



**MVOTMA**

Ministerio de Vivienda  
Ordenamiento Territorial  
y Medio Ambiente

# Estado ambiental de las lagunas costeras de Rocha y Castillos y de sus principales tributarios

Diciembre 2018



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY



# Estado ambiental de las lagunas costeras de Rocha y Castillos y de sus principales tributarios.

DICIEMBRE 2018



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY



## **Instituciones Participantes**

Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA)  
Dirección Nacional del Medio Ambiente (DINAMA)  
División Calidad Ambiental  
División Laboratorio Ambiental

Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca (MGAP)  
Dirección Nacional de Recursos Acuáticos (DINARA)  
Departamento de Biología Poblacional

Obras Sanitarias del Estado (OSE)  
Laboratorio Regional Ambiental Sureste

Intendencia Departamental de Rocha (IDR)  
Gestión Ambiental  
Bromatología

Universidad de la República Oriental del Uruguay (UDELAR)  
Centro Universitario Regional del Este (CURE)  
Polo de Desarrollo Universitario (PDU)  
Ecología Funcional de Sistemas Acuáticos

## **Institución Coordinadora - DINAMA**

División Evaluación de la Calidad Ambiental  
Jefe Ing. Luis Reolón

Departamento Evaluación Ambiental Integrada  
Jefa Mag. Lizet De León

## **Responsables del informe y coordinación**

Mag. Elena Rodó  
Mag. Malvina Masdeu

## **Como citar este informe:**

DINAMA, OSE, DINARA, IDR, CURE (2018). Estado ambiental de las lagunas costeras de Rocha y Castillos y de sus principales tributarios.

**Foto tapa:** Marcos Mendizabal

## **Técnicos Participantes**

### DINAMA

Mag. Elena Rodó  
Mag. Malvina Masdeu  
Lic. Pablo Pereyra  
Q.F Natalia Barboza  
Q.F Alejandro Mangarelli  
Bach. Vivian Muñoz  
Qco. Rodrigo Souza

### DINARA

Mag. Graciela Fabiano  
Lic. Ana Martínez  
Lic. Santiago Silveira  
Mag. Martín Laporta  
Mag. Inés Pereyra  
Mag. Orlando Santana  
Dra. María Salhi  
Mag. Alfredo Pereira

### OSE

Lic. Natalia Bonilla  
Lic. Matías Pereiro  
Bach. Emilio Fossali

### IDR

Ing. Alim. Matías Dobroyan

### CURE

Dra. Lorena Rodriguez-Gallego  
Mag. Carolina Lescano  
Mag. Sebastián Serra  
Bach. Soledad Costa

### Agradecimientos:

Especialmente al personal del SNAP que participó en los monitoreos:  
Daniel Sosa, Andrés Sosa, Juan Carlos Gambarotta y Verónica Pombo

## Contenido

Índice de Figuras.....	5
Índice de Tablas.....	7
Resumen.....	8
1 Introducción.....	9
1.1 Área de estudio y antecedentes.....	10
1.2 Cuenca de la Laguna de Castillos .....	13
2 Metodología.....	15
2.1 Monitoreo de Lagunas .....	16
2.1.1 Parámetros Físico-químicos y biológicos en agua .....	18
2.1.2 Parámetros Físico-químicos y biológicos en sedimento.....	20
2.2 Monitoreo de arroyos .....	21
2.2.1 Parámetros Físico-químicos y biológicos.....	21
2.2.2 Parámetros Físico-químicos y agroquímicos en sedimento (Aº La Palma) .....	21
3 Resultados.....	22
3.1 Cuenca de la Laguna de Rocha.....	22
3.1.1 Calidad del agua: Laguna de Rocha .....	22
3.1.2 Calidad de sedimentos: Laguna de Rocha .....	26
3.1.3 Parámetros biológicos: Laguna de Rocha.....	27
3.1.4 Calidad de agua: Arroyos.....	33
3.2 Cuenca de la Laguna Castillos .....	37
3.2.1 Calidad del agua: Laguna de Castillos.....	37
3.2.2 Calidad de los sedimentos: Laguna de Castillos .....	42
3.2.3 Parámetros biológicos: Laguna de Castillos .....	44
3.2.4 Calidad del Agua: Arroyos.....	48
4 Discusión.....	53
5 Conclusiones .....	58
6 Bibliografía.....	60
7 Anexos .....	63
Anexo 1.....	63
Anexo 2.....	66
Anexo 3.....	67

