

lam

Lago Lagomar Sur

Estado Ecosistémico y Gestión Ambiental

Dr. Guillermo Goyenola

Enero 2020



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY



CURE
Centro Universitario
Regional del Este



Gobierno de Canelones
Dirección General de Gestión Ambiental

El presente informe resume el estado de conocimiento sobre el lago Lagomar Sur. Este conocimiento ha sido generado en el marco del Convenio de Colaboración entre el CURE/ Universidad de la República y la Intendencia Departamental de Canelones, y tiene como objetivo dar soporte a medidas de gestión ambiental.

Intendencia Departamental de Canelones

Intendente de Canelones | Prof. Yamandú Orsi

Secretario General Cr. Gabriel Camacho

Coordinación General del Convenio: Leonardo Herou – Dir. Gral. De Gestión Ambiental (DGGA)

Centro Universitario Regional Este/UDELAR

Coordinación General y responsable técnico: Dr. Guillermo Goyenola ggoyenola@cure.edu.uy

Enero 2020

Lago Lagomar Sur: Estado Ecosistémico y Gestión Ambiental

Índice

1.	Lago Lagomar Sur: Estado Ecosistémico y gestión ambiental.....	3
2.	Contexto: Ecosistemas Urbanos y Sistemas Socio-Ecológicos	4
3.	Lagos urbanos, funcionamiento ecosistémico y problemática ambiental	5
3.1.	Lagos urbanos dominados por plantas	6
3.2.	Lagos urbanos dominados por microalgas o cianobacterias	8
3.3.	Transición entre estados dominados por plantas y dominados por fitoplancton.....	9
4.	Lago de Lagomar Sur	10
5.	¿Qué se debe hacerse para combatir los problemas generados por la eutrofización en lagos urbanos?	13
6.	Perspectivas de gestión ambiental para el lago Lagomar	13
6.1.	Primer paso) eliminación de los aportes externos de nutrientes	13
6.2.	Segundo paso) Gestión de la carga interna de nutrientes, materia orgánica y contaminantes acumulada en el sistema 14	
7.	Escenarios más probables frente a una cosecha mecánica.....	15
8.	Conclusiones.....	18
9.	Documentos previos a tener en cuenta	21

1. Lago Lagomar Sur: Estado Ecosistémico y gestión ambiental

No es posible entender la gestión ambiental de un lago como la de un jardín. Los lagos son sistema complejos en los que su funcionamiento depende de relaciones causa-consecuencia diferidas en el tiempo y en el espacio, de la existencia de mecanismos de retroalimentación positiva, de capacidad de autoorganización, de dinámicas de cambios no lineales, transiciones bruscas a partir de umbrales desconocidos, irreversibilidad, incertidumbre y sorpresa. Basar su gestión ambiental en supuestos no soportados en la frontera del conocimiento sobre su estructura y funcionamiento como ecosistemas, únicamente conducirá al fracaso y a la dilapidación de recursos públicos.

Desde una perspectiva técnico-científica actualizada, pero con intención de ser comprensible para el público en general, el presente documento pretende contribuir al debate público sobre las posibilidades de gestión del Lago ubicado en Lagomar Sur. A pesar de ser un introducción sucinta dirigida a no especialistas, lamentablemente por la complejidad de la temática asociada, este documento no logró ser más breve. Sepan disculpar eso. Espero si, sea suficientemente claro.

El presente documento debe ser considerado en el marco de los informes más generales producidos con anterioridad (Goyenola y cols. 2011, 2014 y 2017). En el documento de 2014 titulado Bases técnicas para el establecimiento de un plan de gestión ambiental de los lagos de la Ciudad de la Costa y zonas aledañas, se realizan sugerencias sobre opciones dirigidas a para lagos tipo en función de su estado ambiental y evolución prevista. También se aclara que, si bien los problemas fundamentales son comunes entre lagos, su expresión depende de las

condiciones e historia de cada sistema, por lo que los proyectos ejecutivos de intervención deberán desarrollarse de forma específica para cada lago o conjunto de lagos. **Cada plan de intervención específico debe ser capaz de distinguir objetivos pretendidos de objetivos posibles** por lo que debe establecerse clara y explícitamente, qué tipo de uso es esperable que la sociedad haga de esos espacios.

2. Contexto: Ecosistemas Urbanos y Sistemas Socio-Ecológicos

El **ecosistema urbano** puede ser entendido como un sistema ecológico donde el hombre controla la estructura física del ecosistema. Entender a la ciudad como un ecosistema permite analizar su estructura y funcionamiento como sistema complejo, así como analizar los vínculos entre los componentes naturales y sociales de una manera holística.

