

**Aportes para la rehabilitación
de la Laguna del Sauce y el
ordenamiento territorial de su cuenca**



Aportes para la rehabilitación de la Laguna del Sauce y el ordenamiento territorial de su cuenca

Instituto Sudamericano para Estudios sobre Resiliencia y Sostenibilidad (SARAS²) - 2018.

Edición: Paula Bianchi, Germán Taveira, Hugo Inda y Manfred Steffen.

Fotografías: Gabriela Oxilia (2016), Hugo Inda (2015), Néstor Mazzeo y Jorge Hourcade (2013).

Diseño: Paula Bianchi y Germán Taveira.

ÍNDICE

ÍNDICE DE SIGLAS	6	Manejo de la vegetación acuática	74
PREFACIO	9	Control de cianobacterias por ultrasonido	75
RESÚMENES DE CAPÍTULOS	10	Referencias	78
CAPÍTULO 1. ¿QUÉ ES LA EUTROFIZACIÓN?	25	CAPÍTULO 5. ORDENAMIENTO Y PLANIFICACIÓN TERRITORIAL EN EL CONTEXTO DE LA GESTIÓN INTEGRADA DE CUENCAS	81
Referencias	31	Proceso de construcción del territorio local	82
SOBRE EL SISTEMA LAGUNA DEL SAUCE	32	Marco normativo nacional y departamental	85
CAPÍTULO 2. ¿CUÁL ES EL ESTADO ECOLÓGICO DE LAGUNA DEL SAUCE?	35	Desafíos del marco jurídico - institucional	92
Distribución de peces: 24 especies capturadas con redes	37	Estado del arte y caminos a recorrer	93
Referencias	42	Tipología de los procesos de participación	96
SOBRE LA CUENCA DE DRENAJE	44	Referencias	97
CAPÍTULO 3. ¿CUÁLES SON LOS PRINCIPALES USOS DEL SUELO ACTUALES Y TENDENCIALES EN LA CUENCA DE LAGUNA DEL SAUCE?	47	CAPÍTULO 6. ESTRATEGIAS DE REHABILITACIÓN DE LAGUNA DEL SAUCE DESDE LA PERSPECTIVA DEL ORDENAMIENTO TERRITORIAL	99
Referencias	59	Certezas, riesgos e incertidumbres	100
CAPÍTULO 4. ¿CUÁLES SON LAS POSIBLES ESTRATEGIAS DE REHABILITACIÓN DE LA LAGUNA DEL SAUCE?	61	Alternativas optimas vs satisfactorias	101
¿Cómo controlar el aporte externo de nutrientes?	64	Opción nula	101
Plantas de tratamiento para el control de aportes puntuales	64	Opción de rehabilitación	101
Nuevas prácticas de fertilización en los agroecosistemas	64	Control del aporte externo: oportunidades, dificultades y desafíos	102
Conservación, creación y manejo de áreas de amortiguación o zonas buffer	66	Aportes puntuales	104
Zonas de exclusión del ganado sobre los cuerpos de agua	67	Aportes difusos	104
¿Cómo controlar la carga interna de nutrientes?	68	Control de la carga interna de nutrientes	107
Remoción del sedimento	69	Medidas adicionales para acelerar el proceso de recuperación	108
Aislamiento físico del sedimento	69	Referencias	108
Aislamiento químico del sedimento	69	CAPÍTULO 7. AVANCES, DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES EN EL ACTUAL SISTEMA DE GOBERNANZA	111
Lavado del sistema	71	Transición del comando-control hacia el manejo integrado	116
¿Qué otras medidas existen para acelerar el proceso de rehabilitación?	71	Desde el manejo integrado al adaptativo	117
Bio manipulación: control de la pesca artesanal y remoción de peces planctívoros	72	Mapeo de servicios ecosistémicos y valoración económica	119
Cultivo de bivalvos	74	De la administración de crisis a la rehabilitación, prevención y precaución	122
		Referencias	126

ÍNDICE DE SIGLAS

$\mu\text{g/L}$ – Microgramos/Litro

ANP – Administración Nacional de Puertos

CONEAT - índice estructurado por el Ministerio de Agricultura y Pesca y la Comisión Nacional de Estudio Agro económico de la Tierra (CO.N.E.A.T.)

DICOSE - División Contralor de Semovientes

DIEA - División de Estadística Agropecuarias

DINAGUA – Dirección Nacional de Aguas

DINAMA – Dirección Nacional de Medio Ambiente

DINAMIGE – Dirección Nacional de Minería y Geología

DINARA – Dirección Nacional de Recursos Acuáticos

DINOT – Dirección Nacional de Ordenamiento Territorial

DNH – Dirección Nacional de Hidrografía

DNI - Dirección Nacional de Industrias

IDM – Intendencia Departamental de Maldonado

IMPO - Dirección Nacional de Impresiones y Publicaciones Oficiales

INE – Instituto Nacional de Estadísticas

LOTDS – Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible

MDN – Ministerio de defensa Nacional

MGAP – Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca

MI – ministerio del interior

MIDES – Ministerio de Desarrollo Social

MIEM – Ministerio de Industria, Energía y Minería

MSP – Ministerio de Salud Pública

MTOP – Ministerio de Transporte y Obras Públicas

MVOTMA – Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente

NTU - del inglés Nephelometric Turbidity Unit unidad nefelométrica de turbidez

OPP - Oficina de Planeamiento y Presupuesto

OSE – Obras Sanitarias del Estado

OSE-UGD - Obras Sanitarias del Estado - Unidad de Gestión Desconcentrada de Maldonado

PNN – es el mismo que prefectura nacional naval?

