

Plan integral para el tratamiento de floramientos algales en la región del Perilago.



Dr. Etchepare, Eduardo

- Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).
- Facultad Regional Concordia, Universidad Tecnológica Nacional. Salta 277, Concordia (3200), Entre Ríos, Argentina.

ÍNDICE

RESUMEN	2
INTRODUCCIÓN	3
OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS	4
MEDIDAS DE PROTECCIÓN	5
MEDIDAS DE RECUPERACION	6
Métodos de control mecánico	6
Métodos de control biológico	6
<i>Hongos (Actinobacterias)</i>	6
<i>Macrófitas (vegetación acuática)</i>	7
<i>Ictiofauna (biomanipulación de cadenas tróficas)</i>	7
<i>Descomposición aerobia de materia vegetal</i>	8
DESCRIPCIÓN ETAPA I	9
MÉTODO	10
Área de estudio	12
Cronograma tentativo de actividades	13

Plan integral para el tratamiento de afloramientos algales en la región del Perilago. Etapa I

RESUMEN

El presente plan de trabajo corresponde a la solicitud realizada por la Corporación para el Desarrollo de Salto Grande (CODESAL), en el marco del convenio de colaboración firmado entre esta institución y la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Concordia (UTN-FRCon), con el objetivo de prestar mutua y reciproca asistencia y cooperación en la asesoría en el desarrollo de proyectos ambientales.

Teniendo en cuenta que las floraciones de cianobacterias o bloom algal constituyen una problemática ambiental y sanitaria a nivel mundial, y en especial en nuestra región, se presenta un plan integral experimental para tratar de paliar esta situación y disminuir los problemas asociados a estos organismos en el embalse de Salto Grande, específicamente la región del perilago (Concordia, Entre Ríos), bajo administración de la CODESAL.

Se realizó una investigación sobre diferentes técnicas aplicadas en distintos países, con el propósito de definir cuáles de ellas resultarían factibles y eficientes en el tratamiento de las floraciones en áreas experimentales de la zona antes mencionada. En este sentido se sugieren medidas de protección y recuperación, y se definen métodos de control mecánico y biológico los cuales serán implementados en diferentes etapas.

En esta primera entrega se desarrolla de manera extensa el método de descomposición aerobia de materia vegetal (etapa 1), dado que representa la medida experimental más adecuada para comenzar y de más larga aplicación.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años las proliferaciones masivas de organismos del fitoplancton, y entre ellos de las cianobacterias, representan un importante problema económico y ecológico en la gestión del agua y de los ecosistemas acuáticos. Este crecimiento desmedido ha aumentado en extensión y frecuencia en todo el mundo, y consecuentemente también aumentaron los riesgos ambientales y sanitarios.

El incremento de biomasa, no sólo produce problemas estéticos como la aparición de espumas y olores desagradables, sino que también altera el sabor del agua de consumo y al descomponerse, causa desoxigenación alterando la química del agua pudiendo originar mortandad de diferentes organismos acuáticos.

En gran medida este aumento en el desarrollo natural se ha visto alterado por acciones antropogénicas como la eutrofización de los cuerpos de agua. Este proceso de deterioro de la calidad del agua se caracteriza por el aporte excesivo de nutrientes provenientes de los afluentes cloacales, el incremento en el uso de fertilizantes y el represamiento de los ríos. A su vez, el calentamiento global representa un factor que contribuye a su agravamiento, dado que un aumento en las temperaturas de los cuerpos de agua favorece el desarrollo de las masas de cianobacterias (floración o bloom algal).

Por otro lado, las floraciones de cianobacterias pueden producir metabolitos bioactivos (cianotoxinas) que constituyen un serio problema ambiental con graves repercusiones sobre la salud humana y animal, por lo cual la información sobre estos organismos ha incrementado significativamente en las últimas décadas. Por lo mencionado, y dada la importancia que representan los lagos y otros cuerpos de agua por brindar una serie de bienes y servicios ecológicos, sociales y económicos, surge la necesidad de resolver los problemas ligados a las cianobacterias empleando múltiples técnicas para paliar su desarrollo excesivo y mejorar la calidad del agua.