Este tipo de sistemas en los que los componentes culturales, políticos, sociales, económicos, ecológicos y tecnológicos interactúan, son referidos como **sistemas socio-ecológicos** (SSE).

El enfoque SSE enfatiza en la perspectiva “humanos en la naturaleza”, según el cual los ecosistemas están integrados con la sociedad humana. Al igual que otros tipos de sistemas, un SSE se compone de diferentes partes que interactúan para formar una entidad más compleja con capacidades de organización (es decir, ajuste a través de interacciones entre sus componentes), que permiten el surgimiento de nuevas configuraciones y la adaptación. A su vez, partes de un SSE pueden responder a los cambios en otros componentes desencadenando mecanismos que retroalimentan y amplifican los cambios de todo el sistema, o por el contrario pueden generar efectos estabilizantes.

Estos sistemas exponen dinámicas de cambios no lineales, retroalimentación, transiciones bruscas a partir de umbrales desconocidos, irreversibilidad, incertidumbre y sorpresa. Los impactos ecológicos y socioeconómicos de acoplamientos hombre-naturaleza pueden no ser inmediatamente observables ni predecibles debido a desfases entre las interacciones hombre-

naturaleza y la aparición de consecuencias ecológicas y socioeconómicas. Estas características de los SSE hacen que su gestión resulte un verdadero desafío.

Históricamente el diseño urbano no ha considerado esta complejidad inherente, asumiendo frecuentemente que la mera inclusión de componentes con valor paisajístico será suficiente para que esté asegurada la adopción de estados compatibles con el entorno.

3. Lagos urbanos, funcionamiento ecosistémico y problemática ambiental

Los lagos originados por la extracción de arena forman hoy parte del paisaje característico del sector sudoeste del Departamento de Canelones. Estos lagos brindan diversos servicios ecosistémicos (beneficios que la sociedad obtiene de los ecosistemas), aunque han reportado síntomas de una acentuada degradación ambiental desde la década del 80.

La considerable conectividad entre los lagos y el sistema de aguas subterráneas determina, en conjunto con la ausencia de saneamiento y la práctica de perforación de los pozos sépticos, un importante aporte de contaminantes que ocurre desde hace varias décadas. Adicionalmente todos los sistemas en mayor o menor medida se han visto sometidos a vertidos directos o indirectos, y algunos de ellos, a la presión de uso por parte de la industria. Estos factores no resultan ajenos al de los lagos urbanos de todas partes del mundo.

Los sistemas lénticos (lacustres) son por naturaleza sumideros/acumuladores de la materia que llega asociada a la circulación del agua (superficial o subterránea), o que es vertida directamente a los mismos. Así, a medida que los lagos envejecen, van aumentando su carga interna de sustancias (ej. nutrientes, metales pesados, etc.) y empeorando su situación ambiental.

El principal problema de calidad de agua corresponde al proceso denominado técnicamente como **eutrofización**, generado por el aporte excesivo de nutrientes (fundamentalmente fósforo) hacia el cuerpo de agua. La elevada oferta de nutrientes genera un aumento de la abundancia de productores primarios: plantas acuáticas (plantas flotantes o sumergidas), microalgas o