PNN – Prefectura Nacional Naval

RENA – Dirección General de Recursos Naturales

SINAE – Sistema Nacional de Emergencias

SNIG – Sistema nacional de información ganadera

SOHMA – Servicio de Oceanografía, Hidrografía y Meteorología de la Armada

UDELAR – Universidad de la República

Ursea – Unidad Reguladora de Servicios de Energía y Agua

USGS - United States Geological Survey (Servicio Geológico de los Estados Unidos)

UTE - Administración Nacional de Usinas y Trasmisiones Eléctricas

Resumen de capítulo 6

Estrategias de rehabilitación de Laguna del Sauce desde la perspectiva del ordenamiento territorial

Paula Bianchi, German Taveira, Ruben Puentes, Manfred Steffen, Isabel Gadino, Natalia Barindelli, Hugo Inda, Guillermo Goyenola & Néstor Mazzeo

Aportes para la rehabilitación de la Laguna del Sauce y el ordenamiento territorial de su cuenca

RESUMEN

6

En la cuenca de Laguna del Sauce se detectan malas prácticas en el sector productivo, centros urbanos, residencias particulares, y en emprendimientos de barrios cerrados. En su mayoría esto obedece al desconocimiento de los efectos de prácticas de uso corriente sobre la calidad de agua, por ejemplo, la sobre fertilización, la extracción o corte de la vegetación riparia, el acceso directo del ganado a los cuerpos de agua, la falta de saneamiento o saneamiento sin fases terciarias.

El establecimiento de nuevos centros urbanos, el crecimiento de centros existentes y establecimiento de agroindustrias, demandan una adecuada planificación y construcción de sistemas de saneamiento costosos o araprevenir la eutrofización de los cuerpos de agua del territorio asociado.

En el ámbito rural es crucial incorporar nuevas manejos y prácticas que eviten el aporte de nutrientes a los cursos de agua, lo cual plantea importantes transformaciones culturales y desafíos en el ámbito de la gestión.

El ordenamiento territorial representa un ámbito de singular relevancia a efectos de prevenir problemáticas ambientales o contribuir a su superación. Las categorías de usos de suelo y sus arreglos espaciales, por sí solos no aseguran la reversión de los procesos de eutrofización, resulta imprescindible incorporar además manejos y prácticas que eviten directamente el aporte de nutrientes.

Es necesario trabajar en la generación de procesos comunicacionales para que los productores, los propietarios y la sociedad en general comprendan la relación directa entre las (malas) prácticas y los efectos en el ambiente y la necesidad de incorporar nuevos manejos y prácticas.

6

6 ESTRATEGIAS DE REHABILITACIÓN DESDE LA PERSPECTIVA DEL ORDENAMIENTO TERRITORIAL

Paula Bianchi, German Taveira, Ruben Puentes, Manfred Steffen, Isabel Gadino, Natalia Barindelli, Hugo Inda, Guillermo Goyenola & Néstor Mazzeo

Mensajes clave

- Las problemáticas ambientales persistentes se caracterizan por un nivel de incertidumbre importante, tanto en su dinámica interna como en las respuestas del sistema y de su gestión.
- La rehabilitación de Laguna del Sauce demanda la combinación de estrategias en distintas escalas espaciotemporales y la articulación y coordinación de distintos actores -tanto públicos como privados- así como de los ámbitos del gobierno nacional y departamental.
- Las alternativas propuestas involucran medidas con resultados conocidos (certezas), otras con una probabilidad estimada de éxito y fracaso (riesgo) y otras que tienen un alto grado de incertidumbre.
- En el corto plazo es necesario alcanzar una solución que permita revertir las consecuencias de la eutrofización y eliminar las causas del proceso analizado. Esto seguramente requerirá ajustes y mejoras continuas.
- Las categorías de uso de suelo y su arreglo espacial deben complementarse con manejos y prácticas formalmente establecidos, tanto en los ámbitos rurales como urbanos, cuyos costos deben ser internalizados en el análisis económico.
- Los planes de uso y manejo de suelo y la trazabilidad de la producción de carne son plataformas para abandonar prácticas no sostenibles e incorporar nuevos manejos en la producción en el corto plazo.

Bianchi, P., Taveira, G., Puente, R., Steffen, M., Gadino, I., Barindelli, N., Inda, H., Goyenola, G. & Mazzeo, N. 2018. Estrategias de rehabilitación de Laguna del Sauce desde la perspectiva del ordenamiento territorial. En P. Bianchi, G. Taveira, H. Inda, & M. Steffen, eds. Aportes para la rehabilitación de la Laguna del Sauce y el ordenamiento territorial de su cuenca. Maldonado: Instituto SARAS: 99–109.

Estrategias de rehabilitación de Laguna del Sauce desde la perspectiva del ordenamiento territorial

En los capítulos anteriores se explicitó un conjunto de medidas para revertir el proceso de eutrofización de Laguna del Sauce. Sin embargo, el proceso de toma de decisiones respecto a las acciones y/o medidas a implementar involucra un conjunto de factores e instrumentos principalmente desde el punto de vista del ordenamiento territorial.