## Índice de Figuras

Figura 1. Cuenca de la Laguna de Rocha indicando las subcuencas de sus principales tributarios: Subcuenca Arroyo Los Noques, subcuenca Arroyo La Palma, subcuenca Arroyo Las Conchas y subcuenca Arroyo Rocha.....	11
Figura 2. Cuenca de la Laguna de Castillos indicando las subcuencas de sus principales tributarios: Subcuenca Arroyo Don Carlos, subcuenca Arroyo Castillos, subcuenca Arroyo de Chafalote y subcuenca Valizas.....	14
Figura 3. Instituciones participantes del Programa de monitoreo de lagunas costeras y principales responsabilidades.....	15
Figura 4. Estaciones de monitoreo en la cuenca de la Laguna de Rocha.....	16
Figura 5 . Estaciones de monitoreo en la cuenca de la Laguna de Castillos. ....	17
Figura 6. Variación espacial y estacional de la temperatura, el pH, la conductividad y el oxígeno disuelto de la Laguna de Rocha. ....	22
Figura 7. Variación espacial y estacional de la materia orgánica, sólidos suspendidos y la turbidez de la Laguna de Rocha .....	23
Figura 8. Variación espacial y estacional de la clorofila a de la Laguna de Rocha.....	24
Figura 9. Variación espacial y estacional de la concentración de amonio, nitrito, nitrato y del nitrógeno total de la Laguna de Rocha. ....	24
Figura 10. Variación espacial y estacional del fosfato y del fósforo total de la Laguna de Rocha.....	25
Figura 11. Variación espacial y estacional de la materia orgánica y de la clorofila a, determinada en el sedimento de la Laguna de Rocha .....	26
Figura 12. Variación espacial y estacional de la concentración de fosforo total y nitrógeno total del sedimento de la Laguna de Rocha .....	26
Figura 13. Abundancias relativas de las clases taxonómicas identificadas en la Laguna de Rocha.....	28
Figura 14.Frecuencia absoluta de tallas y acumulada de los individuos de <i>Micropogonias furnieri</i> muestreados en invierno en la Laguna de Rocha.....	30
Figura 15. Frecuencia absoluta de tallas y acumulada de los individuos de <i>Micropogonias furnieri</i> muestreados en primavera en la Laguna de Rocha .....	30
Figura 16. Frecuencia absoluta de tallas y acumulada de los individuos de <i>Odontesthes argentinensis</i> muestreados en invierno en la Laguna de Rocha.....	31
Figura 17. Frecuencia absoluta de tallas y acumulada de los individuos de <i>Paralichthys orbignyanus</i> capturados en el muestreo de invierno en la Laguna de Rocha. ....	32
Figura 18. Frecuencia absoluta de tallas y acumulada de los individuos de <i>Brevoortia aurea</i> muestreados en primavera en la Laguna de Rocha .....	32
Figura 19. Variación espacial y estacional de la temperatura, el pH, la conductividad y el oxígeno disuelto en los principales tributarios de la Laguna de Rocha .....	34
Figura 20. Variación espacial y estacional de la turbidez en los principales tributarios de la Laguna de Rocha .....	34

Figura 21. Variación espacial y estacional de la Clorofila a de los principales tributarios de la Laguna de Rocha. ....	35
Figura 22. Variación espacial y estacional del nitrito, amonio, nitrato y del nitrógeno total en los principales tributarios de la Laguna de Rocha.....	35
Figura 23. Variación espacial y estacional del fosfato y del fósforo total en los principales tributarios de la Laguna de Rocha.....	36
Figura 24. Variación espacial y estacional de la temperatura, el pH, la conductividad y el oxígeno disuelto de la Laguna de Castilloso.....	38
Figura 25. Variación espacial y estacional de los sólidos suspendidos totales de la Laguna de Castillos. ....	38
Figura 26. Variación espacial y estacional de la materia orgánica, la turbidez y la clorofila a de la Laguna de Castillos .....	39
Figura 27. Variación espacial de la concentración de nitrito, amonio, nitrato y del nitrógeno total de la Laguna de Castillos.....	40
Figura 28. Variación espacial del fosfato y del fósforo total de la Laguna de Castillos.....	41
Figura 29. Variación espacial de la materia orgánica en sedimento de la Laguna de Castillos. ....	42
Figura 30. Variación espacial de la clorofila a en sedimento de la Laguna de Castillos. ....	42
Figura 31. Variación espacial de la concentración de nitrógeno total y de fósforo total del sedimento de la Laguna de Castillos. ....	42
Figura 32. Abundancia relativa de la comunidad bentónica por clases taxonómicas y en función de la estación del año .....	44
Figura 33. Frecuencia absoluta de tallas y acumulada de los individuos de <i>P. orbignyanus</i> muestreados en invierno en la Laguna de Castillos. ....	46
Figura 34. Frecuencia absoluta de tallas y acumulada de los individuos de <i>Micropogonias furnieri</i> muestreados en primavera en la Laguna de Castillos .....	47
Figura 35. Variación espacial y estacional de la temperatura, el pH, la conductividad y del oxígeno disuelto en los principales tributarios de la Laguna de Castillos. ....	48
Figura 36. Variación espacial de la turbidez en los principales tributarios de la Laguna de Castillos .....	49
Figura 37. Variación espacial de la clorofila a de los principales tributarios de la Laguna de Castillos .....	49
Figura 38. Variación espacial del nitrito, nitrato, amonio y del nitrógeno total en los principales tributarios de la Laguna de Castillos.....	50
Figura 39. Variación espacial del fosfato y del fósforo total en los principales tributarios de la Laguna de Castillos.....	51
Figura 40. Variación temporal de la abundancia relativa de las clases de fitoplancton.....	52
Figura 41. Variación temporal del biovolumen relativo de las distintas clases de fitoplancton. ....	52