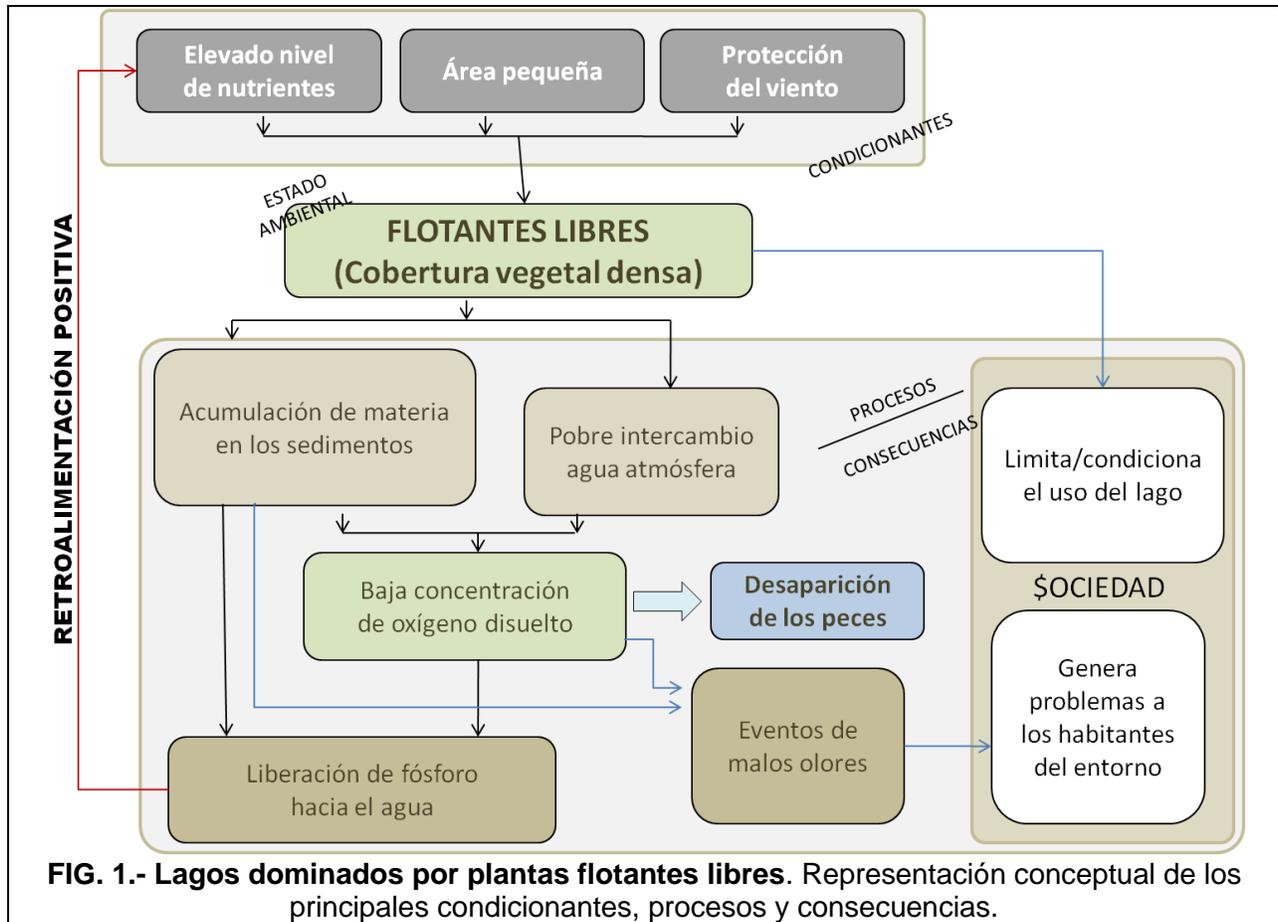
cianobacterias. Este fenómeno genera importantes interferencias provoca la pérdida de los valores paisajísticos, pudiendo tener consecuencias en los valores inmobiliarios de los predios aledaños.

El aumento de la carga interna de nutrientes de un lago (eutrofización), se asocia directamente al surgimiento de problemáticas ambientales y sanitarias de relevancia. Un lago eutrófico debe ser entendido como un campo regado y fertilizado, donde sin duda germinarán las semillas presentes. En otras palabras, en sistemas lacustres con concentraciones de nutrientes elevadas, es esperable el desarrollo explosivo (floración o *bloom*) de organismos verdes-fotosintéticos, ya sean algas macroscópicas, plantas u organismos microscópicos (fitoplancton), que por su nivel de desarrollo generan un detrimento significativo de la calidad de agua.

3.1. Lagos urbanos dominados por plantas

En los lagos eutróficos con elevada carga de nutrientes, pequeña área y protegidos de la acción del viento, es muy probable que la productividad primaria se exprese por el desarrollo de comunidades de plantas flotantes (camalotes, repollitos de agua, lentejas de agua, etc.; Fig. 1). Como humedales son ecosistemas muy productivos en superficie, donde las plantas tienen luz y nutrientes sin restricciones. Estas comunidades encuentran limitaciones a su desarrollo únicamente asociadas a la disponibilidad de espacio, pudiendo colonizar el espejo de agua en su totalidad.

Desde el punto de vista ambiental, una cobertura extensa de plantas flotantes genera un efecto “tapa” que reduce o imposibilita mecánicamente el intercambio de oxígeno con la atmósfera y limita la producción *del fitoplancton* en función de la sombra generada. La columna de agua presenta típicamente valores de oxígeno disuelto tendiendo a cero en toda la columna de agua. Estas condiciones ambientales limitan o imposibilitan la supervivencia de los organismos dependientes de oxígeno, entre ellos los peces.