Certezas, riesgos e incertidumbres

En los ámbitos de análisis y toma de decisión participativos previstos por la actual Ley 18.308/2008 de Ordenamiento y Desarrollo Sostenible, deben quedar explicitadas las certezas, las incertidumbres y los riesgos asociados.

El control del aporte externo de nutrientes constituye una estrategia indispensable para la rehabilitación de Laguna del Sauce y necesariamente deber ser la primera alternativa a ser ejecutada. Dicha afirmación es una certeza, ya se cuenta con un conocimiento completo y preciso de las consecuencias y los mecanismos causales asociados.

Por su parte, cuando se indica que es recomendable alcanzar una concentración de fósforo total en agua en el entorno de los 50 $\mu\text{g/l}$ a efectos de reducir la probabilidad de ocurrencia de floraciones de ciano-

bacterias tóxicas, estamos considerando un riesgo. En el riesgo se contemplan alternativas que cuentan con conocimiento, generalmente preciso, de la distribución probable de las consecuencias. Es altamente probable que con una concentración cercana a los 50 $\mu\text{g/l}$ de fósforo en la columna de agua se reduzcan las floraciones de cianobacterias tóxicas. Sin embargo, existe un margen de incertidumbre importante.

Toda problemática ambiental se caracteriza por un nivel de incertidumbre considerable, en la que las probabilidades de acierto o falla pueden ser incluso similares. Las alternativas de mantener un uso rural en los territorios aledaños al cuerpo de agua, o de promover la transformación a usos residenciales o turísticos de baja densidad, entran dentro del dominio de una considerable incertidumbre. Por el momento, en el caso particular de Laguna del Sauce, no es posible asignar probabilidades a estas alternativas. Esto obedece a que el control del aporte externo de nutrientes requiere la adopción de buenas prácticas para cada uso del suelo seleccionado (aún no definidas formalmente), así como la instalación de mecanismos efectivos de contralor y fiscalización, muy limitados en la actualidad.

Alternativas óptimas vs satisfactorias

Antes de comenzar con el análisis de las oportunidades, dificultades y desafíos de todas las alternativas posibles, es necesario comprender la diferencia entre una alternativa óptima y una satisfactoria. Es importante tener en cuenta las limitaciones humanas en la comprensión y resolución del problema planteado. La primera característica que emerge de esta limitación es la simplificación de la situación analizada a efectos de poder comprenderla y resolver a favor de una alternativa determinada, aunque no se controle toda la información del fenómeno considerado. Además, los seres humanos tienden a una percepción selectiva de la realidad, fuertemente influenciada por los deseos (se puede profundizar este aspecto en Arocena, 2010). En este sentido, March y Simon (1958) establecen un aspecto central a considerar: **lo que una persona desea y quiere influye en lo que percibe, y lo que percibe influye en lo que desea y quiere.**

Todos estos factores determinan que la alternativa escogida en el proceso de discusión y análisis participativo del ordenamiento territorial represente una solución satisfactoria. El calificativo satisfactorio es enteramente dependiente del contexto histórico del conocimiento disponible, los cambios recientes en el sistema de gobernanza (analizados en el próximo capítulo), y el resultado de la articulación y negociación de múltiples intereses compatibles e incompatibles entre sí.

Esta reflexión pretende alejar al lector y a los actores involucrados en los procesos participativos del espejismo de alcanzar una solución ideal u óptima en el corto plazo. Sin lugar a dudas, será posible acordar una solución satisfactoria que permita revertir las consecuencias adversas y la causalidad del proceso de eutrofización, pero esto requerirá de múltiples ajustes y modificaciones en el futuro.

Opción nula

La opción nula, significa no aplicar las alternativas consideradas y no establecer un plan de ordenamiento territorial que asegure el suministro de agua desde Laguna del Sauce. Esta opción implica asumir un riesgo considerable. La probabilidad de ocurrencia de floraciones de cianobacterias tóxicas e interferencias en el suministro de agua potable en el futuro próximo es muy alta.

Opción de rehabilitación

En caso de desechar la opción nula se debe asumir que la rehabilitación de Laguna del Sauce demanda la selección y la combinación de estrategias en distintas escalas espacio-temporales. Al mismo tiempo, la intervención y abordaje del problema requiere de la articulación y coordinación de distintos actores, tanto públicos como privados, así como de los ámbitos del gobierno nacional y departamental.

Una adecuada estrategia de rehabilitación requiere de la aplicación de medidas de acuerdo a la siguiente secuencia:

Primero: control del aporte externo de nutrientes.

Segundo: control de la carga interna de nutrientes.

Tercero: medidas adicionales para acelerar el proceso de recuperación.