## Índice de Tablas

Tabla 1. Principales características de la Laguna de Rocha.....	11
Tabla 2. Principales características de la Laguna de Castillos .....	13
Tabla 3. Puntos de monitoreo de la cuenca de la Laguna de Rocha.....	16
Tabla 4. Puntos de monitoreo de la cuenca de la Laguna de Castillos.....	17
Tabla 5. Clave de grados de madurez gonadal utilizada en los muestreos biológicos de desembarque. ....	19
Tabla 6. Muestras de peces colectadas en invierno, remitidas para análisis de metales pesados para las lagunas de Rocha y Castillos.....	20
Tabla 7. Muestras de peces colectadas en primavera, remitidas para análisis de metales pesado para las lagunas de Rocha y Castillos. ....	20
Tabla 8. Coliformes termotolerantes en La Laguna de Rocha. ....	25
Tabla 9. Agroquímicos y metales determinados en el sedimento de la Laguna de Rocha. ....	27
Tabla 10. Taxa de la comunidad bentónica registrados en la Laguna de Rocha.....	28
Tabla 11. Variables abióticas medidas durante los muestreos de desembarque realizados en la Laguna de Rocha.....	29
Tabla 12. Estadísticos básicos de la talla y del peso de los individuos de las especies muestreadas en la Laguna de Rocha en invierno y primavera. ....	29
Tabla 13. Parámetros estimados para la relación largo total peso total de las especies muestreadas en la Laguna de Rocha en invierno y primavera .....	33
Tabla 14. Análisis de metales pesados en músculo de especies de peces de talla comercial de la Laguna de Rocha, capturados en invierno .....	33
Tabla 15. Coliformes termotolerantes de los principales tributarios de La Laguna de Rocha. ....	36
Tabla 16. Parámetros fisicoquímicos y agroquímicos en sedimento del Arroyo La Palma.....	37
Tabla 17. Coliformes termotolerantes en la Laguna de Castillos.....	41
Tabla 18. Agroquímicos y metales determinados en las estaciones de monitoreo de la Laguna de Castillos. ....	43
Tabla 19. Taxa de la comunidad bentónica registrados en la Laguna de Castillos en otoño, invierno y primavera. ....	45
Tabla 20. Variables abióticas medidas durante los muestreos de desembarque realizados en la Laguna de Castillos en invierno y primavera.....	45
Tabla 21. Estadísticos básicos de la talla y del peso de los individuos de las especies muestreadas en la Laguna de Castillos en invierno y primavera. ....	46
Tabla 22. Valores de los parámetros de las relaciones largo-peso estimadas para las diferentes especies muestreadas en la Laguna de Castillos en invierno y primavera. ....	47
Tabla 23. Análisis de metales pesados en músculo de especies de peces de talla comercial de la Laguna de Castillos, capturadas en invierno. ....	48
Tabla 24. Coliformes termotolerantes de los principales tributarios de la Laguna de Castillos .....	51



## Resumen

Las lagunas costeras se encuentran entre los ecosistemas más biodiversos y productivos del planeta. Las mismas sustentan importantes servicios ecosistémicos, como ser: las pesquerías, turismo, atenuación del impacto del cambio climático y control hidrológico, entre otros. En nuestro país, el sistema de lagunas costeras está constituido por las lagunas de José Ignacio, Garzón, de Rocha y de Castillos. A pesar de su relevancia ecológica, existen indicios de que las mismas están sufriendo un proceso de eutrofización posiblemente asociado al cambio en los usos del suelo, siendo las zonas urbanas y agrícolas las dos principales fuentes de nutrientes. Por este motivo, el objetivo del presente informe es aportar al conocimiento del estado ambiental de las cuencas de las lagunas de Rocha y Castillos, e identificar las zonas de mayor presión antropogénica que inciden en la calidad ambiental. Este objetivo se abordó de forma interinstitucional (DINAMA (MVOTMA) – DINARA (MGAP) – OSE – CURE), y las actividades realizadas se encuentran dentro del marco de un acuerdo y un convenio de cooperación técnica entre dichas instituciones. Para el presente informe el período de monitoreo estuvo comprendido entre enero y diciembre de 2017. Se tomaron muestras de agua (con frecuencia estacional) y de sedimentos de ambas lagunas (con frecuencia variable en función de la variable muestreada). Adicionalmente se evaluaron las comunidades bentónicas y las especies de pesca artesanal en dos momentos del año. Por otra parte, se tomaron muestras de agua de sus principales tributarios (frecuencia estacional). Asimismo, se evaluó el cumplimiento de la normativa nacional. Los resultados indican que ambas lagunas se encuentran con buena calidad del agua y sedimentos, dado que no se registraron agroquímicos ni metales pesados. Sin embargo, cabe destacar que para estas dos últimas variables se cuenta con pocos resultados debido a que el número de monitoreos realizados aún es bajo. Por otra parte, las concentraciones de nutrientes fueron elevadas y ambas lagunas fueron clasificadas como mesotróficas en función de sus concentraciones de clorofila *a*. En cuanto a las especies de peces registradas, las mismas fueron representativas de la pesca artesanal de estas lagunas. Respecto a las comunidades bentónicas, no se encontraron taxas indicadores de deterioro ambiental, sin embargo es necesario analizar un mayor set de datos para obtener conclusiones más robustas. En cuanto a las zonas de mayor presión antropogénica, se identificaron al arroyo Las Conchas y La Palma, como los tributarios que aportan mayor carga de nutrientes a la Laguna De Rocha, y a la Cañada de los Olivera como el tributario con mayor aporte de nutrientes sobre la Laguna de Castillos. Es necesario continuar monitoreando estos sistemas, de forma de poder realizar un mejor diagnóstico, así como implementar acciones enfocadas a una mejor gestión, como por ejemplo la reducción de los niveles de nutrientes.