En una columna de agua estabilizada por la cobertura vegetal, no ocurre mezcla vertical significativa y las aguas son muy claras. Predominan los fenómenos de deposición y captura de materia en los sedimentos (restos de plantas, residuos sólidos, nutrientes, contaminantes). En consecuencia, su envejecimiento involucra el aumento sostenido de la carga interna de nutrientes y materia orgánica, fundamentalmente retenidos en los sedimentos. Esta acumulación de restos vegetales la zona profunda puede llegar a ser desproporcionadamente alta, ya que la descomposición se ve fuertemente enlentecida por las condiciones anaeróbicas. Por otra parte, la liberación de fósforo desde los sedimentos hacia la columna de agua se ve favorecida por las condiciones de ausencia de oxígeno disuelto, retroalimentando positivamente la persistencia del estado dominado por plantas.

La carga interna de nutrientes lograda por la acumulación durante décadas, supera frecuentemente por cientos o miles de veces la carga interna de nutrientes en la columna de agua, siendo capaz de sostener, a posteriori, elevados niveles de nutrientes en el agua después de que logran eliminarse los aportes externos.

Por la mera presencia de las plantas, todos los usos de este tipo de lagos se ven fuertemente afectados. Adicionalmente la elevada carga de materia orgánica retenida suele favorecer el desarrollo de malos olores. Esto ocurre frecuentemente durante noches en períodos cálidos debido a la producción y liberación de Sulfuro de Hidrógeno, el gas que confiere el particular olor al huevo podrido.

3.2. Lagos urbanos dominados por microalgas o cianobacterias

En los ambientes eutróficos con profundidades mayores a los 5 metros y expuestos al viento no es posible el desarrollo extensivo de macrófitas sumergidas o plantas flotantes, por lo que la elevada carga de nutrientes se expresa más frecuentemente a través del crecimiento de organismos microscópicos. En la mayor parte de los lagos canarios es frecuente el predominio de cianobacterias, lo que involucra serios inconvenientes asociados a su capacidad de producción de sustancias tóxicas (cianotoxinas), que representan un riesgo tanto para la salud humana como la ambiental. Entre estos organismos se conocen especies productoras de toxinas con efecto hepatotóxico, neurotóxico, irritante dérmico por contacto, de las vías respiratorias por aspiración y cancerígeno. En todo Uruguay, así como en la zona analizada son frecuentes especies que ya han causado muertes en países limítrofes. Existen múltiples registros de cianobacterias productoras potenciales de microcistina, toxina hepatotóxica y cancerígena. También ha sido registrada la cianobacteria invasora *Cylindrospermopsis raciborskii*, que en la región es capaz de producir toxinas que interfieren en la comunicación nerviosa (saxitoxina, anatoxina-a), entre otras.

La condición eutrófica, interfiere entonces significativamente con los usos de los sistemas, y se constituye como un grave riesgo ambiental y sanitario. Desde el punto de vista ambiental, el dominio fitoplanctónico involucra un incremento superlativo de la variabilidad de la calidad de agua (ej. pH día > 9, pH noche < 7; saturación oxígeno disuelto día >> 100 %, saturación oxígeno disuelto noche ≈ 0%), lo que provoca la disminución de la diversidad biológica debido a la desaparición de especies susceptibles y el desarrollo explosivo de pocas especies tolerantes. Debe tenerse en cuenta de que la composición de especies fitoplanctónicas resulta sumamente variable en el tiempo, no siendo esperable la permanencia de una especie, más allá de que sea tóxica o no lo sea.

3.3. Transición entre estados dominados por plantas y dominados por fitoplancton

Este tipo de ecosistemas pueden alcanzar diferentes estados alternativos. Clásicamente se definió el estado “claro” con alta transparencia del agua, baja biomasa fitoplanctónica y predominio de plantas (macrófitas) y otro “turbio” con baja transparencia del agua, alta biomasa fitoplanctónica y sin macrófitas. Más recientemente se definió un tercer estado estable, el dominado por vegetación flotante.

Desde el punto de vista del manejo de recursos, de la conservación o de la recreación por contacto directo, resulta deseable mantener (o lograr conducir al sistema hacia) el estado de aguas claras dominado por macrófitas, ya que la situación alternativa (dominio de microalgas y cianobacterias), involucra mayores riesgos sanitarios y ambientales. De todas formas, en sistemas muy productivos (o sea con elevadísimos niveles de nutrientes), la proliferación excesiva de organismos verdes de cualquier talla seguramente interfiera con cualquier uso pretendido de los lagos.