Controlar y reducir la incorporación externa de nutrientes a la masa de agua es considerada uno de los principales métodos para el control a largo plazo de la biomasa algal. Esto quiere decir que cuando se controla la entrada a la cuenca del fósforo (principalmente), reduciendo su concentración significativamente en el cuerpo de agua por largos periodos de tiempo, consecuentemente lo hace la masa algal.

Además, se han desarrollado otras estrategias de control del crecimiento de los autótrofos, técnicas que persiguen la limitación de la luz incidente, control químico (aplicación de alguicidas o herbicidas hasta oxidantes y otras sustancias como Cu, MnO₄K₂, H₂O₂, etc.), métodos mecánicos y agentes para el control biológico.

Para cumplir con los requerimientos solicitados por la Corporación para el desarrollo de Salto Grande (CODESAL), en el marco del convenio firmado entre esta institución y la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Concordia (UTN-FRCon), se propone un plan integral experimental con el objetivo de implementar diferentes estrategias tendientes a controlar el desarrollo de las masas de cianobacterias. El mismo constara de diferentes etapas definidas de acuerdo a los resultados obtenidos en su fase de experimentación, su tiempo de ejecución, factibilidad y complejidad de aplicación.

OBJETIVO GENERAL

Proponer medidas de protección y recuperación de masas de agua afectadas por floraciones de cianobacterias en la región del perilago, Concordia Entre Ríos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desarrollar un plan integral experimental para el tratamiento de floraciones de cianobacterias en diferentes áreas del perilago.
- Lograr un seguimiento, control y prevención de las proliferaciones de cianofitas.
- Monitorear los factores físicos/químicos más relevantes que intervienen en el desarrollo de poblaciones de las cianobacterias.
- Generar información y difundir sobre la importancia de los lagos, su origen y el efecto de su contaminación.

MEDIDAS DE PROTECCION

La recuperación de los lagos es una de las problemáticas ambientales que mayores desafíos presenta, sobre todo en aquellos considerados urbanos o periurbanos.

Una de las principales tareas que se deben priorizar para abordar como parte del desarrollo de un plan de manejo y recuperación, es la aplicación de medidas externas para disminuir los niveles de nutrientes y tóxicos que se incorporan al lago, para luego enfocarnos en las medidas internas. Esto brindará un soporte sólido para que los distintos tratamientos, aplicados de manera simultánea, mejoren la situación ambiental del cuerpo de agua y perduren en el tiempo reduciendo los costos económicos.

Prácticas de buen manejo ambiental y políticas específicas para el uso del entorno.

- Establecer y mantener franjas de vegetación entre los cultivos y los cursos de agua, para minimizar la erosión y evitar la contaminación del agua.
- En terrenos que se produzca escurrimiento superficial del agua, se recomienda mantener una cobertura vegetal para reducir la erosión. Esta cobertura se puede basar en la siembra de cultivos herbáceos y pasturas naturales con franjas de arbustos y árboles.
- No alterar los ambientes acuáticos en la zona circundante al área en recuperación.
- Disminuir al máximo los grandes movimientos de tierras en zonas cercanas al lago.
- Evitar introducir o utilizar especies exóticas que puedan resultar potencialmente invasoras. Es decir, que toda técnica de recuperación debe priorizar la fauna y flora nativa apostando a su resiliencia y estabilidad ecológica.
- Proponer áreas prioritarias para conservación, zonas de reservas estrictas y corredores biológicos de conservación.
- Delimitar zonas de usos múltiples.
- Elaborar cartelería, señalética, afiches y propaganda para difundir la importancia de los recursos naturales y los trabajos que se realizan en la región.
- Respetar las fechas de veda para la pesca y promover restricciones para especies de interés particular de conservación y relevancia ecológica.
- No eliminar, remover ni desechar la vegetación presente en los márgenes del lago.
- Realizar estudios de manera continua sobre la flora y fauna del cuerpo de agua y áreas periféricas para evaluar los resultados.