## 1 Introducción

Uruguay presenta un sistema de lagunas costeras que se conectan periódicamente con el mar a través de la apertura de un canal en la barra arenosa ubicada en la costa. Este tipo de ecosistemas, definidos como lagunas obstruidas (Kjerfve 1994), junto con su zona de inundación, se encuentran entre los ecosistemas más biodiversos y productivos del planeta (Knoppers 1994). Asimismo, sustentan importantes servicios ecosistémicos, como ser: las pesquerías, extracción de juncos, valores estéticos de importancia turística, atenuación del impacto del cambio climático, control hidrológico, generación y mantenimiento de suelos y el control de especies invasoras (Rodríguez-Gallego 2010).

En nuestro país las lagunas que mantienen conexión con el océano Atlántico son las lagunas de José Ignacio, Garzón, de Rocha y de Castillos. En general, las cuencas de estas lagunas han presentado un paisaje natural poco alterado hasta fines de la década del '80, cuando comienza el desarrollo forestal y la intensificación de usos agrícolas (Rodríguez-Gallego *et al.* 2017).

Diferentes estudios en estas lagunas (Conde *et al.* 1998, Aubriot *et al.* 2005, Bonilla *et al.* 2006, Rodríguez-Gallego *et al.* 2008, Rodríguez-Gallego 2010, Rodríguez-Gallego *et al.* 2010) muestran un aumento de los valores máximos de nutrientes, la proliferación de plantas sumergidas, así como la existencia de floraciones de cianobacterias. Respecto a estas últimas, se han observado floraciones de especies potencialmente tóxicas, tanto en la Laguna de Castillos (Perez *et al.* 1999), como en la Laguna de Rocha (Rodríguez-Gallego *et al.* 2008). Estos factores indican un proceso de eutrofización posiblemente asociado al cambio en los usos del suelo, siendo las zonas urbanas y agrícolas las dos principales fuentes de nutrientes (Hopkinson y Vallino 1995). En este sentido, el fósforo parece estar aumentando en la Laguna de Rocha (Aubriot *et al.* 2005), posiblemente debido a la escorrentía de las tierras agrícolas, aunque no debe ignorarse el papel de los aportes urbanos (Rodríguez-Gallego *et al.* 2017).

El objetivo del presente informe es aportar al conocimiento del estado ambiental de las cuencas de las lagunas de Rocha y Castillos, e identificar las zonas de mayor presión antropogénica que inciden en la calidad ambiental. El mismo se realizará evaluando la calidad del agua y de los sedimentos de ambas lagunas, así como la calidad del agua de sus principales tributarios, buscando establecer en qué forma afectan las actividades agrícolas y urbanas a estos cursos de agua. Asimismo, se evaluará el cumplimiento de la normativa nacional.

Para lograr este objetivo fue necesario un abordaje interinstitucional, para lo cual se firmó un convenio de cooperación técnica entre MVOTMA (DINAMA) y UdelaR (CURE) (exp: 2016/14000/14377), junto con un acuerdo de cooperación entre MVOTMA (DINAMA) – OSE – IDR – MGAP (DINARA) (exp: 2016/14000/14380). A través de la formalización de este marco interinstitucional fue posible la creación e incorporación del Programa de Monitoreo de las Lagunas

Costeras de Rocha y de Castillos (y a partir de 2018 de la Laguna Garzón), al Programa Nacional de Evaluación de Calidad de Agua de la Dirección Nacional del Medio Ambiente (MVOTMA). Se espera que mediante el monitoreo regular de estos cuerpos de agua y de sus principales tributarios, se vigile y controle estos ecosistemas, optimizando recursos, tanto humanos como económicos.

## 1.1 Área de estudio y antecedentes

### Cuenca de la Laguna de Rocha

La cuenca de la Laguna de Rocha (34°35'S-54°17'W) abarca un área de 131200 ha. y se extiende desde la Sierra de Rocha y de Carapé, al norte, hacia la zona de la barra arenosa que separa la Laguna de Rocha del Océano Atlántico (MAP 1975), al sur. Esta laguna fue declarada en 1977 Parque Nacional Lacustre y reserva mundial de biosfera para la UNESCO. Actualmente se encuentra comprendida dentro del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SNAP; Ley 17.234 de 2000) de Uruguay, en calidad de "paisaje protegido", con aproximadamente 22.000 ha. en las que se incluyen las 7.200 ha. de cuerpos de agua, lomadas, llanuras, la franja costera y parte de la plataforma oceánica y también fue denominada como área importante para la conservación de aves (IBA – Laguna de Rocha (UY019). Además, desde el 2015, integra el listado de humedales con relevancia internacional que elabora la Convención Ramsar.