La estabilidad de cada estado depende de una serie de mecanismos de retroalimentación positiva que los sustentan. Esto significa que una vez apartado por un disturbio de su transcurso natural, los sistemas presentan mecanismos que fuertemente juegan para que el sistema vuelva

a una condición similar (resiliencia). Existen muchos mecanismos asociados que se refuerzan entre sí, y que no podrán ser desarrollados en este documento introductorio. Para proponer un ejemplo, imagínense el rol que puede jugar el banco de semillas acumulado en un lago luego de que las plantas presentes sean cosechadas. Otros mecanismos se sustentan en interacciones cíclicas del tipo: aumento de fósforo, aumento de la producción biológica, aumento de la materia orgánica, disminución de la concentración de oxígeno, cambios químicos en los sedimentos, liberación y aumento del fósforo (ver Fig. 1).

Muchos componentes ecosistémicos de la trama urbana pueden ser gestionados como sistemas simples que responden proporcionalmente al esfuerzo de gestión puesto sobre ellos. Es así como puede lograrse en un jardín un estado compatible con el entorno urbano, programando simplemente una corta de pasto periódica. Otros ecosistemas con mayor capacidad de autoorganización resultan infinitamente más complejos de gestionar. Un ejemplo claro de este tipo de sistemas son los lagos eutróficos, los que tal como campos regados, fertilizados e iluminados, se dirigirán rápidamente hacia estados de elevada biomasa de organismos verdes, lo que genera problemas de calidad y múltiples interferencias con los usos pretendidos.

4. Lago de Lagomar Sur

El lago de Lagomar Sur es un lago relativamente pequeño (< 1 ha) que se encuentra ubicado en medio de una manzana fuertemente habitada y protegido por una cortina continua de árboles en la mayor parte de su margen (Fig. 2). Vista la casi ausencia de conectividad hídrica superficial, el agua del lago presenta una muy elevado tiempo de residencia y puede considerarse como un retenedor neto de prácticamente todo lo que le ha llegado durante su historia. No puede descartarse la existencia de vertidos directos actuales o históricos de agua negras o grises desde las edificaciones circundantes, aunque es muy probable que intensa conectividad hídrica

subterránea sea la que mayor aporte de nutrientes realice sobre el lago. Este lago no ha sido integrado a la obra de conducción y laminación de pluviales de Ciudad de la Costa.

La cobertura vegetal del lago tiene al menos 15 años y se encuentra en avanzado estado de sucesión biológica. Las plantas flotantes libres se han visto mayormente sustituidas por islas flotantes conformadas mayormente por plantas emergentes que se desarrollaron desde la zona litoral (particularmente *Typha sp.*) en gran parte de la superficie del lago. La dinámica de este tipo de comunidades involucra el colapso periódico de sectores y su hundimiento. Los sectores temporalmente dominados por plantas flotantes suelen estar ocupados por camalotes (*Eichornia crassipes*), helechos del género *Azolla* y lentejas de agua (lemnáceas).



Vista su intensa cobertura, el lago no resulta accesible a la navegación y a la realización de muestreos. Únicamente logró muestrearse embarcado en una oportunidad hace más de 10 años (invierno 2008), siendo las variables determinadas totalmente consistentes con las previsiones

teóricas: ausencia de oxígeno en la columna de agua, olor a sulfhídrico y $\text{pH} < 7$ (Fig. 3). Su más que intensa cobertura vegetal es un claro síntoma de la elevadísima disponibilidad de nutrientes. En función del conocimiento teórico disponible y el conocimiento del resto de los lagos de la región, no existe razón alguna por la que, luego de 12 años cabría esperar una mejora en las condiciones ambientales o una discrepancia con los resultados esperados.



Fig. 3.- Muestreo embarcado del lago en invierno de 2008.

5. ¿Qué se debe hacerse para combatir los problemas generados por la eutrofización en lagos urbanos?

Cualquier intervención que ataque las consecuencias y no las causas del problema, no podrá ser exitosa, ya que el sistema volverá a dirigirse rápidamente a uno de sus estados estables dominado por elevadas cantidades de organismos verdes.

En consecuencia, la temporalización necesaria para la recuperación ambiental de lagos eutróficos debe involucrar: 1) el corte de los aportes externos de nutrientes, 2) la gestión de la carga interna de nutrientes, materia orgánica y contaminantes acumulada en el sistema durante toda su existencia, y, recién en última instancia 3) el manejo del sistema de forma de conducirlo hacia un estado compatible con su entorno y que pueda responder a los usos pretendidos. En el paso 3, debería considerarse la recuperación de la población de peces, entre otros aspectos que no serán desarrollados aquí.