- Promover una estrecha relación entre la administración y los productores agropecuarios de la zona para informar y capacitar sobre buenas prácticas agrícolas.
- Capacitar al personal encargado del predio sobre las prácticas que se desarrollan para favorecer su continuidad.
- Evitar la entrada de nutrientes y tóxicos a través de la instalación de cámaras de retención de barro previo al ingreso al lago.
- Realizar un ordenamiento territorial en las zonas periféricas a la cuenca identificando las fuentes contaminantes domésticas, industriales etc.

MEDIDAS DE RECUPERACION

✓ **Métodos de control mecánico**

Los métodos de control mecánico incluyen tanto la retirada directa de las cianobacterias como el control de su crecimiento por reducción de la luz o la muerte celular por medios físicos.

Comúnmente se ha utilizado el filtrado de aguas superficiales o la eliminación en superficie de especies filamentosas mediante rastrillos o redes (skimming).

En los últimos años se han propuesto nuevas técnicas como la ultrasonificación. Muchas especies formadoras de blooms pueden regular su flotación y su posición en la columna de agua mediante vacuolas de gas, lo que representa una ventaja competitiva frente a otras especies del fitoplancton. La aplicación de los ultrasonidos rompe las vesículas de gas y facilita la sedimentación de las células de cianobacterias sin que se produzca la lisis celular, por lo que no aumenta la liberación de microcistinas, aunque la ultrasonificación también altera la actividad fotosintética.

✓ **Métodos de control biológico**

Estos métodos implican la utilización tanto de organismos como de materiales y sustancias naturales derivadas de ellos. Se han estudiado una gran variedad de organismos acuáticos basándose en fenómenos de depredación, parasitismo o la liberación de metabolitos que suprimen el crecimiento de cianobacterias. Si bien el cultivo a gran escala de muchos de estos organismos es problemático, entre los intentos aplicados con compuestos o materiales naturales se encuentran entre las opciones más prometedoras en cuanto a eficiencia, rentabilidad y seguridad ambiental.

- *Hongos (Actinobacterias)*

El género de Actinomicetos *Streptomyces* (Actinobacterias) es muy común en aguas dulces y suele aparecer en el sedimento o a lo largo de la costa asociado a la vegetación, a las propias cianobacterias. Estos pueden actuar de forma directa produciendo factores antibióticos y agentes líticos, o estar indirectamente involucrados como agentes de control biológico en la inhibición de las cianobacterias cuando se utiliza paja de diferentes poáceas (trigo, arroz, maíz, sorgo, cebada), donde serían parte de una amplia gama de microorganismos que producen sustancias antimicrobianas.

- *Macrófitas* (vegetación acuática)

En lagos someros y humedales se ha promovido el crecimiento de plantas acuáticas que consiguen frenar el desarrollo del fitoplancton porque absorben nutrientes del agua y del sedimento, compitiendo con el fitoplancton y limitando la disponibilidad de luz para él. Además las macrófitas reducen la resuspensión de sedimentos y nutrientes causada por el viento, lo que limita la turbidez, y sirven como refugio al zooplancton durante sus migraciones diurnas horizontales, permitiendo que la depredación sobre el fitoplancton se mantenga.

Algunas especies liberan sustancias alelopáticas para disminuir el crecimiento del epifiton que podrían limitar colateralmente el crecimiento de las cianobacterias o producir cambios en la biomasa o en la composición del fitoplancton introducción de macrófitas.

- *Ictiofauna* (biomanipulación de cadenas tróficas)

La “biomanipulación” consiste en una serie de modificaciones en la cima de la cadena trófica y de su hábitat para promover diferentes interacciones, en este caso reducir la biomasa del fitoplancton (específicamente de las cianobacterias) disminuyendo la abundancia de los peces zooplanctívoros o incorporando peces piscívoros.