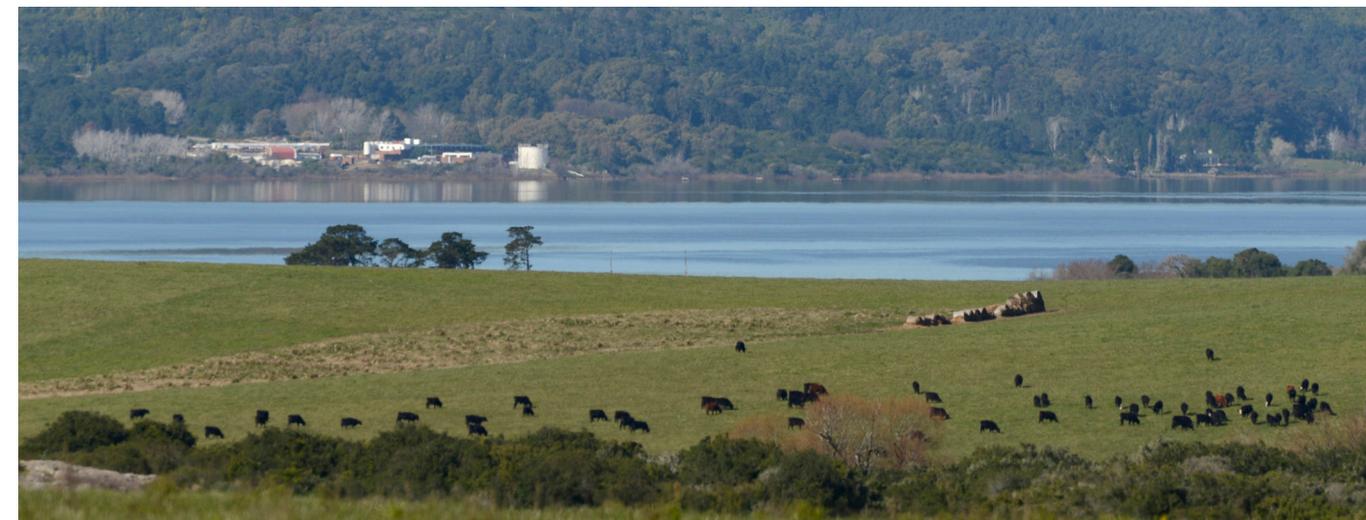
Control del aporte externo: oportunidades, dificultades y desafíos

La cuenca de Laguna del Sauce tiene la particularidad de que su área productiva es pequeña en relación al área total de la misma, pero se encuentra mayoritariamente concentrada en sectores aledaños al propio cuerpo de agua y sus principales tributarios (ver capítulo 3). Los factores que controlan dicho arreglo espacial comprenden la distribución de los diferentes tipos de suelo en la cuenca, geomorfología del territorio, vías de comunicación e intereses económicos. En este componente se puede plantear la dicotomía de conservar el suelo rural o de propiciar su transformación a usos predominantemente turísticos o de residencia de baja densidad. Cualquiera de las dos alternativas, sin una adecuada planificación e incorporación de medidas de manejo y prácticas que controlen el aporte de nutrientes a los cursos de agua, no logrará revertir e incluso puede intensificar el deterioro del sistema.

En la cuenca de Laguna del Sauce se detectan malas prácticas, tanto en el sector productivo, centros poblados, residencias particulares como en emprendimientos de barrios cerrados. En la mayoría de los casos la principal causa de los problemas detectados obedece al desconocimiento de los efectos de prácticas de uso corriente sobre la calidad de agua. Por otra parte, la capacidad de contralor y fiscalización en el propio territorio es limitada. Estos dos aspectos requieren de estrategias específicas que exceden el ámbito estricto de los instrumentos de ordenamiento y la planificación territorial. En pocas palabras, cualquiera de las opciones que se seleccionen puede resultar inconducente si al mismo tiempo no se aborda la difusión, la comprensión a través de la educación y apropiación de las buenas prácticas indicadas en el capítulo 4, así como el desarrollo e implementación de un sistema efectivo de contralor y fiscalización.

De acuerdo a la experiencia internacional, el control de los aportes externos de nutrientes a los cuerpos de agua de Europa y América del Norte se inició, fundamentalmente, a partir de la década de 1970 con la construcción de plantas de tratamiento de efluentes urbanos (Smith et al. 1999). El control de los aportes difusos, en particular de los sectores agrícolas y ganaderos, se implementó posteriormente debido a dos causas fundamentales. En primer lugar, los asentamientos humanos involucran poblaciones numerosas que generan aportes de nutrientes de gran magnitud. En segundo término, la comprensión de los intercambios de nutrientes entre los agroecosistemas, sistemas terrestres y los acuáticos, así como sus efectos sobre la calidad de agua, involucra un área de conocimiento de más reciente desarrollo y en plena expansión (Sharpley et al. 1994, Schindler 2006, Carpenter 2008, Schindler et al. 2008), particularmente en lo que respecta al diseño de prácticas productivas que minimizan la exportación de nutrientes desde los agroecosistemas sin afectar negativamente los rendimientos productivos (Sharpley et al. 2000).

En resumen, cualquiera de las opciones de uso de suelo: conservación del ámbito productivo de la cuenca versus transformación a usos turísticos o residenciales de baja intensidad, cuenta con estrategias científicamente comprobadas para controlar el aporte externo de nutrientes. La capacidad real de control de dicho aporte, en cualquiera de las alternativas consideradas, depende de factores culturales, sociales y económicos que condicionan la adopción de buenas prácticas y nuevos manejos.



Actividades productivas desarrolladas en el entorno inmediato a la Laguna del Sauce. Arriba, una pradera artificial con ganado vacuno. Abajo, un suelo sin cobertura vegetal luego de una cosecha de soja en el año 2013 donde además se observan parches de pradera artificial.