La cuenca presenta varias actividades económicas y sociales, que constituyen la base física y ecológica para el desarrollo de la pesca, el turismo, la agricultura, la silvicultura y las actividades urbanas (Nin *et al.* 2015). El uso predominante del suelo es la ganadería extensiva, seguido de la forestación y la agricultura, mientras que el uso urbano representa un pequeño porcentaje (1%) del área total (Rodríguez-Gallego *et al.* 2017). Al igual que en otras regiones de Uruguay, esta cuenca ha experimentado un aumento en el área ocupada por la agricultura intensiva y la forestación desde 1997.

La Laguna de Rocha presenta una superficie de 73 km<sup>2</sup> y una profundidad media de 0.58 m, conectándose periódicamente con el mar a través de una barrera arenosa (Bonilla y Conde 2000) (Tabla 1). Esta se abre de forma natural, o artificial con fines económico-productivos (zafra camaronera, inundación de campos vecinos) (Rodríguez-Gallego *et al.* 2008). El 65% de su cuenca de drenaje corresponde a los arroyos de La Palma, Rocha y Las Conchas, sus principales afluentes (Arocena *et al.* 1996), que desembocan en su zona norte (Figura 1).

Tabla 1. Principales características de la Laguna de Rocha (tomado de Rodríguez-Gallego 2017).

Área de la laguna (ha)	7304
Área de la cuenca (ha)	121433
Profundidad media (m)	0.6
Principales tributarios	Aº Rocha, Aº Las Conchas, Aº La Palma, Aº Los Noques
Distancia a la costa (km)	0.1
Conexión con el océano	Alta periodicidad (3-4 veces al año)
Régimen hidrológico	Modificado por aperturas artificiales periódicas
Asentamientos humanos	Ciudad de Rocha y La Paloma, asentamientos de pescadores (28968 habitantes, INE 2011)
Principales actividades productivas	Ganadería extensiva, forestación, agricultura, pesquerías, turismo Actividad industrial escasa

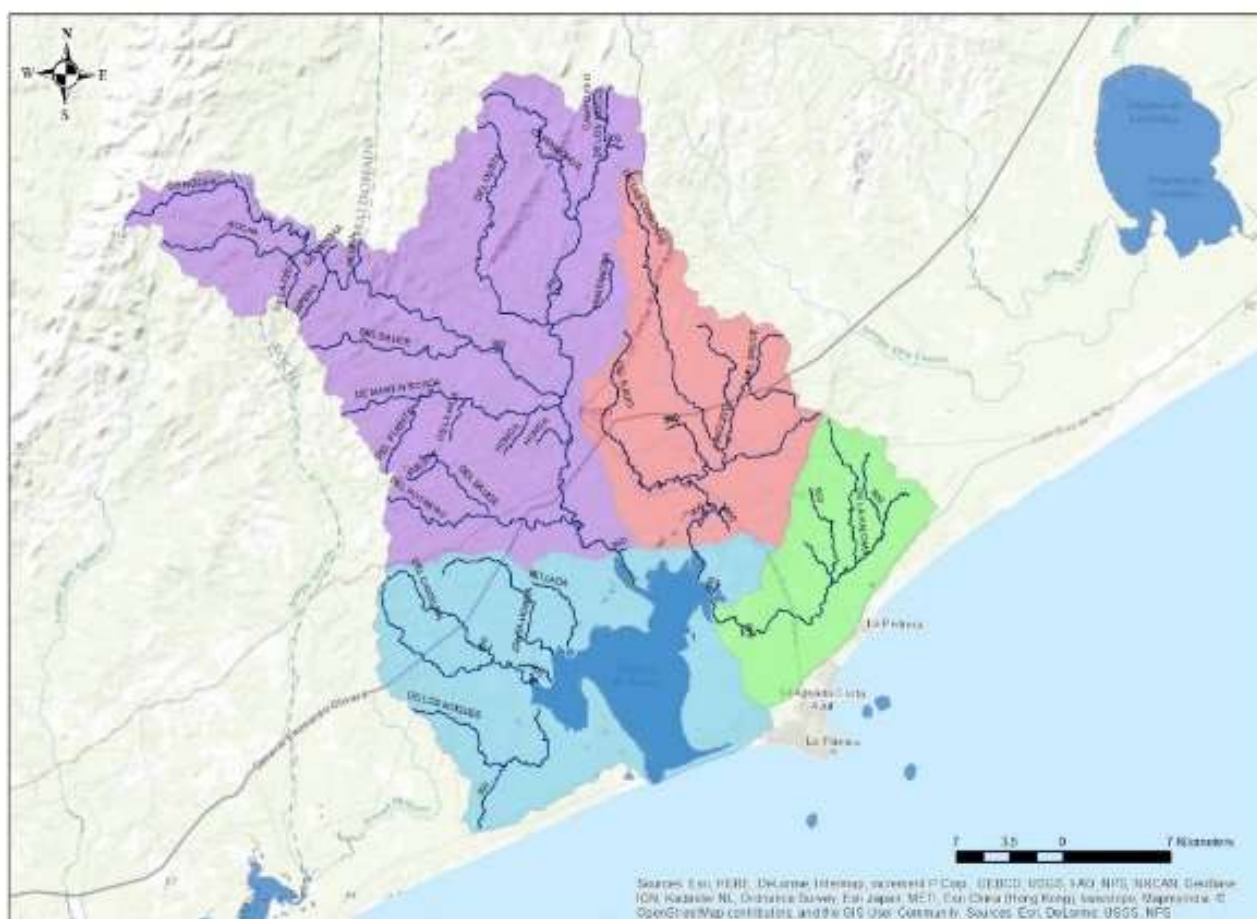


Figura 1. Cuenca de la Laguna de Rocha indicando las subcuencas de sus principales tributarios: Subcuenca Arroyo Los Noques (celeste), subcuenca Arroyo La Palma (verde), subcuenca Arroyo Las Conchas (naranja) y subcuenca Arroyo Rocha (violeta).

