el período analizado en el presente informe, resultaron mayores al compararlas con los valores informados en trabajos antecedentes (Labollita & Pedrozo, 1997; Labollita, 2008). Contrariamente, las concentraciones promedio del **Cloruro** (0.98 µg/L) y de PRS (3.2 µg P/L) resultaron menores comparados con esos antecedentes. En cuanto a la *calidad bacteriológica* del agua del sitio monitoreado, si bien los resultados evidencian la presencia constante de la bacteria *E. coli* en la zona litoral próxima a la descarga de la PTEC de la Villa, sólo cuatro muestras puntuales superando el nivel guía establecido por la AIC para Uso I (1000 NMP/100mL). Asimismo, en los últimos dos años del período analizado se observó una mejora en la calidad bacteriológica del sitio, evidenciado en las G halladas. En relación a la calidad bacteriológica para uso recreativo, las tres áreas monitoreadas en el embalse presentaron una muy buena calidad, resultado apta en todas las temporadas estivales evaluadas.

3.2. Fitoplancton

En esta sección se presentan los datos obtenidos en el marco del Programa Floraciones Algaes en los sitios Boca de Sapo (S6 FA) y Las Huellas (S7 FA), monitoreados en forma continuada desde el año 2017.

3.2.1. Análisis taxonómico

En la Tabla 13 se presenta la lista florística del embalse ERM obtenida a partir del análisis taxonómico (reconocimiento de las distintas especies integrantes de la comunidad algal) efectuado sobre las muestras colectadas en los sitios mencionados, en el período 2017 – 2021. En total se identificaron 103 especies de algas en el embalse, el grupo **Chrysophyta** presentó la mayor riqueza específica con un 48% (50 especies) del total de los taxones registrados (Gráfico 3). El segundo grupo fue **Chlorophyta** con el 33% (34 especies) del total, seguido por el grupo **Cyanophyta** con un 11% del total de taxones, representado por 11 especies. Dentro del 8% restante se encuentran las especies registradas dentro de los grupos **Pyrrophyta** con 3 especies (3%), **Cryptophyta** con 3 especies (3%) y finalmente los grupos **Euglenophyta** y **Rhodophyta**, ambos representados por 1 sola especie (1%).

Tabla 13: lista florística de las taxas identificadas en los sitios Boca de Sapo y Las Huellas en el embalse ERM para el período 2017 – 2021.

TAXA		TAXA		TAXA		TAXA	
N°	Cyanophyta	4	Chroomonas minuta	32	Tetraedron triangulare	24	Discostella glomerata
1	Anabaena sp.	5	Closterium aciculare	33	Tetrastrum aff. triangulare	25	Epithemia adnata
2	Aphanizomenon sp.	6	Closterium sp.	34	Ulothrix sp.	26	Epithemia soresx
3	Aphanocapsa sp.	7	Coenochloris sp.	N°	Chrysophyta	27	Fragilaria arcus
4	Chroococcus sp.	8	Crucigenia quadrata	1	Achnanthes minutissima	28	Fragilaria construens
5	Dolichospermum sp. (aff. planctonicum)	9	Cryptomonas sp.	2	Achnanthes sp.	29	Fragilaria crotonensis
6	Dolichospermum sp. (Complejo tóxicas)	10	Desmodesmus communis	3	Amphora ambigua var. ambigua fa. spiralis	30	Fragilaria sp.
7	Lyngbya sp.	11	Desmodesmus iyengarii	4	Amphora sp.	31	Gomphonéis herculeana
8	Oscillatoria sp. (aff. ornata)	12	Dictyosphaerium pulchellum	5	Asterionella formosa	32	Gomphonema sp.
9	Phormidium sp.	13	Didymogenes sp.	6	Aulacoseira ambigua	33	Gomphonema truncata
10	Pseudanabaena sp.	14	Elakatothrix gelatinosa	7	Aulacoseira ambigua var. ambigua fa. spiralis	34	Gyrosigma sp.
11	Snowella lacustris	15	Kirchneriella aperta	8	Aulacoseira granulata var. angustissima	35	Navicula sp.
N°	Cryptophyta	16	Monoraphidium contortum	9	Aulacoseira pseudogranulata	36	Nitzschia acicularis
1	Chroomonas minuta	17	Monoraphidium komarkovae	10	Aulacoseira sp.	37	Nitzschia sp.
2	Cryptomonas sp.	18	Monoraphidium sp.	11	Aulacoseira subarctica	38	Rhoicosphaenia abbreviata
3	Rhodomonas minuta	19	Monoraphidium tortile	12	Cocconeis placentula	39	Rhopalodia gibba
N°	Euglenophyta	20	Mougeotia aff. elegantula	13	Cocconeis sp.	40	Rhopalodia musculus
1	Euglena sp.	21	Mougeotia sp.	14	Cyclotella ocellata	41	Stenopterobia sp.
N°	Pyrrophyta	22	Oedogonium sp.	15	Cyclotella sp.	42	Stephanodiscus agassizensis
1	Ceratium hirundinella	23	Oocystella lacustris	16	Cymbella aff. cistula	43	Stephanodiscus sp.
2	Ceratium furcoides	24	Oocystella sp.	17	Cymbella cymbiformis	44	Stephanodiscus ulna
3	Peridiniopsis sp.	25	Pauschutzia sp.	18	Cymbella sp.	45	Surirella aff. splendida
N°	Rhodophyta	26	Pseudokirchneriella irregularis	19	Diatoma elongatum	46	Synedra acus
1	Audouinella sp.	27	Scenedesmus sp.	20	Diatoma sp.	47	Synedra sp.
N°	Chlorophyta	28	Spirogyra sp.	21	Diatoma tenue	48	Tabellaria sp.
1	Binuclearia tectorum	29	Staurastrum sp.	22	Diatoma tenue var. breve	49	Trubonema angustissima
2	Binuclearia tectorum var. eriensis	30	Stigeoclonium sp.	23	Dinobryon divergens	50	Urosolenia eriensis
3	Chlamydomonas sp.	31	Tetraedron minimum				