Aportes puntuales

El ordenamiento territorial debe focalizar sus esfuerzos en asegurar que el desarrollo de centros poblados, barrios cerrados o abiertos, tambos y sistemas productivos intensivos, cuente con sistemas adecuados de saneamiento y tratamiento de efluentes (incluida fase terciaria).

Las plantas de tratamiento de efluentes domésticos y el conjunto del sistema de saneamiento asociado son obras de infraestructuras muy costosas, generalmente no percibidas ni valoradas adecuadamente por la población. No obstante, el control de los aportes puntuales presenta la ventaja de su fácil identificación, control y fiscalización, en comparación con los aportes difusos. Además, se puede recurrir a sistemas alternativos menos costosos, por ejemplo humedales naturales o artificiales para centros poblados aislados o de baja densidad (Woodward & Wui, 2001, Tockner & Stanford 2002, Zedler & Kercher 2005).

Los centros poblados o zonas residenciales generan múltiples efectos adversos sobre los ecosistemas acuáticos que involucran: aporte de nutrientes, pérdida o fragmentación de hábitat, modificaciones del régimen hidrológico, aporte de contaminantes o patógenos (Arnolds Jr. & Gibbons 1996, Walsh et al. 2005, Tang et al. 2005, Palmer et al. 2010). La incidencia de estos factores torna recomendable la contención de las manchas urbanas en el territorio y, al mismo tiempo, el análisis cuidadoso de toda transformación que promueva centros poblados o desarrollos urbanos.

Aportes difusos

Fuera del ámbito estrictamente urbano, en los ámbitos rurales y suburbanos, deben implementarse nuevas estrategias de manejo y conservación de suelos y ecosistemas. En el ámbito rural es impres-

cindible la aplicación, a nivel de todos los predios de la cuenca, de los Planes de Uso y Manejo de Suelos exigidos desde el MGAP. Esta es una herramienta clave para la conservación del recurso suelo, diseñada para controlar la erosión y el aporte de sedimentos desde los sistemas terrestres a los cursos de agua. Sin embargo, sobre esta plataforma se deben incluir prácticas que controlen el aporte de residuos de plaguicidas y nutrientes no asociados al transporte de partículas.

De acuerdo a la normativa vigente, los Planes de Uso y Manejo de Suelos deben demostrar que las pérdidas de suelo estimadas para la rotación especificada no superan cierto umbral máximo llamado nivel de tolerancia (T). Este umbral se determina de acuerdo a determinadas propiedades de los suelos y a un modelo de simulación validado para las condiciones del país y tiene como objetivo que los suelos conserven su nivel productivo. El valor T no considera los posibles impactos negativos en la calidad de las aguas. Por lo tanto, esos niveles T no garantizan por sí solos que el uso del suelo en el sistema productivo especificado no genere escurrimientos y aportes nutrientes en forma significativa al cuerpo de agua. Para cuencas sensibles, donde el agua se utiliza para consumo humano, se debería utilizar un nivel de tolerancia más restringido.

Además de expandir la solicitud de Planes de Uso a las unidades productivas, agrícolas, ganaderas y lecheras ubicadas en la cuenca, y de un ajuste en los valores de tolerancia para la erosión (T), serán necesarias prácticas de manejo adicionales. Estas tienen como objetivo un adecuado régimen de fertilización del suelo, uso de plaguicidas, así como la regeneración, conservación y manejo de humedales y zonas de amortiguación. Los predios ganaderos deberían recorrer un proceso similar con la presentación de planes y la incorporación de varios manejos específicos que amortiguan el aporte de nutrientes hacia los sistemas acuáticos (ver capítulo 4). En este caso,



Actualmente es posible recorrer la cuenca de Laguna del Sauce y visualizar ganado sobre los márgenes del cuerpo principal de la laguna, lo cual implica una entrada difusa de nutrientes. Se recomienda que el ganado cuente con bebederos específicos y se limite el acceso a través de cercos.

el sistema de trazabilidad de la producción de carnes constituye una plataforma de gran potencial para avanzar en la materia.

Se recomienda asegurar la conservación y/o restauración de los humedales aledaños a los sistemas acuáticos. Estas interfases entre sistemas terrestres y acuáticos aumentan la capacidad de amortiguación y controlan la entrada de nutrientes (ver capítulo 4). En este sentido, el ámbito del ordenamiento territorial tiene un importante rol en la identificación y clasificación de los humedales de la cuenca y en el desarrollo de instrumentos específicos que aseguren su conservación. Es importante destacar que el país ya cuenta con instrumentos para llevar a la práctica esta recomendación, como las regulaciones sobre