El arroyo Rocha constituye el principal afluente de la laguna (Figura 1). Se ubica bordeando a la ciudad de Rocha (capital departamental con 25.422 habitantes, INE 2011), a la cual provee agua para el consumo humano. Recibe de la misma, las aguas servidas previamente tratadas (nivel secundario), y se han detectado además eventuales vertidos no autorizados de compuestos tóxicos (con compuestos orgánicos o con metales pesados). A su vez, el vertedero municipal, se ubica en la desembocadura del arroyo. En ésta área urbana se realizan actividades agrícolas intensivas, como cría de cerdos, tambos y forestación (Quintans *et al.* 2011).

El arroyo Las Conchas drena también zonas urbanas y suburbanas (Figura 1), como por ejemplo la cañada del Ejido, la cual atraviesa el este de la ciudad de Rocha, recibiendo efluentes domésticos de barrios periféricos de la ciudad, carentes de saneamiento y residuos de diversa índole, como efluentes del Frigorífico Copayán (Quintans *et al.* 2011). Esta subcuenca es principalmente rural, observándose en su parte alta la ganadería extensiva como la principal actividad y en segundo lugar la forestación. La parte baja de esta subcuenca presenta un uso de suelo más intensivo, donde se destacan cultivos cerealeros y oleaginosos, praderas artificiales, cría de cerdos, tambos y forestación (Quintans *et al.* 2011).

El arroyo La Palma (Figura 1) drena la zona agrícola más importante de la cuenca (21.5%) y junto con el arroyo Los Noques son los que presentan la mayor proporción de ocupación por agricultura (Rodríguez-Gallego 2010). Recibió además por muchos años las aguas residuales de una planta procesadora de pescado (Arocena *et al.* 1996). A su vez, este arroyo fue embalsado por OSE en el 2004 con el fin de extraer agua para la usina de potabilización que suministra agua potable a la localidad de La Paloma durante la temporada estival. Para OSE esta fuente constituye aproximadamente entre el 25 - 30% (8000 m<sup>3</sup>) del agua para la temporada (Ing. F. Recuero<sup>1</sup> com. pers.). En este sistema existe una creciente problemática en relación a la calidad del agua, debido a: recurrentes eventos de olor en el agua superficial del embalse, aparición de floraciones algales con presencia en ocasiones de cianobacterias tóxicas, así como presencia de agroquímicos. De esta forma se han incrementado las dificultades para lograr el tratamiento adecuado del agua y los costos de potabilización (Ing F. Recuero<sup>1</sup> com. pers.).

El arroyo de Los Noques, presenta una gran ocupación de su cuenca por agricultura (21.5 %. incluye las subcuencas de los demás arroyos que drenan hacia el bolsón W), la cual aumentó en un 67% en el período 1997 - 2005. Estas áreas agrícolas se ubican cerca de la laguna y no presentan zonas de humedales o bosque ripario entre ellas y la laguna, que actúen de interfase con el cuerpo de agua (Rodríguez-Gallego 2008). A su vez, esta subcuenca no presenta forestación ni áreas potencialmente forestables.

---

<sup>1</sup> Jefe Técnico de OSE Rocha

## 1.2 Cuenca de la Laguna de Castillos

La Laguna de Castillos (34°19'S – 53°55'W), cuyas principales características se encuentran descritas en la Tabla 2, presenta una cuenca que abarca una superficie de 136665 ha. (Figura 2). Al igual que la Laguna de Rocha mantiene una conexión intermitente con el océano Atlántico, la cual se realiza a través del arroyo Valizas, que tiene un régimen de apertura y cierre de su barra arenosa en su desembocadura (Figura 2) Forma parte de la Reserva de Biosfera Bañados del Este, declarada por la UNESCO, integra el sitio Ramsar Bañados del Este, y ha sido denominada como área importante para la conservación de aves (IBA – Laguna de Castillos – UY020) por su importancia ornitológica. A su vez, se encuentra el mayor bosque de ombúes de la región del Plata, así como agrupaciones de palmares.

En el área se desarrollan actividades económicas relacionadas principalmente con la ganadería, la pesca, el turismo y en los últimos años la forestación (Rivas *et al.* 2010), mientras que el uso urbano representa un pequeño porcentaje (0.3%) del área total (Rodríguez-Gallego *et al.* 2017). Al igual que para la Laguna de Rocha, en esta cuenca se observó un cambio en el uso del suelo, que fue más intenso a partir de 1996. La forestación se implantó como una importante actividad económica y la agricultura se expandió, experimentando un aumento del 7% (Rivas *et al.* 2010, Rodríguez-Gallego *et al.* 2017), que continuó aumentando luego de los estudios citados.