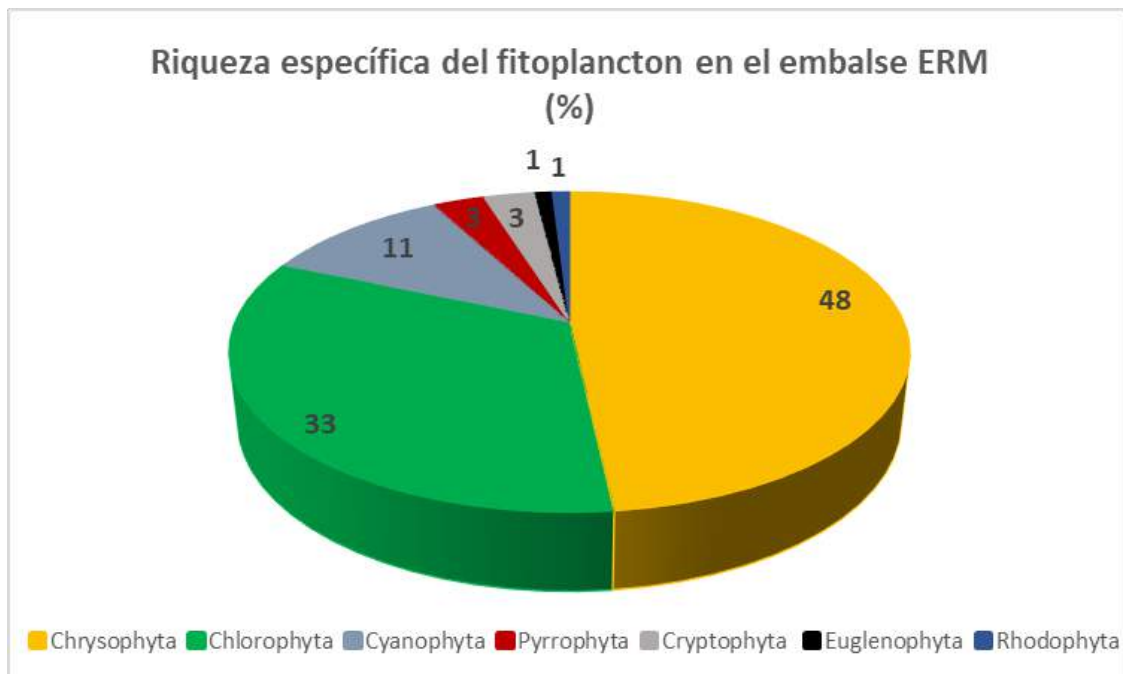


Gráfico 3: riqueza específica del fitoplancton en el embalse ERM para el período 2017 – 2021.

3.2.2. Variación temporal de la densidad del fitoplancton

Las densidades totales y relativas de cada taxón se obtuvieron partir del análisis cuantitativo de las muestras. El sitio Boca de Sapo registró una densidad total (Gráfico 4) promedio de 8662 cél/mL, una mínima de 153 cél/mL y una densidad máxima de 159024 cél/mL. Mientras que el sitio Las Huellas registró una densidad total promedio de 6444 cél/mL (Gráfico 4), una mínima de 117 cél/mL y una máxima de 202200 cél/mL. El primero presentó la mayor densidad algal promedio del período, mientras que el segundo registró la máxima densidad puntual.

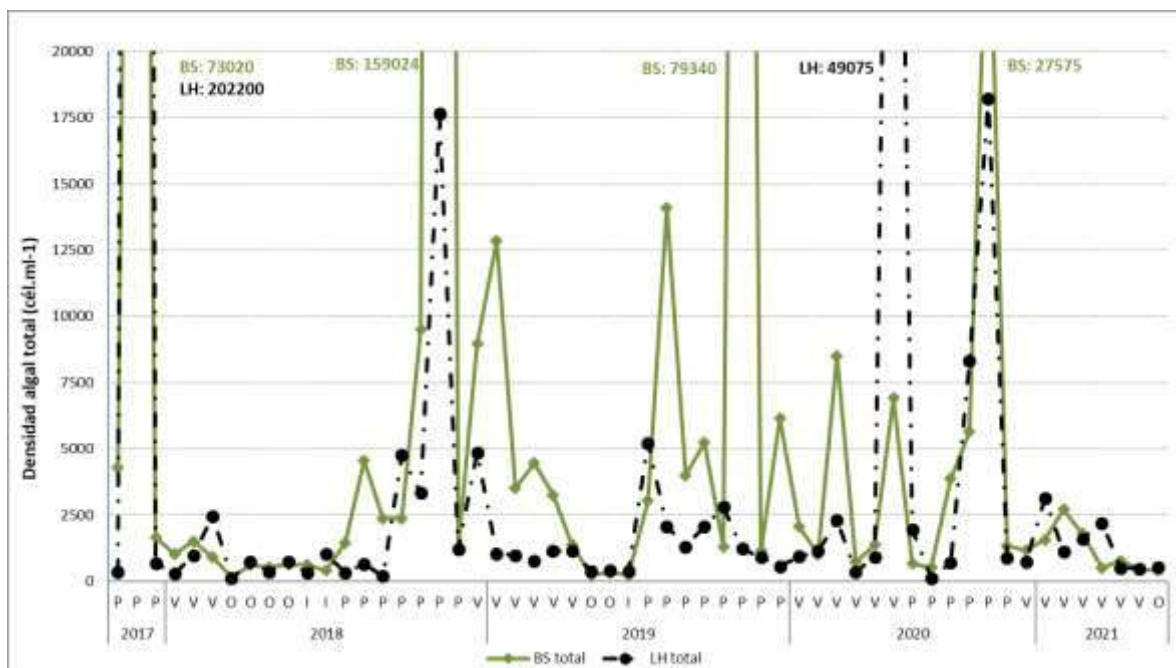


Gráfico 4: densidad total de fitoplancton en el embalse Ramos Mexía para el período 2017 – 2021. BS: Boca de Sapo y LH: Las Huellas. Referencias: I (invierno), P (primavera), V (verano) y O (otoño).

En ambos sitios monitoreados los grupos algales con mayor densidad relativa que contribuyeron en mayor porcentaje a la densidad total de fitoplancton fueron Chrysophyta, Cryptophyta y Cyanophyta. Estos grupos dominantes presentaron proporciones similares en ambos sitios, Cyanophyta representó un 94 % de la densidad algal total en Boca de Sapo y un 92 % en Las Huellas, las Chrysophyta representaron un 4 % en Boca de Sapo y un 5 % en Las Huellas, mientras que el grupo Cryptophyta representó el 2 % en Boca de Sapo y el 3 % en Las Huellas. Los restantes grupos algales, Chlorophyta, Pyrrophyta, Euglenophyta y Rhodophyta, fueron identificados en baja densidad.

En ambos sitios se registró una gran variabilidad estacional en relación a la abundancia de grupos y especies algales, evidenciándose una dinámica bastante similar. En el sitio Boca de Sapo (Gráfico 5) estuvieron presentes durante todo el ciclo anual los grupos Chrysophyta y Cyanophyta, el primero resultó dominante en densidad durante las estaciones de otoño (63%) e invierno (81%) representado con mayor frecuencia y en mayor concentración por las especies *Aulacoseira pseudogranulata*, *Aulacoseira ambigua* var. *ambigua* fa. *Spiralis*, *Stephanodiscus agassizensis*, *Tribonema angustissima* y *Fragilaria crotonensis*. En tanto el grupo Cyanophyta fue dominante en densidad durante la primavera (97%) y el verano (86%), representado en todas las oportunidades por especies del género *Dolichospermum* (*D. circinalis*, *D. spiroides* y *D. lemmermanni*), indicado como taxón mixto con la denominación de *Dolichospermum* sp. (Complejo toxigénicas).