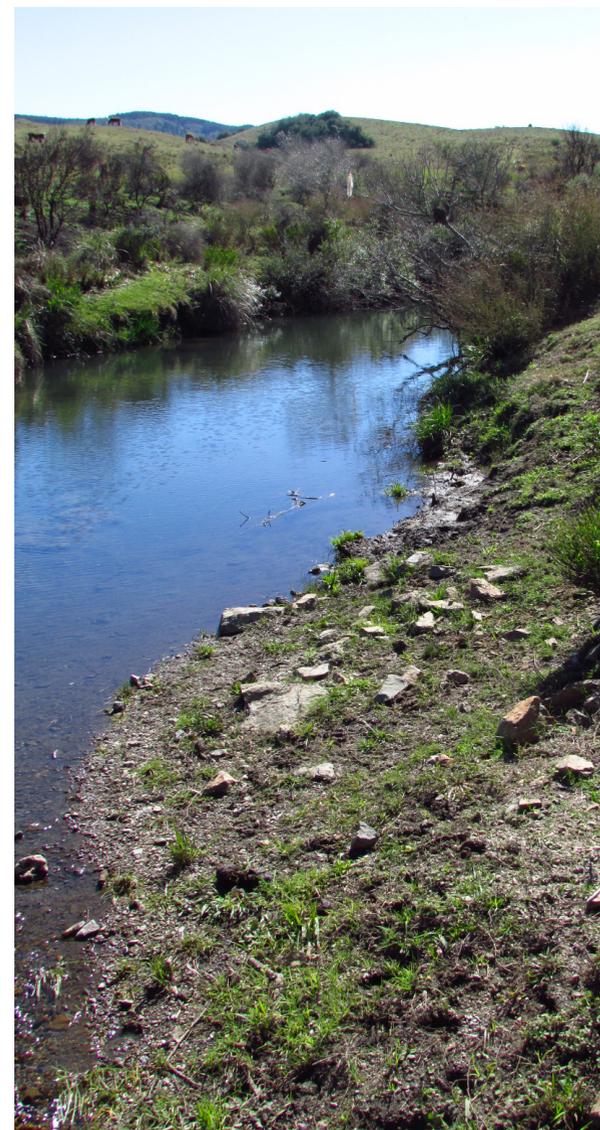
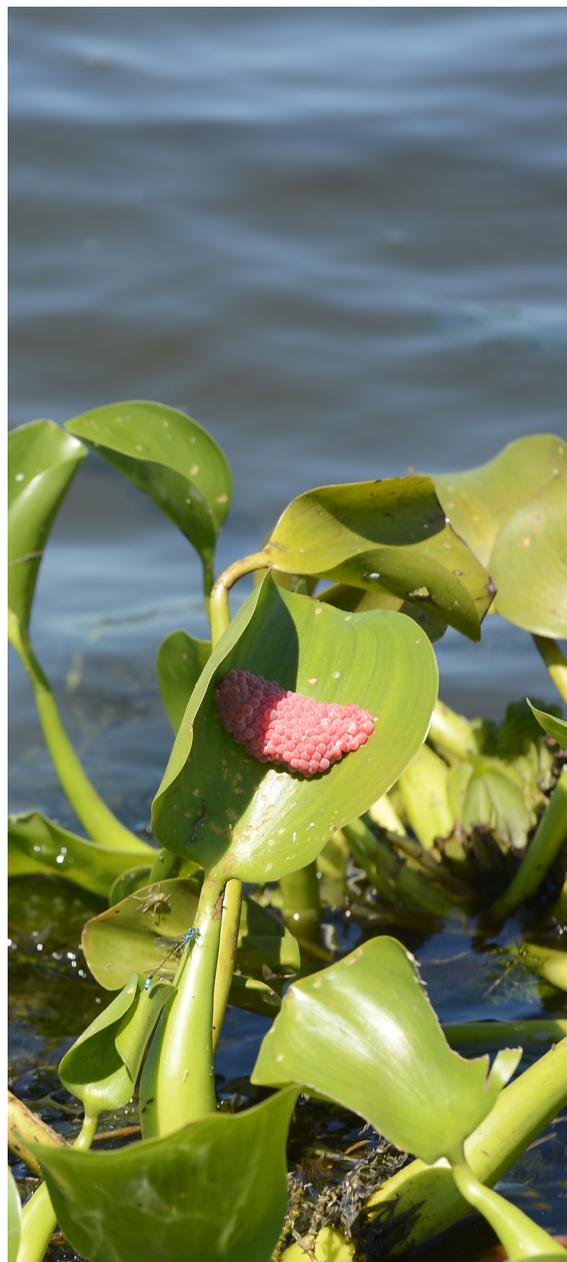
explotación de leña nativa de montes riparios, Ley nº 15.939, y los Planes de Uso y Manejo de Suelos en la agricultura, Ley nº 18.564. Sería oportuno diseñar además otros instrumentos para promover la recuperación de áreas de humedales destruidos o reemplazados, necesarias para el control de los aportes externos de nutrientes.

La incorporación de nuevas prácticas en los sectores productivos demanda cambios culturales importantes que incluyen el abandono de algunas prácticas tradicionales. Para lograr esto es necesario trabajar en una estrategia de comunicación y extensión sobre estas prácticas y su incorporación tanto a nivel de los productores como de los técnicos que respaldan las presentaciones de los planes ante el MGAP.

Otro punto a tener en cuenta es el económico. La incorporación de prácticas orientadas a la rehabilitación de Laguna del Sauce genera costos adicionales para el productor, como la transición de cultivos continuos a rotaciones, el no producir en zonas buffers o humedales, el análisis recurrente de niveles de nutrientes de suelo y la incorporación de nuevos equipamientos. Estos costos deben ser internalizados en el análisis económico del proceso de rehabilitación de Laguna del Sauce y en los costos vinculados a los procesos de potabilización del agua.