Introducir peces nativos carnívoros de la zona, especialmente aquellas especies consideradas de interés para la conservación, es una técnica de uso frecuente en conservación y recuperación de ecosistemas acuáticos. Su aplicación es teóricamente recomendable, especialmente en sistemas en los que se puede tener un conocimiento profundo de la naturaleza e importancia de las interacciones tróficas.

La eutrofización no depende solo del exceso de nutrientes que ingresan al cuerpo de agua, también depende de la tasa de hervivoría (consumo de biomasa) por parte de los consumidores primarios (herbívoros).

Los organismos zooplanctívoros consumen zooplancton disminuyendo su población y disminuyendo junto con ello el consumo de fitoplancton (algas). El efecto cascada en la cadena trófica está dado por la presión de los peces piscívoros sobre los zooplanctívoros, provocando de forma indirecta una disminución en la abundancia fitoplanctónica.

Es necesario control de la pesca para que las medidas de mitigación duren más tiempo, esto requiere de un trabajo conjunto con la comunidad, municipio y los diferentes organismos involucrados.

- *Descomposición aerobia de materia vegetal*

La paja de cebada fue objeto de estudio en diversos experimentos para controlar los blooms, especialmente en cianobacterias y algunas especies de clorofíceas.

Fue utilizado con éxito en las Islas Británicas, en ecosistemas continentales de diversa índole como lagos de diferentes tamaños, depósitos de aguas potables, canales y aguas corrientes. Esta supresión de las floraciones no entraña ningún daño evidente a los organismos acuáticos, ni tampoco se constataron alteraciones en el sabor o en el olor en los suministros de agua potable tratados, sino que efectivamente esos problemas pueden ser reducidos al limitarse las floraciones. El éxito del método depende de un número de factores como la dosificación, la aireación y el momento de aplicación del tratamiento.

La paja de arroz fue propuesta como alternativa, dado que presenta ciertos compuestos que inhiben la germinación o el crecimiento de las plantas vecinas. La actividad cianostática de la paja de arroz fue confirmada sobre *Microcystis aeruginosa* concluyendo que la inhibición se produce por el efecto sinérgico de los diversos compuestos liberados.

Algunos autores consideran, que si los responsables de la actividad anticianobacteriana son los compuestos fenólicos oxidados, se podría pensar que el efecto se produzca por la descomposición de la lignina de una gran variedad de vegetales. Por ello se han propuesto diversos materiales con un alto contenido en lignina y celulosa. Por ejemplo, las hojas de roble (*Quercus robur*) se han utilizado en Europa contra *Microcystis aeruginosa*. Otras especies caducifolias con posible efecto alguiestático en su hojarasca son *Aesculus hippocastanum* (castaño de indias), *Quercus robur* (roble), *Salix* sp. (sauce) y *Pinus sylvestris* (pino silvestre).

A su vez se realizaron estudios con la piel, sin tratamiento previo, de los frutos de *Citrus reticulata* (mandarino) encontrando una acción inhibitoria del crecimiento de *Microcystis aeruginosa*, por su alto contenido en fenoles totales y taninos.

Otra hipótesis muy extendida sobre el mecanismo regulador de las floraciones considera que la disminución del bloom se produce porque la materia vegetal es una fuente de carbono añadida al sistema que estimula el desarrollo de microorganismos no cianobacterianos que se encargan de secuestrar el fósforo.

DESCRIPCIÓN ETAPA I: Control de las floraciones de cianobacterias mediante el uso de viruta de eucalipto (Descomposición aerobia de materia vegetal)

El método consiste en incorporar en el cuerpo de agua los desechos de la madera de *Eucalyptus* sp. asegurando la degradación aeróbica de la viruta y/o corteza..