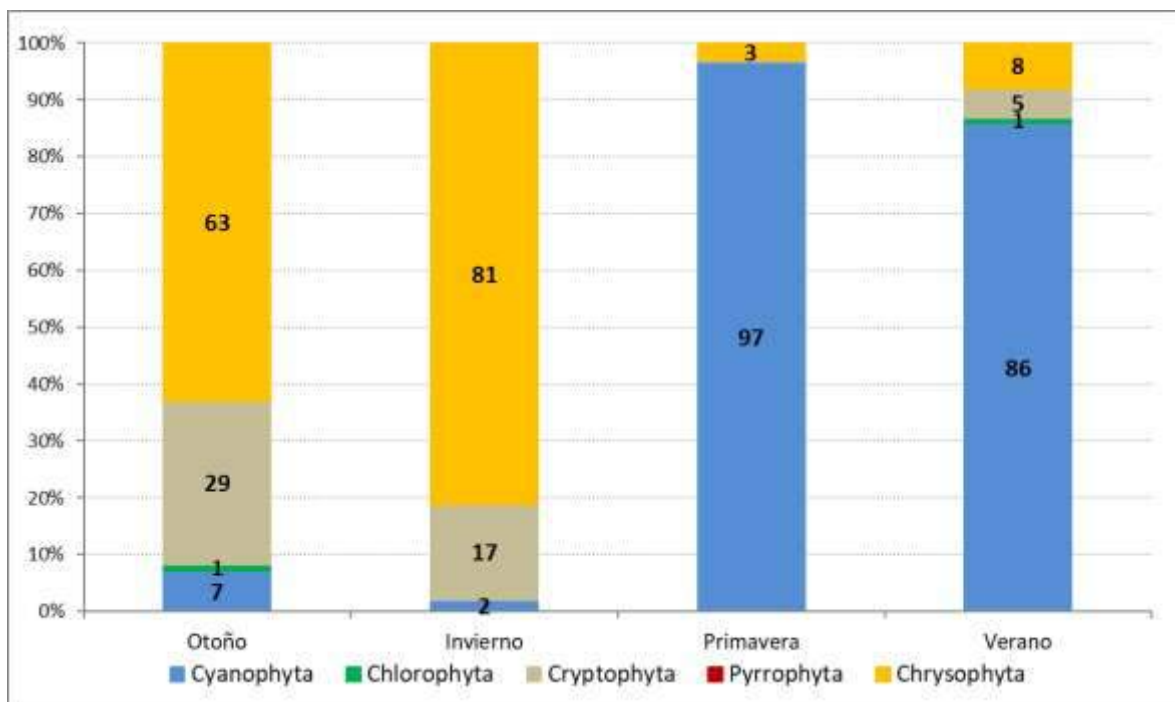


Gráfico 5: dinámica estacional de los grupos algales en el sitio Boca de Sapo del embalse ERM para el período 2017 – 2021.

El grupo Cryptophyta fue el segundo grupo dominante en concentración en otoño (29%) e invierno (17%), representado casi exclusivamente por *Chroomonas minuta*, y en menor proporción por *Cryptomonassp.* Cryptophyta resultó irrelevante en primavera y apareció

en baja concentración en verano (5%). En tanto el grupo Chlorophyta estuvo presente en muy baja concentración en verano (1%) y otoño (1%) siendo insignificante en invierno y primavera. Las especies más frecuentes fueron *Chlamydomonasp.* y *Elakatothrix gelatinosa*.

La dinámica estacional de los grupos algales en el sitio Las Huellas (Gráfico 6) fue similar a la registrada en el sitio Boca de Sapo, con algunas particularidades. En Las Huellas estuvieron presentes durante todo el ciclo anual los grupos Chrysophyta, Cyanophyta y Cryptophyta, el primero resultó dominante en densidad durante las estaciones de otoño (61%) e invierno (86%) representado con mayor frecuencia y en mayor concentración por las especies *Aulacoseira pseudogranulata*, *Aulacoseira ambigua var. ambigua fa. Spiralis*, *Stephanodiscus agassizensis*, *Tribonema angustissima* y *Fragilaria crotonensis*. En tanto el grupo Cyanophyta fue dominante en densidad durante la primavera (84%) y el verano (75%), representado en todas las oportunidades por las especies del género *Dolichospermum* del complejo toxigénicas (*D. circinalis*, *D. spiroides* y *D. lemmermanni*).

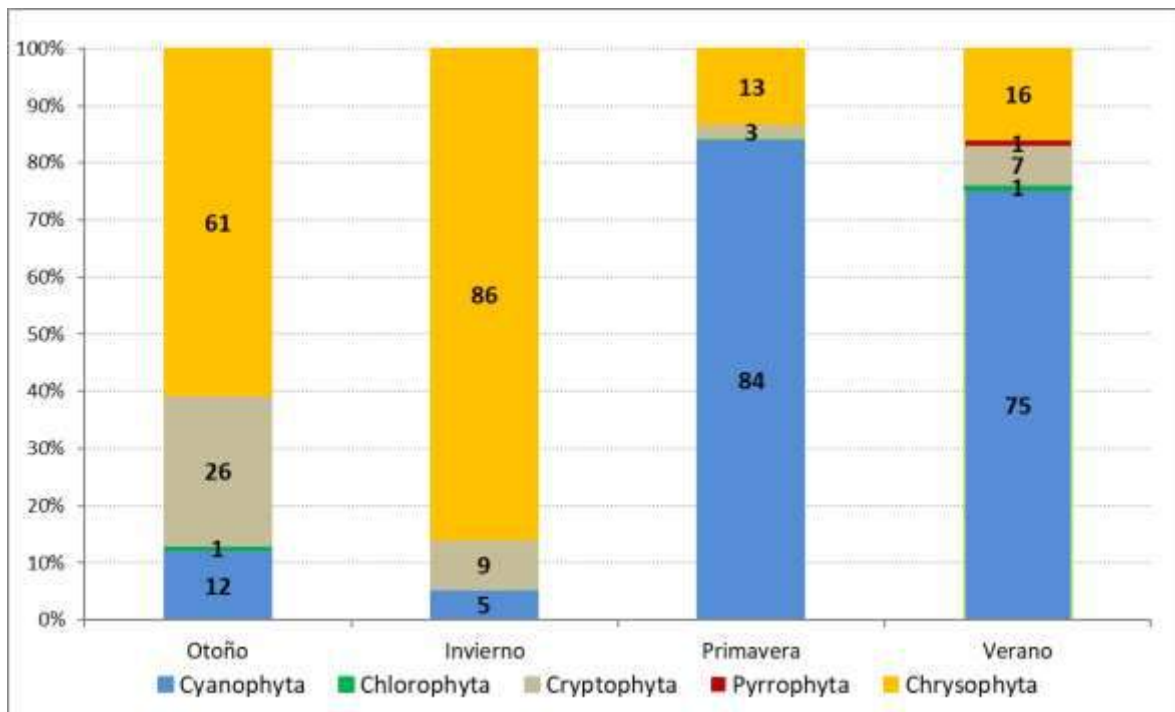


Gráfico 6: dinámica estacional de los grupos algales en el sitio Las Huellas del embalse ERM para el período 2017 – 2021.

El grupo Cryptophyta fue el segundo grupo dominante en concentración en otoño (26%) e invierno (9%), representado casi exclusivamente por *Chroomonas minuta*, y en menor concentración por *Cryptomonas sp.* El grupo Cryptophyta apareció en baja concentración en primavera (3%) y en verano (7%). El grupo Chlorophyta estuvo presente en muy baja concentración en verano (1%) y otoño (1%) siendo insignificante en invierno y primavera. Las especies más frecuentes fueron *Chlamydomonas sp.*, *Elakatothrix gelatinosa*. y *Monoraphidium tortile*. Finalmente, el grupo Pyrrophyta apareció en muy baja concentración (1%) sólo en verano, estando representado por las especies *Peridiniopsis sp.*, *Ceratium hirundinella* y *Ceratium furcoides*.