6. Perspectivas de gestión ambiental para el lago Lagomar

6.1. Primer paso) eliminación de los aportes externos de nutrientes

Intente el lector considerar que los lagos de Ciudad de la Costa se generaron por extracción de arena en un sustrato poroso saturado de agua (tal como cuando uno hace un pozo en la playa). Por lo tanto, la conectividad hidráulica subterránea es intensa. En este contexto **no resultará posible cortar los aportes externos de nutrientes, ya que en su mayor medida llegan al lago por vía subterránea**. Las obras de saneamiento, sin duda colaborarán a la reducción de los aportes de nutrientes y contaminantes a los lagos. Sin embargo, los nutrientes acumulados en los pozos negros de toda la región seguirán siendo transportados hacia los lagos por muchos años, quizás décadas. Adicionalmente, la materia ya acumulada en los lagos establece una

condición resistente al cambio. Resulta fundamental lograr cortar si los vertidos directos de aguas negras o grises de las edificaciones adyacentes, si es que estos existiesen.

En consecuencia, la causa última del problema (los aportes externos) podrán ser sólo parcialmente abarcada, estableciendo por lógica que la tendencia al aumento de la concentración de nutrientes se mantendrá en el tiempo, más allá de cualquier otra intervención que se realice en el lago.

6.2. Segundo paso) Gestión de la carga interna de nutrientes, materia orgánica y contaminantes acumulada en el sistema

Al saltarse por imposibilidad el primer paso, debería pasarse directamente a lograr manejar la carga interna acumulada durante décadas en los lagos. A partir de este punto la estimación ajustada presenta una gran incertidumbre, sin embargo, esto no impide transmitir la magnitud del desafío asociado.

Intente el lector realizar una estimación de cual podría llegar a ser la masa de las plantas flotantes y emergentes presentes en el sistema. Asumamos que el peso húmedo de la masa acumulada en superficie por crecimiento de año sobre año, capa sobre capa de plantas pueda sumar media tonelada por metro cuadrado (quizás menos, pero probablemente más). Asumiendo esta magnitud, cabría esperar una biomasa de unas 5000 toneladas de material vegetal a ser extraído del sistema.

Cómo siguiente paso estímesese cual puede llegar a ser la cantidad de materia orgánica retenida bajo el agua, por acumulación por años, décadas y su descomposición enlentecida por las condiciones anaeróbicas. Luego de tantos años, no dudaría en apostar que la cantidad de material depositados es mucho mayor que la magnitud del material aún verde en la superficie. ¿Quizás 10.000, 15.000 toneladas? Virtualmente todas estas miles de toneladas de materia

orgánica deberían ser extraídas del sistema para conducirlo hacia un estado de aguas abiertas razonablemente compatible con el entorno urbano.

Aun logrando retirar todos los restos vegetales del sistema, los sedimentos se encontrarán fuertemente enriquecidos de nutrientes y materia orgánica hasta una profundidad incierta y pasarán a devolver estas sustancias a la columna de agua, no bien el material vegetal vivo y muerto sea cosechado.

El paso siguiente: ¿Cuántos nutrientes y particularmente fósforo podrá haber retenido en el sistema? Sin duda esta pregunta es mucho más difícil de contestar, por lo que intentaremos estimar cuanto fósforo sería suficiente para que el sistema continúe en estado eutrófico. Realicemos nuestra estimación teniendo como base una concentración de 100 microgramos de fósforo por litro (más que suficiente para que el sistema sea considerado eutrófico). Asumamos también que el lago tiene una hectárea de superficie y 2,5 metros de profundidad media, por lo que su volumen sería de 25 millones de litros de agua. Para alcanzar una concentración como la establecida, correspondiente a la eutrofia, únicamente hacen falta 2,5 kg de fósforo. Esta magnitud sin duda alguna es una ínfima parte de la cantidad retenida en el sistema, particularmente en sus sedimentos (se disponen de estimaciones ajustadas de referencia para otros lagos de Ciudad de la Costa).

7. Escenarios más probables frente a una cosecha mecánica

La extracción mecánica de las macrófitas involucraría un esfuerzo mayúsculo, y por su magnitud no se considera viable la utilización de la maquinaria específica disponible en el mercado local (cosechadoras flotantes).