Mediante este método se busca la producción del peróxido de hidrogeno que es el compuesto que inhibe la floración. Los ácidos producto de la actividad bacteriana y fúngica producen un incremento de carbono orgánico en el agua. Este incremento, en condiciones óptimas de luz y oxigenación crea el ambiente propicio para la producción de peróxido de hidrógeno (H₂O₂).

La actividad antimicrobiana del peróxido de hidrógeno se basa en su poder oxidante afectando la membrana citoplasmática de las cianobacterias. Este compuesto es un antiséptico y desinfectante natural, siendo seguro (no tóxico), económico y ambientalmente aceptable, contribuyendo a reducir el número de estos organismos y su poder tóxico durante la floración.

Si bien puede afectar algunas especies de zooplancton y fitoplancton ocurre en menor medida que a las cianobacterias. En condiciones naturales disminuye el conteo de coliformes fecales. A su vez las diatomeas y clorofitas son 10 veces menos sensibles al H₂O₂, por tanto predominaría su población obteniendo un efecto positivo dado que estas se alimentan de nitrógeno y fosforo produciendo oxígeno.

MÉTODO

Materiales y aplicación

Viruta y corteza de madera de eucalipto de 2-5mm de ancho y de 2 a 8 cm de largo, seca y sin humedad.

La viruta se empaqueta en sacos de 5kg aproximadamente (fig. 1), de tal forma que la corteza y restos reciban flujo de aire. Posteriormente debe ser encestada sin apretar para permitir el flujo de agua en su interior.

Procedimiento de inhibición: una dosis inicial, una dosis de respaldo y una dosis de mantenimiento.

Los limnocorrales o flotadores (fig. 2 a, b y c) son anclados al fondo del lago para evitar su desplazamiento pero manteniéndose cerca de la superficie del agua.

- **Dosis inicial:** seis meses antes de la floración. 5 kg por cada 100 m² de la mezcla (500 kg/ha)
- **Dosis de respaldo:** tres meses posteriores a la dosis inicial. 250 kg/ha (2.5 kg/ 100 m²)
- **Dosis de mantenimiento:** Dos meses posteriores a la dosis de respaldo. 100 kg/ha. (1kg/100m²). Esta dosis se repite cada tres meses hasta el control de la floración.



Fig. 1: Viruta de *Eucalyptus* sp. empaquetadas.