En el contexto de Uruguay y de acuerdo a su actual matriz socio-económica, es recomendable recorrer en primera instancia la incorporación de nuevas prácticas en el sector productivo, manteniendo los suelos rurales en la cuenca. A corto y mediano plazo es necesario transformar los sistemas productivos, de forma tal que aseguren un nivel de productividad atractivo para el productor y sostenido en el tiempo. Simultáneamente se debe minimizar efectos ambientales adversos, en particular la pérdida de servicios ecosistémicos claves para el bienestar humano. La alternativa planteada es técnicamente posible, pero requiere de transformaciones importantes en diversos subsistemas, sociales y económicos.

Laguna del Sauce es un buen modelo para explorar los impactos de las transformaciones sugeridas debido a la baja intensidad de actividades productivas en comparación con otros territorios. Ello permitirá mayor grado de libertad para ensayar las transformaciones sugeridas y generar información de gran utilidad para su posterior incorporación en otros ámbitos territoriales. En las alternativas sugeridas debe considerarse que el control y fiscalización efectiva de los aportes difusos plantea complejidades mayores y costos económicos más importantes que en el caso de los aportes puntuales.



Afluente de la cuenca de la Laguna del Sauce desprovisto casi totalmente de vegetación riparia sobre sus márgenes. En este caso, los nutrientes llegan directamente al agua debido a la inexistencia de una zona de amortiguación.

Control de la carga interna de nutrientes

De acuerdo a lo analizado en el capítulo 4 el ordenamiento territorial tiene un papel muy relevante en asegurar un adecuado rendimiento hidrológico de la cuenca, al promover la capacidad de lavado y exportación de la carga interna de nutrientes. Para mantener esta capacidad es necesario planificar el área a ocupar por parte de la forestación en la cuenca y establecer un límite que evite impactos importantes en años secos (Lesch & Scott, 1997; Scott & Lesch 1997; Fernández et al. 2006; Silveira & Alonso 2009).

Esto plantea grandes desafíos ya que requiere incorporar la cuenca como unidad de análisis en sentido estricto. La planificación debe pasar del análisis a escala predial a una planificación de la cuenca en su conjunto. Para ello es necesario considerar la acumulación de efectos a nivel predial y se debe crear un sistema de intercambios de áreas y destinos productivos entre dueños y arrendatarios de la tierra en la cuenca. El precio actual de la tierra en la cuenca, el crecimiento del sector de los olivares y las transformaciones asociadas a la nueva ruralidad vinculada al esparcimiento y recreación, pueden contrarrestar la expansión de la forestación de *Eucalyptus* y *Pinus*. Sin embargo, el funcionamiento del puerto maderero de La Paloma plantea una enorme presión a ser considerada y planificada por la cercanía al puerto de Montevideo y los nuevos planes de instalar una tercera planta de celulosa en el país.

El rendimiento hidrológico de la cuenca incide en el tiempo de residencia del reservorio, control fundamental de las floraciones de cianobacterias (Paerl et al. 2011; Paerl & Paul 2012; Merel et al. 2013; Mosley 2015). Al mismo tiempo determinará la velocidad de recuperación del sistema una vez controlado el aporte externo de nutrientes.

Medidas adicionales para acelerar el proceso de recuperación

Los usos del propio sistema acuático plantean diversos desafíos. En primer lugar, el uso y manejo de las zonas litorales y vegetación acuática debe ser planificada y controlada. Pese a constituir un componente muy sensible del ecosistema, es manejado actualmente en función de intereses particulares, que no tienen en cuenta los efectos negativos sobre la calidad del agua. Estos componentes del ecosistema requieren de regulaciones específicas tanto del ámbito departamental como nacional.

Por otro lado, la pesca artesanal en Laguna del Sauce se concentra en los predadores tope (*Hoplias malabaricus* -Tararira- y *Rhamdia quelen* -Bagre Negro-), lo que tiene efecto negativo para el proceso de rehabilitación. Es necesario implementar un esquema formal de evaluación de los recursos ictícolas y de la pesca artesanal por parte de la DINARA-MGAP. Otro aspecto importante a modificar es el rol del Estado en la siembra de carpas en cuerpos de agua (DINARA-MGAP), independiente de las características de los mismos y de su uso predominante. Tal como se señaló en el capítulo 4, esta especie tiene una serie de efectos sinérgicos con el proceso de eutrofización que deben ser evitados. El ordenamiento territorial debe incluir reglas claras para esta actividad.

El sistema Laguna del Sauce presenta la mayoría de las especies invasoras de sistemas acuáticos del Uruguay debido a las actividades de navegación y a las modificaciones que genera el propio proceso de eutrofización. Por lo tanto, es importante continuar con la exclusión del uso de motores de dos tiempos y promover el uso de navegación a vela o motores de cuatro tiempos. Simultáneamente deben incorporarse una serie de prácticas y controles a efectos de limitar la dispersión de organismos exóticos (Dudgeon et al. 2006, Hulme 2009).

Todas estas sugerencias demandan un esquema claramente pautado de los usos permitidos del cuerpo de agua y un efectivo sistema de contralor y fiscalización.

