



Programa Interinstitucional de Monitoreo de la calidad del agua de las lagunas costeras de Uruguay

Lorena Rodríguez-Gallego ^a, Elena Rodo ^b, Carolina Lescano ^a, Malvina Masdeu ^b, Natalia Bonilla ^c, Matías Dobroyan ^d, Graciela Fabiano ^c, Ana Martínez ^c, Soledad Pasquariello ^a, Matías Pereiro ^c, Sebastián Serra ^a, Santiago Silveira ^c, Inés Pereyra ^c, Martín Laporta ^c, Alfredo Pereira ^c, Orlando Santana ^c, María Salhi ^c, Ana Bazterrica ^c, Adriana Zulani ^c, Irene Machado ^a y Soledad Costa ^a

^a Centro Universitario Regional Este, Uruguay, dunachirca@gmail.com.

^b Dirección Nacional de Medio Ambiente, MVOTMA, Uruguay.

^c Dirección Nacional de Recursos Acuáticos, MGAP, Uruguay

^d División Bromatología, Intendencia de Rocha, Uruguay

^e Laboratorio Regional de OSE, Uruguay

RESUMEN: Las lagunas costeras de Uruguay, son someras y de agua salobre, se cara erizan por la conexión periódica con el océano que se produce por la apertura de un canal en la barra de arena que las separa del mar. Son sistemas de relevancia por su biodiversidad, producción pesquera y el ecoturismo. Las actividades en la cuenca ponen en riesgo algunos de sus principales valores, como la calidad de sus aguas, debido a un aumento en la llegada de nutrientes por aumento de la agricultura y de los aportes urbanos, la apertura artificial de sus barras y la construcción de infraestructuras rígidas sobre las mismas (puentes y viviendas). Desde 2017 se implementa un monitoreo interinstitucional entre DINAMA, el Centro Universitario Regional del Este, OSE, ID y DINARA. El objetivo de esta comunicación es socializar el programa de monitoreo colaborativo y sus resultados principales en los dos primeros años (2017 y 2018), los que indican que si bien la calidad ambiental es aceptable, se observan alertas tempranas de afectaciones que deben ser atendidos antes de alcanzar estados con niveles de degradación irreversibles.

PALABRAS CLAVE: monitoreo, lagunas costeras, pesticidas, eutrofización.

1 INTRODUCCIÓN

En la costa atlántica de Uruguay se encuentra un sistema de lagunas costeras de agua salobre integrado por Laguna José Ignacio (JI), Laguna Garzón (G), Laguna de Rocha (R) y Laguna de Castillos (C). Estas son someras (profundidad media de 0.5 m) y tienen la particularidad de que se conectan periódicamente con el océano a través de la apertura de un canal en la barra de arena que las separa del mar. Ese mecanismo natural permite eliminar contaminantes del sistema, mantiene la calidad del agua y la alta productividad pesquera (1). Las lagunas tienen una elevada biodiversidad y paisajes característicos, tienen gran importancia social debido a que sustentan una de las pesquerías artesanales continentales más destacadas de la costa y un desarrollo ecoturístico creciente. Por esto tienen múltiples categorías de conservación nacionales e internacionales. La calidad del agua de estos sistemas está siendo afectada por diversas actividades en la cuenca, como el aumento de la agricultura y aportes urbanos, sumado a la apertura artificial de sus barras y la construcción de infraestructuras rígidas sobre las mismas (puentes y viviendas).