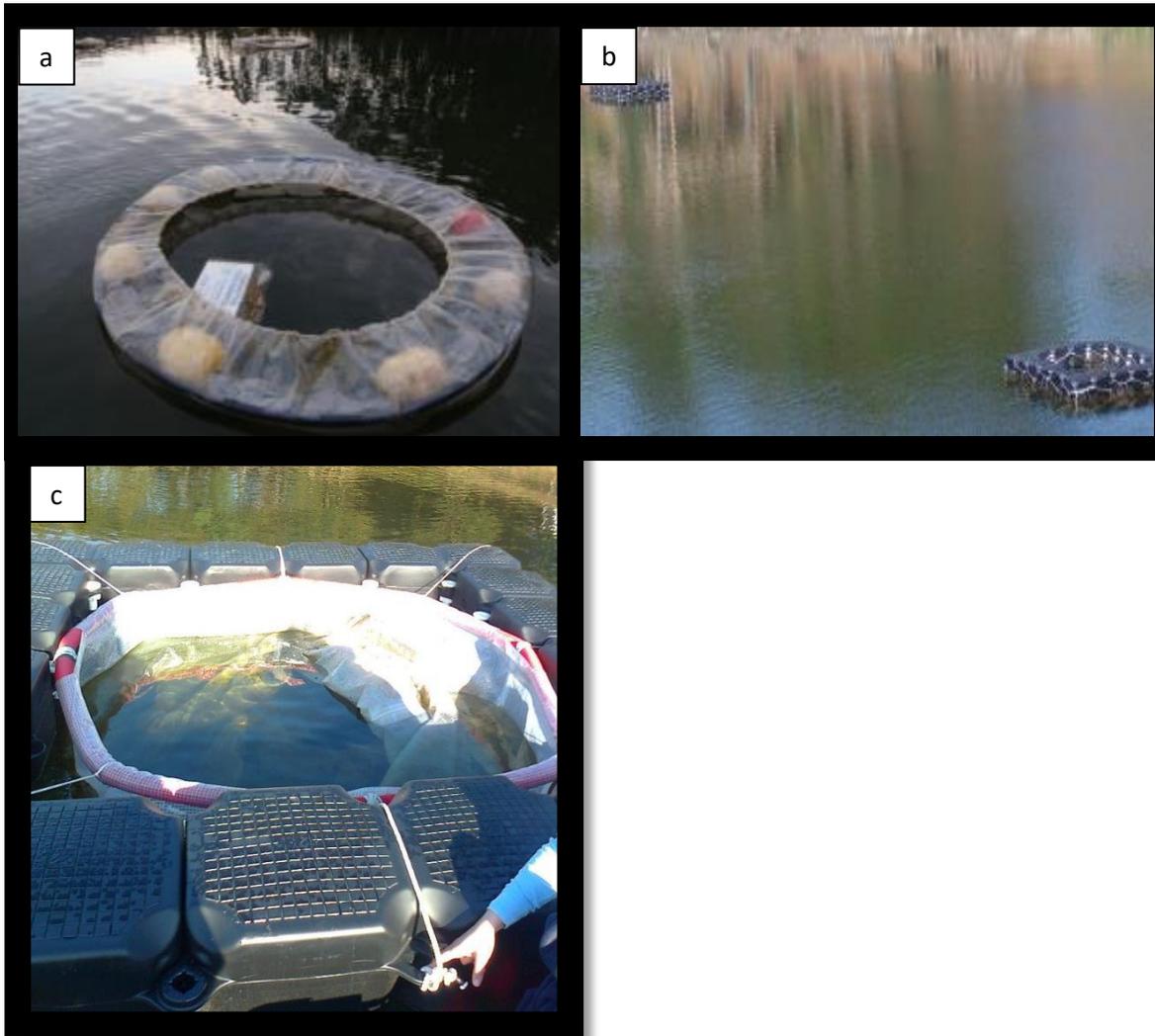


Fig. 2 a, b y c: Limnocorrales o flotadores

Áreas propuestas para comenzar la primera etapa

La región denominada Perilago de Salto Grande, se encuentra ubicado en la zona rural norte de la ciudad de Concordia, Entre Ríos. Esta superficie de 290 ha aproximadamente, está rodeando al embalse de Salto Grande, producto de la Represa Binacional del mismo nombre.

Actualmente este predio se encuentra bajo la administración de la Corporación para el Desarrollo de Salto Grande (CODESAL) y cuenta con importantes obras de infraestructura turística principalmente (Termas del Ayuí, Termas de Punta Viracho, caminos internos, energía eléctrica, playas y diferentes camping).

Debido a la problemática ambiental y sanitaria ocasionada por las floraciones de cianobacterias o bloom algal en esta región, se presenta un plan integral experimental para tratar de paliar esta situación y disminuir los problemas asociados a estos organismos en el embalse de Salto Grande, específicamente en la región del perilago.

El mismo consiste de diferentes etapas entendiéndose la complejidad del problema. Para esto se seleccionaron distintas áreas representadas en el predio mencionado (Fig. 3), con el fin de diagramar y evaluar los experimentos y sus resultados.

En la primer etapa se propone trabajar en dos áreas, una denominada A1E1 ($31^{\circ}15'6.45''S$ - $57^{\circ}58'6.55''O$) de 10 ha aproximadamente y A2E1 ($31^{\circ}15'36.58''S$ - $57^{\circ}57'9.13''O$) de 30 ha aproximadamente.