Análisis y comentarios de los resultados presentados en esta sección

En el embalse ERM se identificaron en total de 103 especies de algas, resultando el grupo **Chrysophyta** el de mayor riqueza específica con 50 especies (48%), seguido por el grupo **Chlorophyta** con 34 especies (33%) y el tercer grupo en diversidad específica fue **Cyanophyta** con por 11 especies (11%). Finalmente, dentro del 8 % restante se encuentran las especies registradas dentro de los grupos **Pyrrophyta** con 3 especies (3%), **Cryptophyta** con 3 especies (3%), **Euglenophyta** y **Rhodophyta** 1 especie cada una (1%).

La mayor densidad algal promedio del período (10383 cél/mL) se registró en el sitio Boca de Sapo, y la máxima densidad algal puntual (202200 cél/mL) en Las Huellas. La variación estacional de los grupos algales presentes y su abundancia relativa, resultó similar en ambos sitios. En los Gráficos 7 y 8 se presenta la dinámica anual del fitoplancton y de los tres grupos algales con mayor densidad en el período 2017 – 2021. Durante los meses de otoño e invierno se registraron las menores densidades algales, siendo dominante el grupo Chrysophyta en una alta proporción, seguido por Cryptophyta y Cyanophyta. A partir del mes de septiembre incrementa la densidad algal, resultando ser Cyanophyta el grupo dominando del fitoplancton durante los meses de primavera y verano. Durante la época estival se registraron eventos puntuales de elevada densidad de Cyanophyta (floraciones o blooms), representadas en todas las ocasiones por especies del género *Dolichospermum*.

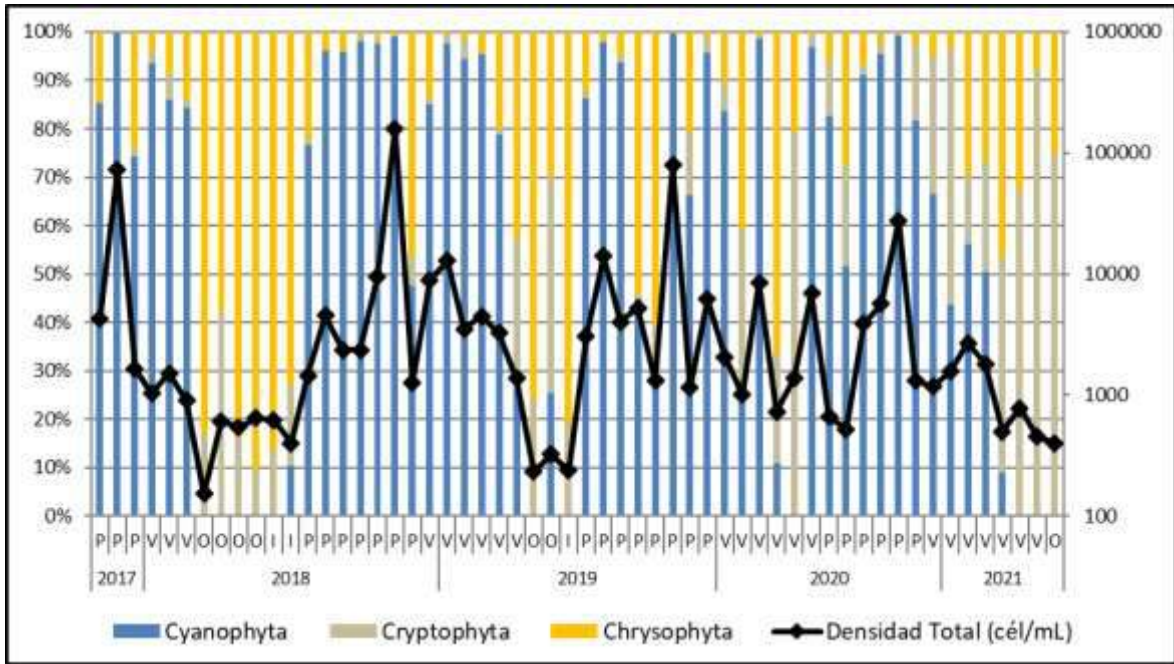


Gráfico 7: dinámica anual del total del fitoplancton (cél/mL) y porcentaje de los tres grupos algales con mayor densidad, registrados en el sitio Boca de Sapo del embalse ERM para el período 2017 – 2021. Referencias: I (invierno), P (primavera), V (verano) y O (otoño).

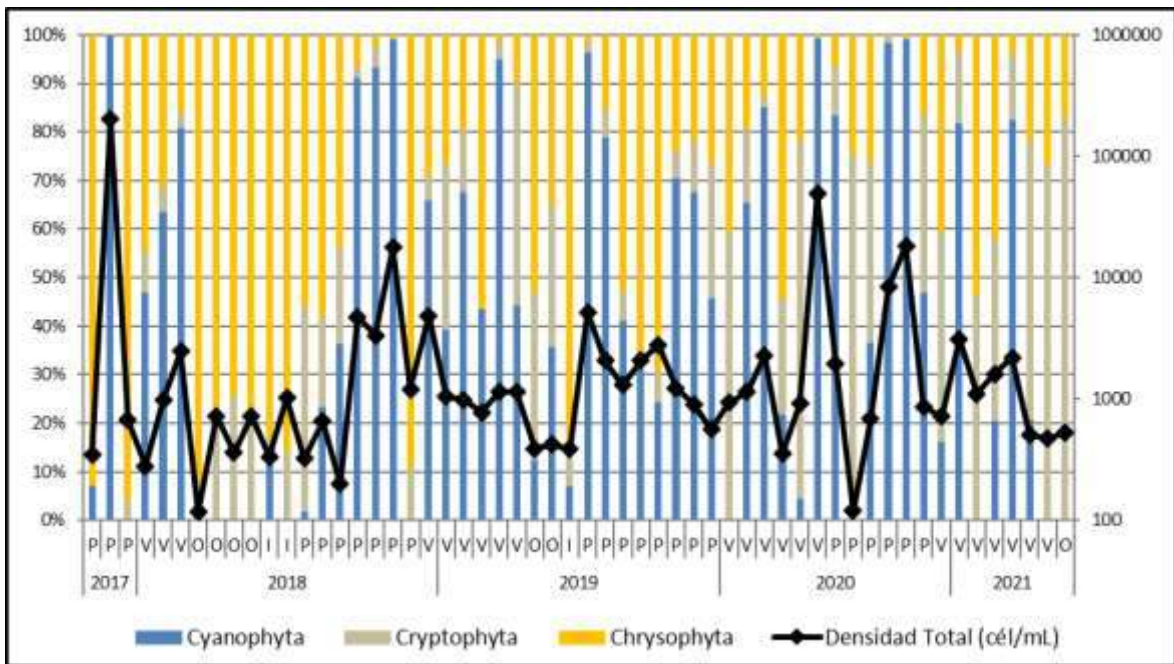


Gráfico 8: dinámica anual del total del fitoplancton (cél/mL) y porcentaje de los tres grupos algales con mayor densidad, registrados en el sitio Las Huellas del embalse ERM para el período 2017 – 2021. Referencias: I (invierno), P (primavera), V (verano) y O (otoño).

4. RESULTADOS – CYANOPHYTA EN EL EMBALSE RAMOS MEXÍA

Los registros obtenidos en el período analizado, son coincidentes con los resultados informados en trabajos antecedentes efectuados en el área de estudio (Plan de Estudios Ecológicos, 1987; Guarrera *et al.*, 1995). Se evidencia que las Cyanophyta (Cianobacterias) son componentes comunes del fitoplancton natural originario del embalse ERM, con especies del género *Dolichospermum* (denominado antiguamente *Anabaena*) que hallan condiciones ambientales propicias para su proliferación (Guarrera *et al.*, 1981; AIC *et al.*, 1996 y 1998; Labollita, 2011).