El monitoreo colaborativo surgió como iniciativa de DINAMA en 2017, para sumar las capacidades descentralizadas de diferentes instituciones: DINAMA-MVOTMA (División Calidad Ambiental), el CURE-UdelaR (Centro Universitario Regional del Este), OSE (Regional Este), IDR (Intendencia Departamental de Rocha) y DINARA-MGAP (Dirección Nacional de Recursos Acuáticos). Si bien las instituciones locales realizaban monitoreo, este era parcial, intermitente y descoordinado. Actualmente abarca las cuatro lagunas y sus tributarios principales. En este trabajo se reportan los resultados de C, R y G, ya que JI fue incluida recientemente. Se analizan indicadores físico-químicos y biológicos de calidad del agua y del sedimento y variables biológicas relevantes para monitorear calidad del agua, integridad ecológica y producción pesquera. Los datos de acceso público en el Sistema de Información del MVOTMA. El objetivo de esta comunicación es

2 DESCRIPCIÓN DEL MONITOREO

Los sitios de muestreo se distribuyen en cada laguna de acuerdo al gradiente de salinidad, que disminuye con la distancia al mar (norte, centro y sur). En C se incluyó un sitio en el Bolsón del Chafalote que drena una extensa área de humedales y en el puente en Ruta 10 sobre el A° Valizas. A su vez se monitorean los afluentes principales de C y R (no se consideraron los afluentes de G en éste período). Los muestreos se realizaron estacionalmente desde 2017 a 2018 en C y R y en G comenzaron en primavera 2017. Las variables físico-químicas analizadas en agua son: oxígeno disuelto, temperatura, pH, conductividad, DBO, sólidos en suspensión y turbidez, nitrógeno y fósforo total y disueltos y coliformes termotolerantes. En sedimento (en lagunas) se determina materia orgánica, nitrógeno y fósforo total, pesticidas (atrazina, glifosato, cipermetrina, PAH's, entre otros) y metales pesados (Cd, Cr, Pb, Cu, Hg). También se determina clorofila a del agua y del sedimento. Las comunidades biológicas analizadas son fitoplancton (en A° Valizas), composición y abundancia de bentos, abundancia de larvas y huevos de peces (ictioplancton, sin identificación taxonómica). Además, se analizan periódicamente los muestreos de desembarques de la pesca artesanal, analizándose el contenido de metales pesados (Hg, Cd y Pb) en distintas especies de peces y crustáceos.

Los arroyos son muestreados principalmente por OSE, las lagunas por el CURE y los peces y crustáceos de interés comercial por DINARA. Las muestras son distribuidas entre las instituciones de acuerdo a sus capacidades analíticas. DINAMA determina pesticidas y otros contaminantes en sedimento; DINARA metales pesados en peces, desembarques de pesca y fitoplancton del A° Valizas; IDR coliformes de las lagunas; OSE DBO (lagunas y arroyos), nutrientes y clorofila a de los arroyos y CURE analiza nutrientes y clorofila a de agua y sedimento de las lagunas, bentos e ictioplancton. Por razones de espacio omitimos la metodología específica de cada variable (1, 2)..

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La barra arenosa de R se encontró abierta en invierno y primavera de ambos años, en C estuvo predominantemente abierta con excepción de otoño e invierno de 2017 y en G si bien fue intervenida varias veces en el período únicamente en invierno y primavera de 2018 la apertura generó un ingreso de agua marina. La conductividad fue muy variable entre sitios, estaciones del año y lagunas, siendo más elevada en R, seguida de C. La conductividad en C fue máxima en el A° Valizas (43300 uS/cm) y mínima en el Bolsón del Chafalote (136 uS/cm), y los sitios en la laguna fueron intermedios (promedio: 7882 ± 5931 uS/cm) siendo mayor el sur. En R la conductividad estuvo entre 198 y 33300 μ S/cm, siendo menor en invierno y en el norte y en G estuvo entre 1380 y 20500



$\mu\text{S}/\text{cm}$, siendo mayor con barra abierta. La temperatura fue similar entre las tres lagunas, sin diferencias entre zonas, con valores mínimos y máximos de $9.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $28.4\text{ }^{\circ}\text{C}$. El pH, el oxígeno disuelto, la DBO5 y los coliformes termotolerantes se mantuvieron generalmente en el rango aceptado para aguas para recreación (Decreto 253/79) y dentro de los rangos históricos para todas las lagunas (1, 2). La turbidez varió desde 0 TNU hasta valores elevados de 194 TNU, con una relación inversa a la salinidad. La elevada turbidez es causada por resuspensión debido al efecto del viento (3).