En consecuencia, para su extracción y la de los restos vegetales sumergidos, debería adaptarse una excavadora a una estructura flotante suficientemente resistente y con capacidad de navegación. Las características de este equipo (particularmente el largo del brazo) no pueden

ser establecidas a priori visto que no se dispone de un estudio de la profundidad del lago (batimetría), ni es posible navegar el lago para realizarlo.

Se espera que una extracción realizada con estas características presente baja eficiencia, no logrando remover la totalidad de la materia orgánica sumergida en el sistema. A su vez generaría una intensa mezcla vertical en la columna de agua, resuspensión de sedimentos y masiva liberación de nutrientes hacia la columna de agua.

Los procesos de oxigenación de la columna de agua promovidos por la eliminación de la cobertura vegetal favorecerán el establecimiento de microorganismos descomponedores eficientes, los que mineralizarán parte de la materia orgánica liberando aún más fósforo hacia la columna de agua.

Condicionado por su superficie y protección a la acción del viento, se espera que el lago pase a tener fuertes gradientes verticales de temperatura y los procesos de oxigenación vertical se vean limitados al estrato más superficial. Aún sin mediar este proceso denominado estratificación térmica, se visualiza un fuerte gradiente vertical en la concentración de oxígeno disuelto, con sobresaturación en superficie y anoxia de fondo. Contribuye a esto la gran acumulación de materia orgánica en los sedimentos.

Se descartan aquí de plano la aplicación de medios químicos de control vegetal (herbicidas). La plantas y restos vegetales extraídos generarán un impacto significativo en el entorno, debiéndose dedicar amplios sectores costeros para su acumulación previa a la carga en camiones. Puede preverse la generación de malos olores intensos. Deberán solucionarse los temas de accesibilidad y maniobra de camiones y maquinaria en los predios adyacentes, así como el transporte y disposición final de todo el material.

Aunque por su inaccesibilidad es prácticamente imposible poder conocer la fauna presente en el sistema, no puede descartarse el surgimiento de problemas con roedores domésticos en las inmediaciones.

De no mediar otra intervención, debe tenerse en cuenta de que el disturbio de la cosecha conducirá indudablemente hacia un estado inestable en el que sistema permanecerá únicamente el tiempo necesario para que otro productor primario se desarrolle y lo colonice. Es probable que, vista la historia del lago, la magnitud del banco de semillas presentes sea desproporcionadamente alta, y sean las plantas las que vuelvan rápidamente a colonizar el sistema. Este tipo de estados son fuertemente resilientes. Esto puede verse favorecido por la turbidez generada durante las obras. Si esto ocurriese, se espera una sucesión que comience por especies de crecimiento rápido (como lemnáceas) y con el paso del tiempo se dirija a composiciones similares a la actual.

De no verse disminuida fuertemente la transparencia del agua durante la realización de la extracción podría generarse una ventana de oportunidad para que el lago sea colonizado por microalgas y/o cianobacterias. Las cianobacterias fijadoras de nitrógeno podrían verse favorecidas por la baja relación nitrógeno/fósforo que se espera exista (ténganse en cuenta que las condiciones anóxicas favorecen por diferentes mecanismos el aumento de la concentración de fósforo y la disminución de la de nitrógeno). **El dominio cianobacteriano involucraría mala calidad ambiental y riesgos sanitarios relevantes, y es considerado técnicamente un estado no deseado para un lago urbano.**

La gestión de la carga interna de fósforo en el sistema podría ser gestionada con la aplicación de productos químicos que se unen irreversiblemente al fosfato. En el país únicamente se cuenta con una experiencia de aplicación a escala lago de este tipo de productos, la que se realizó en el lago Shangrilá de Ciudad de la Costa en 2019. Si bien los resultados de esta experiencia se encuentran actualmente en evaluación, los resultados disponibles hasta la fecha permiten poner en duda su aplicabilidad en lagos con elevados niveles de material vegetal en descomposición.

8. Conclusiones

La gestión de la comunidad vegetal en el Lago Lagomar Sur involucraría un esfuerzo de gestión mayúsculo, una inversión multimillonaria y presentaría una elevadísima probabilidad de fracaso. El fracaso se asociaría a la recurrencia del problema a corto plazo y su persistencia en el tiempo, o el surgimiento de nuevos problemas también de difícil gestión (particularmente floraciones cianobacterianas tóxicas). Siendo más terminante, no se visualiza una intervención capaz de rehabilitar el lago haciéndolo compatible con el entorno urbano.