Referencias

- Arnold, C.L. & Gibbons, C.J. 1996. Impervious Surface Coverage: The Emergence of a Key Environmental Indicator. *Journal of the American Planning Association* 62(2): 243–258.
- Arocena, J. 2010. Las organizaciones humanas: de la racionalidad mecánica a la inteligencia organizacional. Universidad Católica del Uruguay, Montevideo. 300pp.
- Carpenter, S.R. 2008. Phosphorus control is critical to mitigating eutrophication. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105(32): 11039–11040.
- Dudgeon, D., Arthington, A.H., Gessner, M.O., Kawabata, Z.-I., Knowler, D.J., Lévêque, C., Naiman, R.J., Prieur-Richard, A.-H., Soto, D., Stiassny, M.L.J. & Sullivan, C.A. 2006. Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews* 81(2): 163–182.
- Fernández, C., Vega, J.A., Gras, J.M. & Fonturbel, T. 2006. Changes in water yield after a sequence of perturbations and forest management practices in an Eucalyptus globulus Labill. watershed in Northern Spain. *Forest Ecology and Management* 234(1-3): 275–281.
- Hulme, P.E. 2009. Trade, transport and trouble: Managing invasive species pathways in an era of globalization. *Journal of Applied Ecology* 46(1): 10–18.
- Larson, W.E. 1981. Protecting the soil resource base. *Journal of Soil and Water Conservation* 36(1): 13–16.
- Lesch, W. & Scott, D.F. 1997. The response in water yield to the thinning of *Pinus radiata*, *Pinus patula* and *Eucalyptus grandis* plantations. *Forest Ecology and Management* 99(3): 295–307.
- March, J.G. & Simon, H.A. 1958. *Organizations*. 2nd Edition (1993). Blackwell Publishers, Massachusetts. 290 pp.
- Merel, S., Walker, D., Chicana, R., Snyder, S., Baurès, E. & Thomas, O. 2013. State of knowledge and concerns on



cyanobacterial blooms and cyanotoxins. *Environment international* 59: 303–27.

Mosley, L.M. 2015. Drought impacts on the water quality of freshwater systems; review and integration. *Earth-Science Reviews* 140: 203–214.

Paerl, H.W., Hall, N.S. & Calandrino, E.S. 2011. Controlling harmful cyanobacterial blooms in a world experiencing anthropogenic and climatic-induced change. *Science of the Total Environment* 409(10): 1739–1745.

Paerl, H.W. & Paul, V.J. 2012. Climate change: Links to global expansion of harmful cyanobacteria. *Water Research* 46(5): 1349–1363.

Palmer, M.A., Menninger, H.L. & Bernhardt, E. 2010. River restoration, habitat heterogeneity and biodiversity: A failure of theory or practice? *Freshwater Biology* 55(SUPPL. 1): 205–222.

Schindler, D.W. 2006. Recent advances in the understanding and management of eutrophication. *Limnology and Oceanography* 51(1,2): 356–363.

Schindler, D.W., Hecky, R.E., Findlay, D.L., Stainton, M.P., Parker, B.R., Paterson, M.J., Beaty, K.G., Lyng, M. & Kasian, S.E.M. 2008. Eutrophication of lakes cannot be controlled by reducing nitrogen input: Results of a 37-year whole-ecosystem experiment. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105(32): 11254–11258.

Scott, D.F. & Lesch, W. 1997. Streamflow responses to afforestation with *Eucalyptus grandis* and *Pinus patula* and to felling in the Mokobulaan experimental catchments, South Africa. *Journal of Hydrology* 199(3):360-377.

Sharpley, A.N., Chapra, S.C., Wedepohl, R., Sims, J.T., Daniel, T.C. & Reddy, K.R. 1994. Managing Agricultural Phosphorus

for Protection of Surface Waters: Issues and Options. *Journal of Environmental Quality* 23.

Sharpley, A.N., Foy, B.H. & Withers, P.J.A. 2000. Practical and Innovative Measures for the Control of Agricultural Phosphorus Losses to Water: An overview. In *Journal of Environmental Quality* 1–9.

Silveira, L. & Alonso, J. 2009. Runoff modifications due to the conversion of natural grasslands to forests in a large basin in Uruguay. *Hydrological Processes* 23(2): 320–329.

Smith, V.H., Tilman, G.D. & Nekola, J.C. 1999. Eutrophication: Impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. *Environmental Pollution* 100(1-3): 179–196.

Tang, Z., Engel, B.A., Pijanowski, B.C. & Lim, K.J. 2005. Forecasting land use change and its environmental impact at a watershed scale. *Journal of Environmental Management* 76(1): 35–45.

Tockner, K. & Stanford, J.A. 2002. Riverine flood plains: present state and future trends. *Environmental Conservation* 29(03): 308–330.

Walsh, C.J., Roy, A.H., Feminella, J.W., Cottingham, P.D., Groffman, P.M. & Morgan, R.P. 2005. The urban stream syndrome: current knowledge and the search for a cure. *Journal of the North American Benthological Society* 24(3): 706.

Woodward, R.T. & Wui, Y.S. 2001. The economic value of wetland services: A meta-analysis. *Ecological Economics* 37(2): 257–270.

Zedler, J.B. & Kercher, S. 2005. Wetland Resources: Status, Trends, Ecosystem Services, and Restorability. *Annual Review of Environment and Resources* 30(1): 39–74.