La concentración de nitrato fue generalmente baja en las tres lagunas (en varias ocasiones por debajo del límite de detección), fundamentalmente en verano. El máximo valor se registró en G 0.477 mg N/L , seguida de C (0.245 mg N/L) y R (0.153 mg N/L). El NT mostró valores generalmente por debajo del límite propuesto por DINAMA ($500\text{ }\mu\text{g/L}$) con una tendencia a descender en el período de estudio, siendo mayor en verano. El valor promedio fue similar entre las tres lagunas (entre $0.61\text{ } \pm 0.30$ y $0.66\text{ } \pm 0.22\text{ mg N/L}$), siendo máximo en el Bolsón del Chafalote (1.13 mg N/L) y el A° Valizas (1.12 mg N/L). El fósforo reactivo soluble y el PT se comportaron de forma similar en cada laguna, sin un patrón estacional claro, con valores generalmente mayores en las zonas norte y centro y en el A° Valizas. En general estuvieron por encima del límite establecido por la normativa ($25\text{ }\mu\text{g P/L}$ decreto 253/79). Los valores máximos de fósforo reactivo soluble fueron $95.7\text{ }\mu\text{g P/L}$ en R, $90.9\text{ }\mu\text{g P/L}$ en G y $72.9\text{ }\mu\text{g P/L}$ en el A° Valizas. Los valores máximos de fósforo total fueron 155.5 y $157.8\text{ }\mu\text{g P/L}$ en el A° Valizas y centro de C, $211.9\text{ }\mu\text{g P/L}$ en el sur de G y $175.0\text{ }\mu\text{g P/L}$ en el norte de R. El valor promedio fue $98.6\text{ } \pm 41.9\text{ }\mu\text{g P/L}$ en R, $75.6\text{ } \pm 44.2\text{ }\mu\text{g P/L}$ en C y $134.7\text{ } \pm 44.1\text{ }\mu\text{g P/L}$.

La clorofila-a fue mayor en los meses cálidos y en las estaciones centro y norte en las tres lagunas (máximo de $12.2\text{ }\mu\text{g/L}$ en el norte de R y $12.2\text{ }\mu\text{g/L}$ en el centro de G) y en C fue máxima en el A° Valizas ($11.9\text{ }\mu\text{g/L}$). Generalmente se observó una asociación positiva entre la concentración de clorofila-a y las formas de fósforo, en algunos casos también con el nitrato, y una relación inversa con la salinidad.

Las tres lagunas fueron clasificadas en estado mesotrófico por sus niveles de clorofila a promedio (4, 5). En R y G se registró un aumento en los niveles de fósforo promedio respecto al valor histórico (datos de F. de Ciencias-CURE).

Las tres lagunas mostraron rangos similares de nutrientes y clorofila-a, lo que podría relacionarse a que sus cuencas presentan usos y tipos de suelo similares (3), precipitación similar y cierta sincronía en la conexión con el mar. Presentaron un gradiente norte – sur de conductividad, turbidez y algunos nutrientes, coincidiendo con (3) y un descenso de la conductividad en invierno debido al mayor aporte de agua dulce. En estos períodos se observaron aumentos en los niveles de turbidez, de algunos nutrientes y de coliformes termotolerantes, posiblemente por efecto de una mayor escorrentía.

Los metales analizados en la matriz sedimento de las tres lagunas obtuvieron valores cuantificables para el Cr, Cu y Hg, aunque por debajo de los estándares ambientales internacionales como las guías canadienses (Cr: 37.3 , Cu: 35.7 mg/kg , Hg: 0.17 mg/kg). Asimismo, se registraron valores cuantificables de agroquímicos. En R se encontraron clorpirifos, pp`DDE y Dieldrin; en C clorpirifos, cipermetrina y glifosato; y en G clorpirifos, dieldrin, endosulfan alfa, cipermetrina y glifosato. Los valores de clorpirifos en las tres lagunas se encontraron cercanos al límite de detección, aunque los valores de pp`DDE y dieldrin excedieron los límites establecidos en la normativa Nacional (6). Si bien se carece de normativa nacional, se registraron resultados elevados para glifosato, cipermetrina y endosulfan alfa. Los compuestos bifenilos policlorados (PCB) indicadores y los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs), que fueron analizados únicamente en el verano del 2018, presentaron concentraciones por debajo de límite de detección analítico (LD: $0.1\text{ }\mu\text{g/kg}$), a excepción del PCB 028 que presentó en todos los sitios una concentración de $0.2\text{ }\mu\text{g/kg}$. Respecto