Como reflexión final quisiera compartir lo siguiente. La población sigue dándole un valor especial a vivir junto a cuerpos de agua. Esto es efectivamente leído por el mercado inmobiliario desde hace mucho tiempo, el que genera ofertas específicas vinculadas a este tipo de demandas, pudiendo establecer elevados valores para lotes costeros. Estos emprendimientos inmobiliarios deberán vincularse con más fuerza a los problemas asociados a la eutrofización de lagos urbanos. Los vecinos ya establecidos pueden ver como con el pasar de los años los lagos cambian su estructura y funcionamiento, y dejan de poder ser utilizables de muchas formas. Aquello que compraron se deprecia y sus expectativas no son satisfechas. Algunos sistemas han sufrido las consecuencias más fuertemente, y hace que su reversión sea logísticamente poco probable. Por temas de extensión, no se desarrolla aquí el concepto de histéresis el que permite explicar que, en la recuperación de un lago eutrófico, deben necesariamente alcanzarse mejores condiciones que la existentes al momento que comenzaron a expresarse los problemas derivados de la eutrofización. Este aspecto hace aún más dificultoso el enfrentar esta problemática. Asociados a los patrones de consumo, manejo de residuos y fertilizantes predominantes en nuestra cultura, aditivamente a los efectos esperados del cambio climático, las perspectivas asociadas a las condiciones ambientales de este tipo de sistemas no son optimistas. Lograr una Ciudad ambientalmente saludable será un desafío permanente y redoblado. En este

contexto, se vuelve clave que las herramientas de gestión pública que se generen (o adecúen, como el caso del Costaplan), integren definiciones que aseguren las vías de financiamiento sostenibles en el tiempo, conjugando aportes del sector privado y público.

Poniendo especial atención en que el lago resulta lindero a una escuela con concurrencia masiva, se considera el proceso de toma de decisiones asociado a la gestión de este espacio debería centrar sus esfuerzos en el entorno del lago-humedal (ecotono). Esto daría oportunidad para que los espacios gestionados sirvan como enclaves para educación ambiental. Tomando los recaudos de seguridad necesarios (no acceso directo al lago), el sector costero ubicado entre la escuela y el Country se adecúa razonablemente a la generación de un sendero interpretativo, la instalación de cartelería, la plantación de flora nativa, a la creación de puntos de observación de aves, entre otros. Otro aspecto que trascienden la competencia técnica de los redactores de este informe, y que sería adecuado considerar a futuro, tiene que ver con la gestión de la zona lindera para atenuar los potenciales efectos de un incendio sobre la masa vegetal flotante.

Se espera que el presente documento aporte constructivamente al proceso de debate público y toma de decisiones asociadas a la gestión ambiental de los lagos canarios, y se constituya como un elemento más en la construcción de un Gestión Ambiental moderna de la Ciudad de la Costa. Anteriormente se mencionó un tercer punto vinculado al manejo del lago para conducirlo hacia un estado compatible con su entorno y que pueda responder a los usos pretendidos. Este punto no llega a desarrollarse en el presente documento, ya que se considera que este punto no podrá ser alcanzado.

9. Documentos previos a tener en cuenta

- Goyenola, G., Acevedo, S., Machado, I., Mazzeo, N., 2011. Diagnóstico del Estado Ambiental de los Sistemas Acuáticos Superficiales del Departamento de Canelones. Volumen II: Lagos del Sector Suroeste del Departamento. In: Goyenola, G. (Ed.), Informe Desarrollo de Línea de Base sobre Calidad de Agua 2008-2009. Plan Estratégico Departamental de Calidad de Agua (PEDCA). Comuna Canaria; Facultad de Ciencias, Canelones.
- Goyenola, G., Teixeira-de Mello, F., Mazzeo, N., Bianchi, P., Fuentes, M., Benítez, C., Pacheco, J.P., Fosalba, C., 2014. Bases técnicas para el establecimiento de un plan de gestión ambiental de los lagos de la Ciudad de la Costa y zonas aledañas. CURE-UDELAR; Comuna Canaria, Maldonado, p. 130.
- Goyenola, G., Vidal, N., Acevedo, S., Cabrera, S., Fosalba, C., Teixeira-de Mello, F., Calvo, C., Gaucher, L., Iglesias, C., López-Rodríguez, A., Burwood, M., Corrales, N., Olsson, D., Levrini, P., Pacheco, J.P., Capuccio, L., Urtado, L., 2017. Sistemas Acuáticos Canarios. Estado del conocimiento y gestión ambiental. Informe Ambiental Estratégico. Centro Universitario Regional Este/Universidad de la República; Comuna Canaria, p. 53.