Tabla 2. Principales características de la Laguna de Castillos (modificado de Rodríguez-Gallego 2017).

Área de la laguna (ha)	7900
Área de la cuenca (ha)	136665
Profundidad media (m)	1.0
Principales tributarios	Arroyos Castillos, de Chafalote, de las Piedritas, del Consejo. Cañada de los Olivera y Arroyo Valizas
Distancia a la costa (km)	0.1
Conexión con el océano	Alta periodicidad
Régimen hidrológico	Modificado por aperturas artificiales periódicas
Asentamientos humanos	Ciudad de Castillos, Pueblo 19 de Abril, Poblados de Valizas, Cabo Polonio y Aguas Dulces
Principales actividades productivas	Ganadería extensiva, forestación, agricultura, pesquerías, turismo Actividad industrial escasa

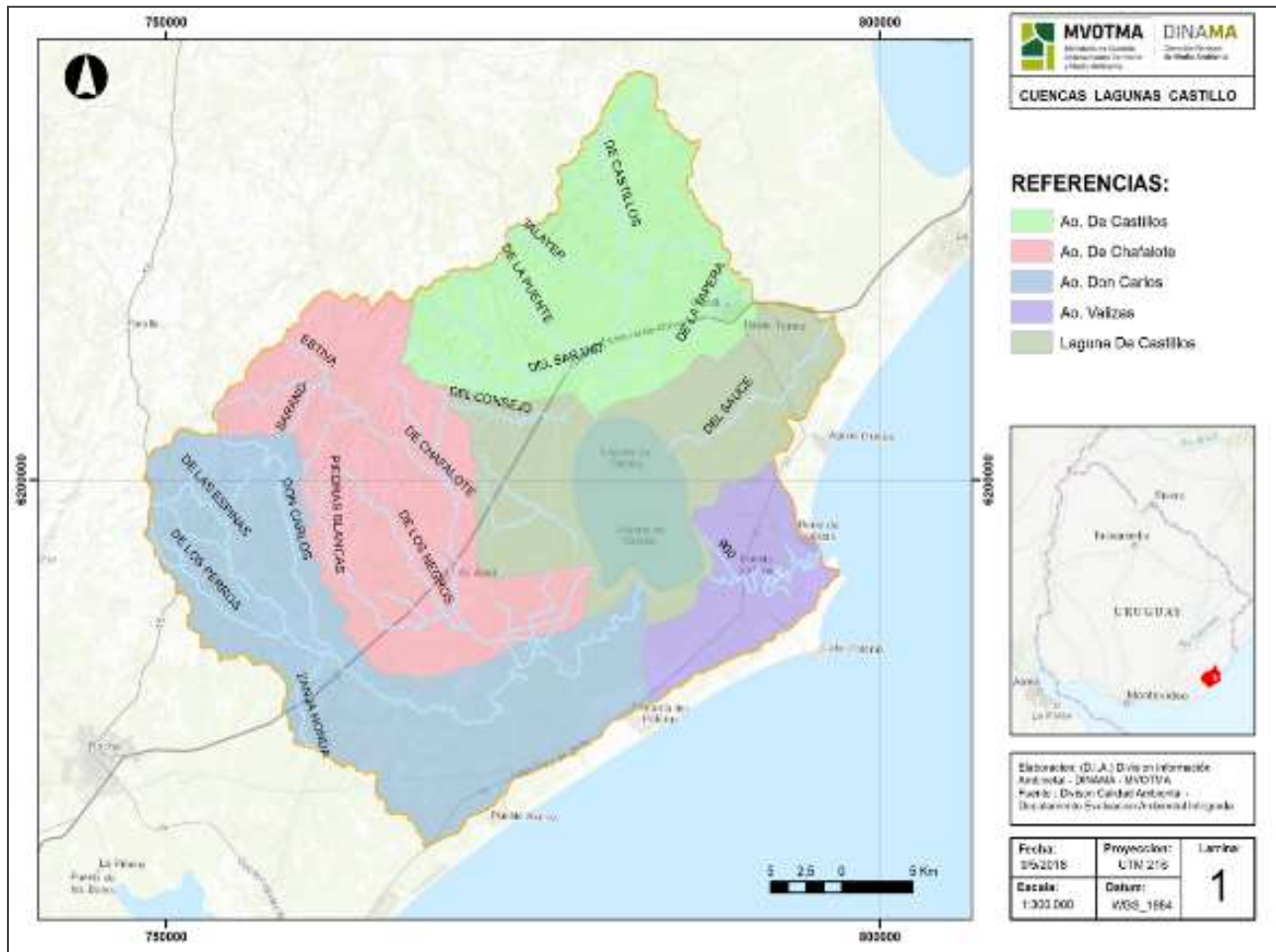


Figura 2. Cuenca de la Laguna de Castillos indicando las subcuencas de sus principales tributarios: Subcuenca Arroyo Don Carlos (celestes), subcuenca Arroyo Castillos (verde), subcuenca Arroyo de Chafalote (rosa) y subcuenca Valizas (violeta).