a los PAHs se registraron valores cuantificables, sin embargo ninguno superó los estándares establecidos (6).

En arroyos el rango de conductividad varió entre 0.26 y 1010 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Respecto al oxígeno los valores cumplieron con el decreto 253/79 ($\geq 5 \text{ mg/L}$), a excepción de algunos registros de los arroyos La Palma y Las Conchas (cuenca de R) y en la cañada Los Olivera y el arroyo Castillos (cuenca de C). De igual forma, la concentración de nutrientes fue más elevada en los arroyos La Palma, Las Conchas y la cañada Los Olivera, en los cuales todos los valores de fósforo y nitrógeno total excedieron la normativa ambiental y valores de referencia.

En el A° Valizas no se registraron floraciones de cianobacterias, aunque sí se hallaron presentes especies potencialmente tóxicas (e.g *Dolichospermum* spp, *Aphanizomenon* sp), principalmente en verano. Se registró un total de 45 taxas distribuidos en 8 clases y se registró una especie de ciliado autótrofo (*Myrionecta rubra*) abundante durante el otoño de 2018. Las diatomeas presentaron la mayor abundancia y biovolumen la mayor parte del período. El fitoplancton mostró indicios de eutrofización, evidenciado por la ocurrencia y abundancia de cianobacterias y baja riqueza de fitoplancton (fue más evidente en 2017), principalmente en verano, a lo que se sumó la presencia de especies filamentosas de gran tamaño (e.g *Spirogyra* sp y *Meugeotia* sp) que generan matas de algas de gran tamaño, que son indicadores de eutrofización.

La comunidad bentónica presentó la mayor riqueza específica en R alcanzando 20 taxa, 14 taxa en C y G presentó los menores valores (máximo de 8 y mínimo de 4 taxa). El caracol *Heleobia* aff. *australis* fue el más abundante (máximos de hasta 94440 individuos/m²). Los otros taxa registrados en todos los muestreos fueron *Erodona mactroides*, *Heteromastus* cf. *similis* y *Nephtys fluviatilis*, con frecuencias moderadas a altas. Las tres lagunas presentan la fauna bentónica esperable de ambientes estuarinos y coincidente con estudios previos en estas lagunas. No se observan especies indicadoras, a priori, de eutrofización u otros contaminantes. Se registraron larvas y huevos de peces en las tres lagunas, siendo más frecuentes y abundantes en R, seguido de C en las zonas centro y sur. En G se registraron cuando la barra estuvo abierta pero en bajas abundancias (máxima abundancia 11 ind.100m⁻³). En C la abundancia máxima fue 711 ind.100m⁻³ en el norte en primavera de 2018. R mostró la máxima abundancia registrada en el centro en primavera de 2017 (2719 ind.100 m⁻³).