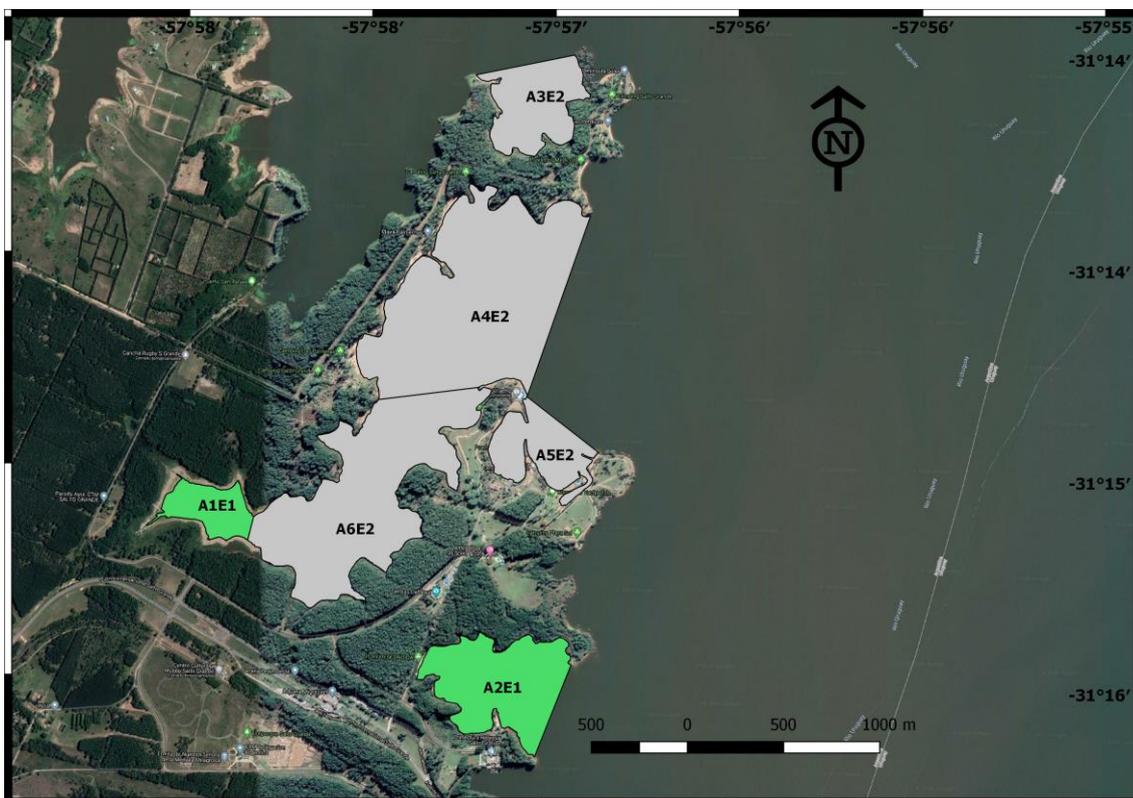


Fig. 3: Áreas seleccionadas para desarrollar los experimentos en las diferentes etapas. A1e1: área 1 etapa 1, A2E1: área 2 etapa 1, A3E2: área 3 etapa 2, A4E2: área 4 etapa 2, A5E2: área 5 etapa 2, A6E2: área 6 etapa 2.

Cronograma tentativo de actividades

A: Reconocimiento del área de estudio y toma de valores iniciales.

B: Confección y armado de los limnocorrales. Dosis inicial.

C: Dosis de respaldo, control de los limnocorrales y relevamiento de macrófitas.

D: Dosis de mantenimiento y mantenimiento de los limnocorrales.

E: Reproducción de especies nativas de ictiofauna (biomanipulación de cadenas tróficas).

F: Ensayos con ultrasonido.

G: Pruebas con otros materiales (paja de arroz, Hongos -Actinobacterias) y translocación de macrófitas.

Siglas: A: agosto, S: septiembre, N: noviembre, D: diciembre, E: enero, M: marzo, J: julio.

	2020				2021			
	A/S	O/N	D/E	F/M	J/A/S	O/N	D/E	F/M
A								
B								
C								
D								
E								
F								
G								