4.1. Dinámica temporal de la densidad del grupo Cyanophyta o Cianobacterias

En el gráfico 9 se presenta la dinámica anual de las cianobacterias en los sitios Boca de Sapo y Las Huellas para el período comprendido entre octubre del 2017 a marzo de 2021. La menor densidad se registró durante los meses de otoño e invierno incrementando durante la época estival, resultado ser el grupo dominante con eventos de floraciones. Durante estos eventos se registraron las especies *Dolichospermum circinalis*, *D. spiroides* y *D. lemmermanni*, indicadas como taxón mixto con la denominación de *Dolichospermum sp.* (complejo toxigénico).

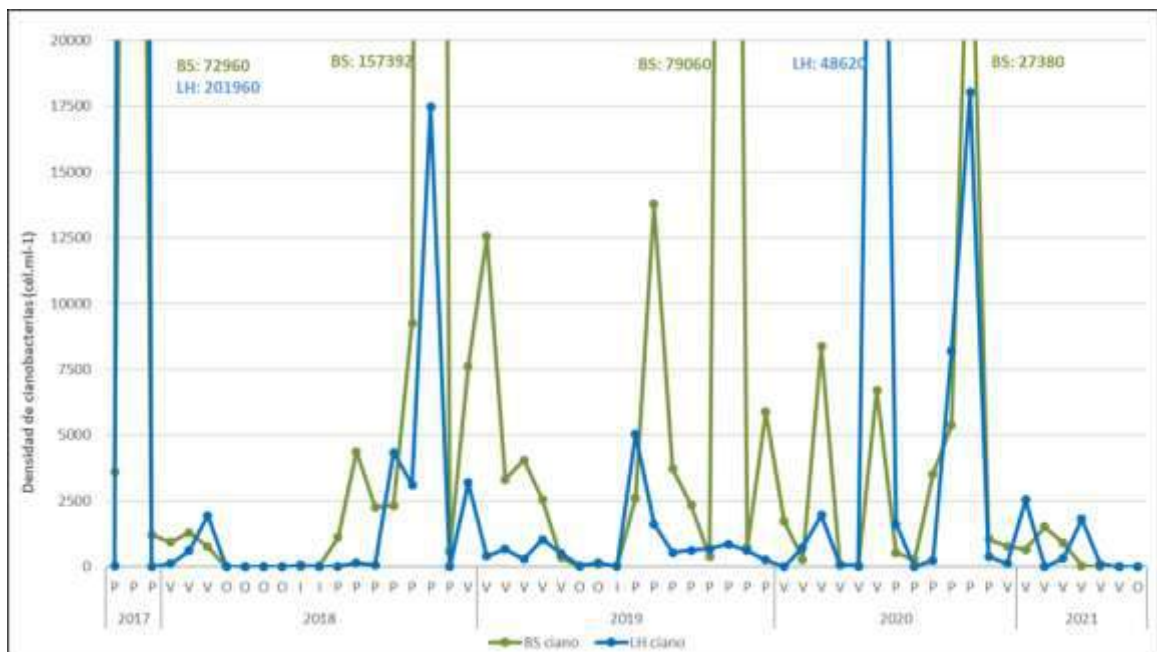


Gráfico 9: dinámica anual de cianobacterias registrada en Boca de Sapo y Las Huellas del embalse ERM para el período 2017 – 2021. Referencias: I (invierno), P (primavera), V (verano) y O (otoño).

Tal como se evidencia en el gráfico 9, durante las floraciones se registraron densidades mayores a las 2000 cél/mL (Nivel de Alerta 2) con conteos máximos de 157392 cél/mL en Boca de Sapo, y de 201960 cél/mL en Las Huellas, durante el período analizado.

4.2. Sistema de Niveles de Alerta y Avisos en el PLEFA

Las tareas de muestreo, medidas de gestión y avisos se ejecutaron según el diagrama de acción presentado en el anexo 8.3. Durante el período de estudio se efectuaron 56 muestreos y colectaron un total de 112 muestras de agua para determinar la densidad de *Dolichospermum sp.* en ambos sitios. Del total de muestras, 50 de ellas (45%) correspondieron a un nivel de alerta 0 (NA0), 29 muestras (26%) a un NA1, 25 muestras (22%) a un NA2 y 8 muestras (7%) a un NA3.

En la tabla 14 se presentan los registros de *Dolichospermum sp.* que superaron las 1000 cél/mL en alguno de los dos sitios, desestimándose aquellos datos inferiores a ese valor. En letra negrita se destacan los registros mayores a 2000 cél/mL (NA2) y entre paréntesis se indica la concentración de Microcistina-LR disuelta medida durante el evento. En el sitio Boca de Sapo se registraron el doble de eventos de un NA2 en comparación con el sitio Las Huellas, lo que estaría relacionado con la condición particular del primer sitio, ubicado en una bahía muy cerrada del embalse favoreciendo la acumulación de las cianobacterias. En todos los eventos en que se hizo la determinación de microcistina-LR, esta fue cuantificada y sólo en una ocasión resultó menor al límite de cuantificación (LC) de la técnica analítica (LC=0.4 µg/L). La concentración máxima de microcistina registrada fue de 2.1 µg/L (Boca de Sapo) asociada a un conteo de 135600 cél/mL (02/12/2014), y en Las Huellas fue de 1.9 µg/L para un conteo de 201960 cél/mL (13/11/2017). Si bien las mayores concentraciones de microcistina se asociaron a mayores densidades de *Dolichospermum*, la relación no es lineal, registrándose eventos con alta concentración a menor densidad celular (28/01/2020: 1.9 µg/L un conteo de 8370 cél/mL, Boca de Sapo). En todos los eventos de floraciones evaluados, la concentración de microcistina resultó inferior al nivel guía (NG) propuesto por la OMS (4 µg/L) para uso recreativo del cuerpo de agua. En tanto en las muestras de agua de abastecimiento público a cargo del EPAS, se registraron bajas concentraciones de microcistina, mientras que en el suministro público del municipio resultaron valores próximos al NG de la OMS (1 µg/L) para agua de bebida.

Tabla 14: Densidad de *Dolichospermum sp.* registrada en ambos sitios del embalse ERM para el período 2014 – 2021, se destacan en negrita los registros mayores a un NA2.

Fecha	Densidad Dolichospermum complejo (cél./mL)	
	Las Huellas (S7 FA)	Boca de Sapo (S6 FA)
02/12/2014	SD (0.2)	135600 (2.1)
21/09/2016	28550 (1.0)	16310 (1.4)
30/10/2017	21	3595 (0.5)
13/11/2017	201960 (1.9)	72960 (0.6)
27/11/2017	0	1215
20/02/2018	588	1300
06/03/2018	1950	755
24/09/2018	6	1115
02/10/2018	150	4050
16/10/2018	72	2135
30/10/2018	4344	2316
12/11/2018	3108	9264
26/11/2018	17484 (0.6)	157392 (1.3)
10/12/2018	1272	600
26/12/2018	3192 (0.4)	6900 (0.6)
08/01/2019	1088	12096 (<0.4)
21/01/2019	848	3324
05/02/2019	168	4056
19/02/2019	312	2556 (0.4)
24/09/2019	5025 (0.7)	2620 (0.4)
08/10/2019	1625	13670
15/10/2019	852	3665 (1.5)
22/10/2019	1771	2155 (0.5)
19/11/2019	861	79060 (1.5)
17/12/2019	255	5875 (1.1)
02/01/2020	33	1725
28/01/2020	1955 (0.4)	8370 (1.9)
09/03/2020	48620	6710
19/11/2020	8185 (0.7)	5385 (0.7)
24/11/2020	18040	27380
10/12/2020	385	1055
05/01/2021	2540	660
19/01/2021	1	1515
18/02/2021	1810	45

SD: Sin Dato; () = concentración de microcistina-LR disuelta en µg/L.