Las especies de peces de interés pesquero más representadas en los desembarques de la pesca artesanal de R y C fueron corvina blanca (*Micropogonias furnieri*), lenguado (*Paralichthys orbignyanus*), pejerrey (*Odontesthes argentiniensis*) y lacha (*Brevoortia aurea*) durante invierno; y corvina blanca y lacha durante primavera. Estas especies marino-estuarinas son las habitualmente capturadas en estas lagunas y estaciones del año (7) y son las especies más frecuentes (n=10) del inventario de peces de las lagunas costeras salobres que reúne 107 especies (Fabiano et al., en prep.). Los valores de los parámetros de las relaciones largo-peso estimadas para las diferentes especies fueron similares a los establecidos para las dos lagunas. Estas relaciones podrán ser utilizados para la estimación de factores de condición y la determinación para cada especie del estado de salud de las poblaciones. Se analizó la totalidad de la zafra de camarón (*Penaeus paulensis*) en verano y otoño de 2018. Los volúmenes de pesca fueron muy importantes tanto en C (87 toneladas) como en R (111 toneladas). Las tallas y pesos registrados coinciden con los tamaños históricos en ambas lagunas (8). La variabilidad de tallas y pesos estaría determinada por las variaciones en temperatura y salinidad. Los valores de los parámetros de las relaciones largo-peso estimadas para camarón son similares a los establecidos por (8) para las dos lagunas. Con relación a cangrejo sirí (*Callinectes sapidus*), los dos años de muestreo en campañas de pesca exploratoria (2017 y 2018), mostraron abundancias bajas a muy bajas, particularmente en 2018 en R. La composición observada de tallas para ambos sexos fue amplia y se corresponde a las etapas iniciales de su ciclo vital, luego del ingreso a las lagunas como megalopa.



No se detectaron niveles de cadmio y plomo en músculo de pescado en R ni C en 2017, por lo que no se continuó con esta determinación. Los valores detectados de mercurio variaron entre valores no detectables ($LD=0.028$ mg/kg) y $0,25$ mg/kg, valor inferior a los límites establecido en las normativas internacionales y en la normativa nacional para consumo humano. El promedio de mercurio en muestras de *M. furnieri* en R (0.19 ± 0.044 mg/kg) fue significativamente superior ($P<0.05$) al encontrado en la misma especie en C (0.080 ± 0.035 mg/kg).

Estos resultados muestran la necesidad de considerar medidas de gestión en algunos arroyos con indicadores de deterioro, respecto al uso de fertilizantes y pesticidas en la cuenca, así como al manejo de las barras (especialmente en G). Es necesario continuar el monitoreo a largo plazo para evaluar el estado ambiental y obtener alertas tempranas que permitan tomar medidas a tiempo. El monitoreo colaborativo entre instituciones permitió generar una base de datos muy completa en poco tiempo, así como el análisis integrado de la misma.

4 REFERENCIAS

- 1) DINAMA, OSE, DINARA, IDR, CURE (2018). Estado ambiental de las lagunas costeras de Rocha y Castillos y de sus principales tributarios. Montevideo.
- 2) DINAMA, OSE, DINARA, IDR, CURE (2019). Estado ambiental de las lagunas costeras de Rocha y Castillos y de sus principales tributarios. Montevideo. En elaboración.
- 3) Rodríguez-Gallego, L., Achkar, M., Defeo, O., Vidal, L., Meerhoff, E., Conde, D. (2017) Effects of land use changes on eutrophication indicators in five coastal lagoons of the Southwestern Atlantic Ocean. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 188: 116-126.
- 4) OECD (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico) (1982). Eutrophication of Waters. Monitoring, Assessment and Control. Cooperative Programmers on Monitoring of Inland Waters (Eutrophication Control), Environment Directorate, OECD Paris, Final Report. France.
- 5) Lamparelli, M. (2004). Graus de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento. Tesis de Doctorado, Universidad de San Pablo (disponible on-line).
- 6) Gesta- aguas (2017). Establecimiento de niveles guía de indicadores de estado trófico en cuerpos de agua superficiales. Informe de la mesa técnica del agua. Montevideo.
- 7) Santana, O., Fabiano, G., 1999. Medidas y Mecanismos de Administración de los Recursos de las Lagunas Costeras del Litoral Atlántico del Uruguay. Publicaciones del Plan de Investigación Pesquera INAPE-PNUD/URU/92/ 003, Montevideo. 165 pp.
- 8) Santana, O., Silveira, S., Fabiano, G. (2015). Catch variability and growth of pink shrimp (*Farfantepenaeus paulensis*) in two coastal lagoons of Uruguay and their relationship with ENSO events. *Brazilian Journal of Oceanography* 3:3