4.3. Pronóstico de Alerta Temprana de Floraciones Algales (cianobacterias)

El Pronóstico a quince días desarrollado por la AIC comenzó a emitirse oficialmente en octubre del 2020 extendiéndose durante el período estival hasta abril del 2021, elaborándose dos reportes semanales con los Niveles de Alerta estimados para el embalse ERM, asociados a la densidad de cianobacterias esperada.

Se observó que el modelo utilizado en el pronóstico estimó de forma satisfactoria la situación detectada en el embalse, diariamente de forma visual y quincenalmente contrastando con los resultados de densidad. Particularmente las floraciones de cianobacterias detectadas visualmente y correspondiente a nivel de alerta 2 y 3 según los resultados de conteo, fueron pronosticadas con antelación a su ocurrencia. En este sentido, se registraron dos reportes en los cuales se pronosticó una floración con nivel de alerta alto y finalmente no se registraron dichos eventos, al menos en los dos sitios de monitoreo del embalse (Las Huellas y Boca de Sapo) localizados muy próximo entre sí en un área acotada. La gran extensión del embalse imposibilita el monitoreo en un mayor número de sitios (logística y costos), por ello para poder ejecutar un seguimiento adecuado de la situación real del embalse, es necesario el uso de imágenes satelitales. Por otro lado, la floración ocurrida el día 24/11/2020 (Tabla 14) no fue pronosticada por el modelo, evidenciando que además de las variables consideradas en el modelo existen otras también preponderantes en el desarrollo de la floración, especialmente si durante los días previos ocurrió una floración (19/11/2020). En este sentido, se ve la necesidad de realizar ajustes al modelo de pronóstico utilizado actualmente a fin de continuar mejorando el pronóstico para el embalse.

Análisis y comentarios de los resultados presentados en esta sección

Las condiciones y características particulares del embalse propician la ocurrencia de floraciones tóxicas de cianobacterias, haciendo indispensable el seguimiento y gestión de dichos eventos. El PLEFA resultó dar el marco adecuado para ese fin, favoreciendo una comunicación eficaz entre los integrantes del Plan mediante el Sistema de alerta y avisos, permitiendo desarrollar las distintas actividades del protocolo. Vigilancia visual del cuerpo de agua, pronóstico de alertas tempranas, ejecución de muestreos, análisis de densidad

celular de cianobacterias, determinación de toxina, comunicación y difusión de los resultados a los integrantes del PLEFA, la población de Villa El Chocón y del SEA (en caso de situación crítica).

Si bien, el pronóstico de alertas tempranas resultó ser una herramienta complementaria satisfactoria para prever y planificar las tareas a ejecutar, es necesario continuar mejorando el modelo de pronóstico utilizado. Los ajustes propuestos a tal fin, están relacionados a la utilización de imágenes satelitales para analizar otras variables como la temperatura del agua (sensor térmico), la transparencia y la clorofila *a* del embalse. de continuar mejorando el pronóstico para el embalse.

5. CONCLUSIONES

- Las características físico-químicas del agua (temperatura, pH, contenido de sales, oxígeno disuelto, transparencia) resultaron similares a los valores informados en trabajos antecedentes para este mismo cuerpo de agua.
- Los nutrientes totales, nitrógeno y fósforo, resultaron mayores a los informados en trabajos antecedentes, resultando de forma inversa para la fracción soluble de fósforo y la clorofila *a*.
- La calidad bacteriológica del agua en la zona litoral próxima a la descarga de la PTEC de la Villa, se clasifica como buena en el período evaluado, ya que no supera los valores propuestos como niveles guía por la AIC para los distintos usos considerados.
- La calidad bacteriológica para uso recreativo resultó apta en las tres áreas monitoreadas del embalse, presentando una muy buena calidad en todas las temporadas estivales evaluadas.
- Se identificaron un total de 103 especies de algas en el embalse, siendo el grupo Chrysophyta el de mayor riqueza específica (50 sp.), seguido por Chlorophyta (34 sp.), Cyanophyta (11 sp.), Pyrrophyta (3 sp.), Cryptophyta (3 sp.), Euglenophyta (1 sp.) y Rhodophyta (1 sp.).
- La variación estacional del fitoplancton evidenció menores densidades durante los meses de otoño e invierno resultando dominante el grupo Chrysophyta, seguido por Cryptophyta y Cyanophyta en muy baja densidad. En septiembre incrementa la densidad algal resultando ser Cyanophyta el grupo dominando del fitoplancton durante los meses de primavera y verano.
- Las Cyanophyta o Cianobacterias evidenciaron desarrollos masivos (floraciones) puntuales durante la época estival, representadas en todos los eventos por especies del género *Dolichospermum* (*D. circinalis*, *D. spiroides* y *D. lemmermanni*).
- En todos los eventos de floraciones de cianobacterias evaluados, estuvo presente la toxina microcistina-LR sin superar el nivel guía propuesto por la OMS para uso recreativo del cuerpo de agua.
- En las muestras de agua evaluadas en el suministro público a cargo del EPAS se registraron bajas concentraciones de microcistina, mientras que en la red a cargo

del municipio los valores resultaron próximos al nivel guía sugerido por la OMS para agua de bebida (1 µg/L).

- El Plan Local ante Emergencia por Floraciones Algales (PLEFA) resultó ser un instrumento de gestión muy apropiado ante las floraciones de cianobacterias, dando el marco para una comunicación eficaz entre los integrantes del Plan mediante el Sistema de alerta y avisos.
- El pronóstico de alertas tempranas resultó ser una herramienta complementaria satisfactoria para prever y planificar las tareas a ejecutar.

6. RECOMENDACIONES

- La incorporación externa de nutrientes, particularmente fósforo, al embalse ERM favorecería las condiciones propicias para la ocurrencia de floraciones de cianobacterias. Por tal motivo, se debería evitar y/o minimizar el incremento excesivo de nutrientes a través de actividades antrópicas que pudieran causarlo (vertido de efluentes cloacales e industriales, actividad agrícola y ganadera, producción acuícola, entre otras).
- La ocurrencia periódica de floraciones de cianobacterias tóxicas en las aguas del embalse ERM, trasladadas a su vez al embalse ARR, dejan en evidencia que ambos cuerpos de agua no son adecuados para el desarrollo de la actividad piscícola por dos motivos. El primero, mencionado anteriormente, por la incorporación de nutrientes al cuerpo de agua necesaria para el desarrollo de la actividad piscícola. El segundo, porque la ocurrencia de floraciones de cianobacterias en los embalses representa un riesgo constante para la actividad productiva, deteriorando la calidad de los peces producidos (alteración de las características organolépticas y bioacumulación de toxinas), generando incluso su mortandad.
- El hallazgo de cianotoxina (microcistina-LR) en el embalse durante las floraciones evaluadas, pone en evidencia la necesidad de que los sistemas de suministro público de agua abastecidos desde los embalses (ERM y ARR), deben continuar controlando periódicamente la eficiencia de los procesos de potabilización a fin de asegurar la eliminación de cianotoxinas en el agua de red.

- Indagar en la utilización de distintos productos de sensores remotos, a fin de ajustar el modelo de Pronóstico analizando variables relevantes en el desarrollo de las floraciones (temperatura del agua y cargas sedimentarias). Y por otro lado para analizar el alcance y magnitud de la floración, y realizar el seguimiento en los de la biomasa algal (clorofila **a**) de los embalses.

7. BIBLIOGRAFÍA

- AIC, DGRH, DPA, 1996.- Estudio de floraciones algales en el embalse Exequiel Ramos Mexía (I Etapa). Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro; Dirección General de Recursos Hídricos; Departamento Provincial de Aguas.
- AIC, DGRH, DPA, 1998.- Estudio de floraciones algales en el embalse Exequiel Ramos Mexía (II Etapa). Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro; Dirección General de Recursos Hídricos; Departamento Provincial de Aguas.
- AIC, 2011.- Estadísticas climáticas e hidrológicas, período 2001-2010, Cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro. Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro.
- AIC, 2016.- Actualización de los límites de las Cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro". SPyD.SGA.SOyF, versión borrador a ser revisada en forma conjunta con las jurisdicciones. Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro.
- AIC, 2016.- Documentos Constitutivos del Sistema de Emergencias Ambientales. <http://www.aic.gob.ar/sitio/publicaciones-ver?a=46&z=710562996>.
- APHA, AWWA, WEF, 1995.- Standard Methods for the examination of water and wastewater (9223 B; 9225 D 3). Ed. 19 th.
- BONILLA, S. 2009.- Cianobacterias. Manual para Identificación y Monitoreo. Montevideo: UNESCO. ISBN: 978-92-9089-138-3.
- CHORUS, I. & J. BARTRAM. 1999.- Toxic Cyanobacteria in Water. A guide to their public health consequences, monitoring and management. London: Chapman & Hall. ISBN: 0-419-23930-8.

- CHORUS I, & L. MUR. 1999.- Preventive measures. In: Chorus I, Bartram J, editors. Toxic Cyanobacteria in Water. London: Chapman & Hall. ISBN: 0-419-23930-8.
- CCME, 1995.- Canadian Water Quality Guidelines. Canadian Council of Ministers of the Environment.
- CCME, 2004.- Canadian Water Quality Guidelines. Canadian Council of Ministers of the Environment.
- EPA, 1999.- Action Plan for Beaches and Recreational Waters. U.S. Environmental Protection Agency.
- FALCONER, I.R., 1993.- Algal Toxins in Seafood and Drinking Water. Academic Press: 224 pp.
- GRASSHOFF, M., K. EHRHARDT & K. KREMLING. 1983.- Methods of seawater analysis. Grasshoff, M; Ehrhardt, K. and Kremling, K. (Ed.), 419 pp.
- GUARRERA, S., A. MARIAZZI, R. ECHENIQUE, V. CONZONNO, M. CASCO, M. PETROCCHI & H. LABOLLITA. 1981.- Fitoplancton, perífiton. pigmentos algales, producción primaria, bacterias y su relación con factores abióticos, en López, R. B. (ed.). Informe Final 3ª Etapa PEECRN: 29-170.
- GUARRERA, S., A., R. O. ECHENIQUE, M. A. CASCO, & H. A. LABOLLITA. 1995.- Las algas del sistema del Río Limay (República Argentina). I- Cyanophyta: 2- Hormogonales (1). Rev. Mus. La Plata (NS), Botánica XIV (101): 269-305.
- LABOLLITA, H. 2008.- Gestión de la red de monitoreo de calidad del agua de embalses en las cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro. IV Congreso Argentino de Limnología, CAL 4, S. C. de Bariloche – Río Negro – Argentina.
- LABOLLITA, H. 2011.- Monitoreo de floraciones algales en las cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro. IX Congreso de Ficología de Latinoamérica y El Caribe. La Plata, Argentina.

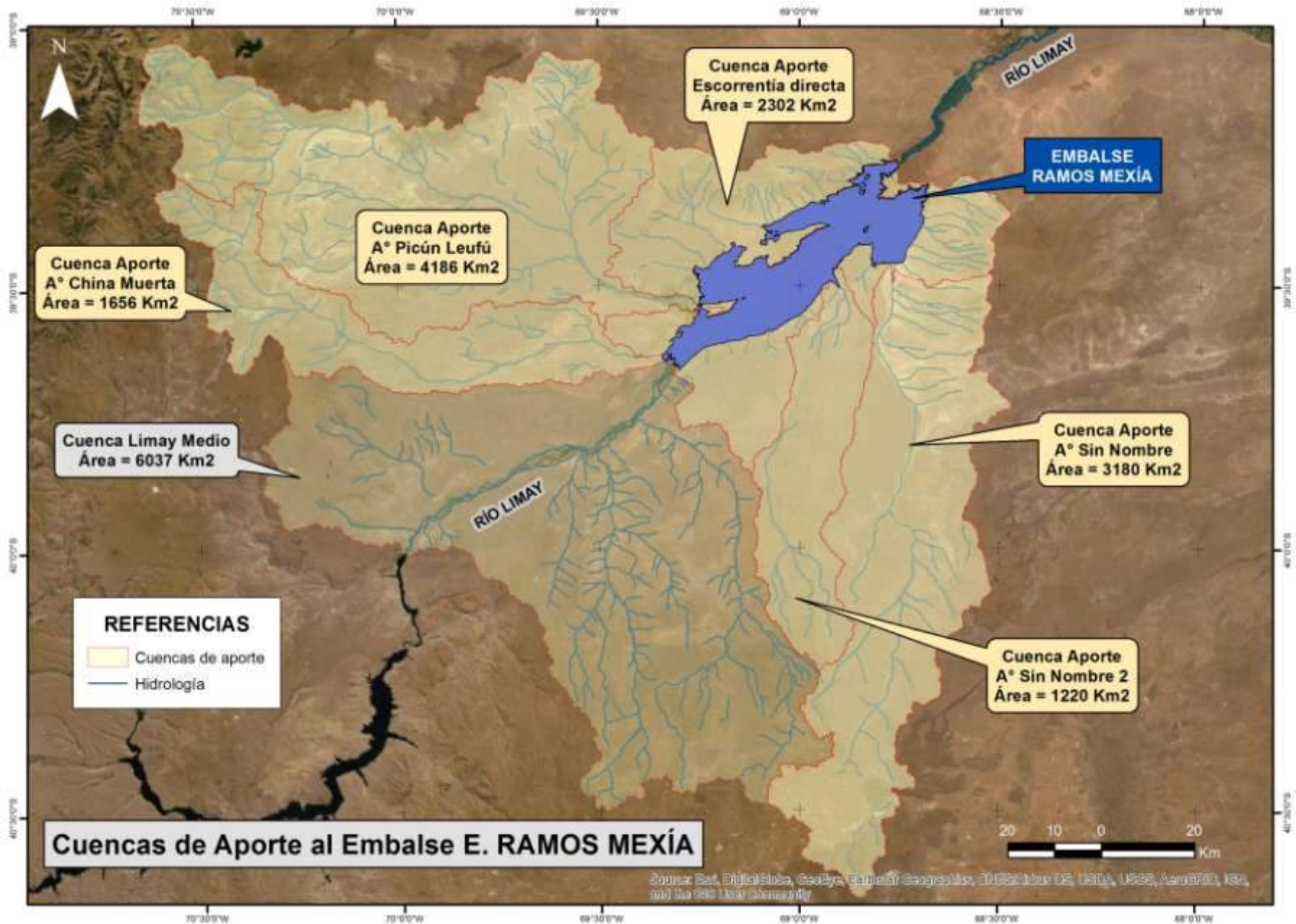
- LABOLLITA, H. & F. PEDROZO. 1997.- Factors Controlling the Trophic State of Reservoirs at the Basins of Limay, Neuquén and Negro Rivers (Argentina), in: Proceedings of the 7th International Conference on Lakes Conservation and Management: ILEC-Lacar'97. Newsletter, International Lakes Environment Committee Foundation, pp. 21–3.
- LABOLLITA, H. & M. TESONIERO. 1999.- Parámetros morfométricos de los embalses de la región del Comahue. Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro.
- PETCHENESHKY, T. *et al.*, 2017.- Cianobacterias como determinantes ambientales de la salud. Compilado por Leda Giannuzzi; Tatiana Petcheneshsky; editor literario Leda Giannuzzi; Tatiana Petcheneshsky; Marcelo Hansen. – 2ª ed. Ampliada. CABA, Ministerio de Salud de la Nación. Dirección Nacional de Determinantes de la Salud e Investigación.
- PLAN DE ESTUDIOS ECOLÓGICOS. 1987.- Informe Final de la Tercera Etapa. Cap. II y III. Convenio Hidronor S.A. - Museo Argentino de Cs. Naturales B. Rivadavia.
- THORNTON, K., B. KIMMEL & F. PAYNE. 1990.- Reservoir Limnology: Ecological Perspectives. Thornton, Kimmel & Payne (Ed.). Jhon Wiley & Sons, Inc.: 246 pp.
- VALICENTI, J. 2004.- Relevamiento de aprovechamientos hidroeléctricos. Secretaría de Planificación y Desarrollo, Autoridad Interjurisdiccional de Cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro, 239 pp.

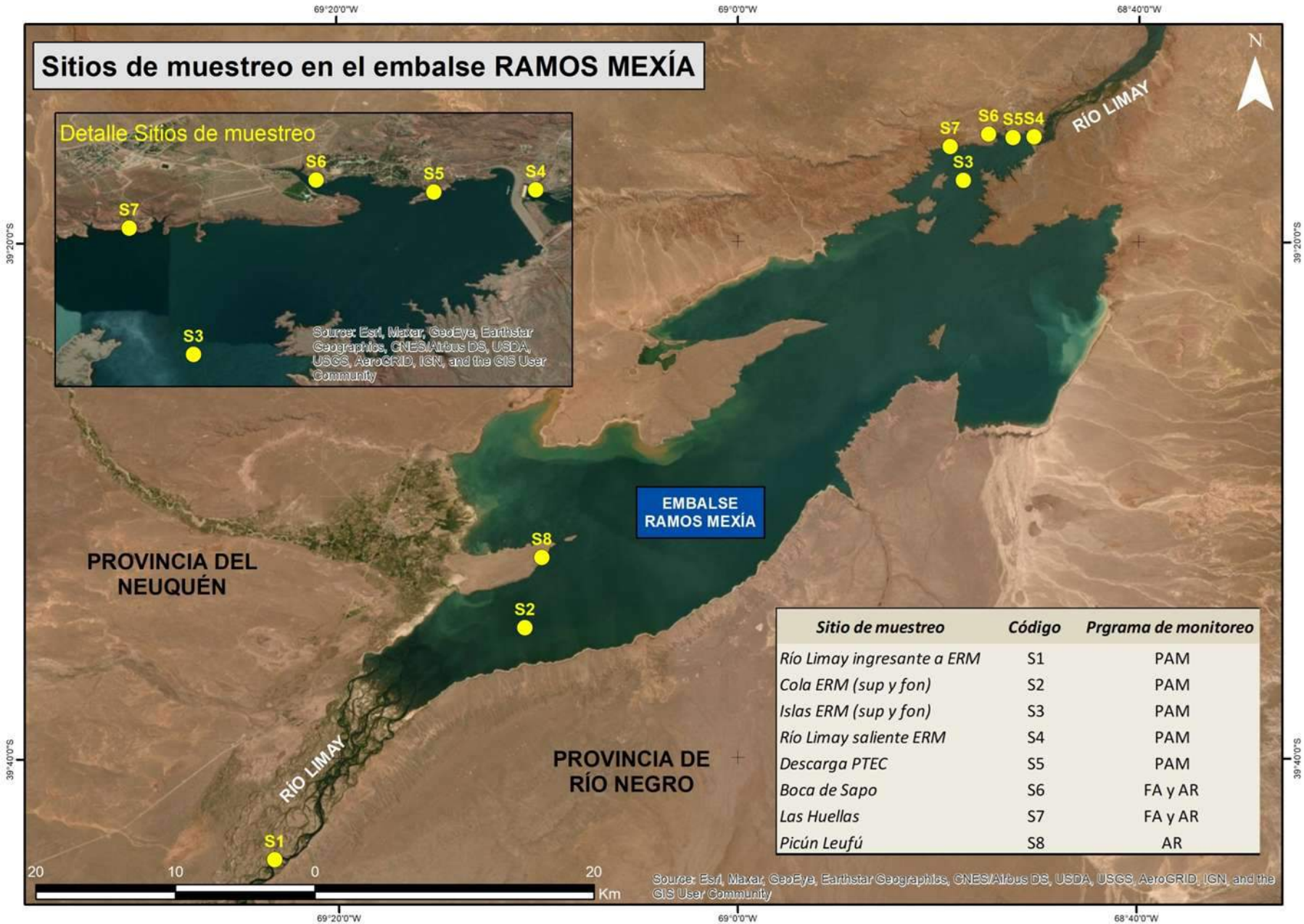
8. ANEXOS

8.1. Mapa: Cuencas de aporte al embalse E. Ramos Mexía.

8.2. Mapa: Sitios de muestreo en el embalse E. Ramos Mexía.

8.3. Diagrama de flujo del Protocolo de acción dentro del PLEFA





Sitios de muestreo en el embalse RAMOS MEXÍA

Detalle Sitios de muestreo

Source: Esri, Maxar, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community

EMBALSE RAMOS MEXÍA

PROVINCIA DEL NEUQUÉN

PROVINCIA DE RÍO NEGRO

Sitio de muestreo	Código	Prgrama de monitoreo
Río Limay ingresante a ERM	S1	PAM
Cola ERM (sup y fon)	S2	PAM
Islas ERM (sup y fon)	S3	PAM
Río Limay saliente ERM	S4	PAM
Descarga PTEC	S5	PAM
Boca de Sapo	S6	FA y AR
Las Huellas	S7	FA y AR
Picún Leufú	S8	AR

Source: Esri, Maxar, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community

Diagrama de flujo del Protocolo de acción dentro del PLEFA