## 2 Metodología

Este programa de monitoreo interinstitucional, se lleva adelante a través de la coordinación entre las instituciones participantes, existiendo diferentes responsables según la tarea específica (Figura 3, Anexo 1). Los equipos de campo utilizados, así como la metodología analítica empleada por cada institución se detallan en el Anexo 2.

Dentro de cada cuenca hidrográfica, se monitorearon las lagunas así como sus principales tributarios. Los sitios de monitoreo en las lagunas se definieron principalmente buscando abarcar el gradiente de salinidad, mientras que los tributarios y sus estaciones de monitoreo se definieron buscando representar la mayoría de los usos del suelo presentes en las cuencas.



Figura 3. Instituciones participantes del Programa de monitoreo de lagunas costeras y principales responsabilidades.

El período de estudio considerado, estuvo comprendido entre enero y diciembre de 2017. En las lagunas se monitorearon las cuatro estaciones del año, mientras que en los tributarios los monitoreos se iniciaron en otoño. El monitoreo íctico en particular comenzó a partir de invierno.

La normativa nacional utilizada para evaluar cumplimientos de los estándares de calidad ambiental fue el Decreto 253/79, dentro del cual se consideran los valores de la clase 3, según lo establecido en la Resolución Ministerial N°99/2005. Para la matriz sedimento, en los casos donde se determinen valores cuantificables de sustancias contaminantes y no se cuente con normativa nacional, a modo de orientación se recurrirá a normativa internacional (Canadian Environmental Quality Guidelines (CEQG 1999)).

Para evaluar el estado trófico de las lagunas, se tuvieron en cuenta los valores de referencia de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, que combina los promedios anuales de clorofila *a*, junto con los valores máximos registrados para definir la categoría trófica (OCDE 1982).



## 2.1 Monitoreo de Lagunas

En la Laguna de Rocha se seleccionaron tres estaciones de monitoreo (norte, centro y sur) (Figura 4, Tabla 3) y en la de Castillos cuatro (norte, centro, sur, y una estación en el bolsón del Chafalote) (Figura 5, Tabla 4).



Figura 4. Estaciones de monitoreo en la cuenca de la Laguna de Rocha.

Tabla 3. Puntos de monitoreo de la cuenca de la Laguna de Rocha.

Puntos	Observaciones	Coordenadas
R1	Punto al norte de la Laguna	31°34'34.5"S. 54°17'07.9"W
R2	Punto al sur de la Laguna	34°39'50.8"S. 54°15'16.6"W
R3	Punto en el centro de la Laguna	34°38'41"S. 54°17'44.0"W
R4	Arroyo La Palma embalse OSE	34°35'24.27"S. 54°10'1.25"W
R5	Arroyo La Palma. centro embalse OSE	34°34'47.69"S. 54° 9'43.00"W
R6	Arroyo La Palma cola embalse OSE	34°34'03.00"S. 54° 09'10.82"W
R7	Arroyo La Palma. puente en Ruta 15	34°35' 10.47"S. 54°10'44.16"W
R8	Arroyo Las Conchas. puente en Ruta 15	34°30'54.04"S. 54°15'01.16"W
R9	Arroyo Rocha. toma de agua Usina de Rocha	34°27.616'S. 54° 20.767'W
R10	Arroyo Rocha. puente en Ruta 9	34°31'8.24"S. 54°20'53.71"W
R11	Punto aguas abajo de donde confluyen 3 afluentes, bajo ruta 9.	34°37'07.2"S. 54°23'38.4"W



Figura 5 . Estaciones de monitoreo en la cuenca de la Laguna de Castillos.

Tabla 4. Puntos de monitoreo de la cuenca de la Laguna de Castillos.

Puntos	Observaciones	Coordenadas
C1	Punto al sur de la Laguna	34°21'05.2"S. 53°52'35.62"W
C2	Punto central de la laguna	34°20'03.5"S. 53°54'55.2"W
C3	Punto al norte de la Laguna	34°18'05.9"S. 53°56'43.2"W
C4	Bolsón del chafalote. Este punto se realizará en función de disponibilidad de agua.	34°21'58.9"S. 53°56'48.6"W
C5	Arroyo Valizas. puente en Ruta 10	34°21'28.35"S. 53°50'36.90"W
C6	Cañada de los Olivera a 6.8km efluente Planta tratamiento OSE	34°13'56.11"S. 53°55'09.77"W
C7	Arroyo Castillos. puente en Ruta 9	34°12'59.9"S. 53°56'00.8"W
C8	Arroyo Sarandí del Consejo. en puente de ruta: 9. Km: 250	34°14'19.5"S. 53°58'47.8"W
C9	Arroyo de Chafalote. puente Ruta 9	34°21'14.63"S. 54° 03'38.63"W
C10	Arroyo Don Carlos. puente en Ruta 9	34°25'6.90"S. 54°08'28.66"W

### 2.1.1 Parámetros Físico-químicos y biológicos en agua

Las variables registradas *in situ* fueron las siguientes: temperatura (°C), pH, oxígeno disuelto (mg/L), porcentaje de saturación de oxígeno (%), conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), salinidad (UPS), transparencia, profundidad (cm) y turbidez (NTU). Estas variables se registraron con multiparámetro, sumergiendo la sonda a unos 15 cm de la superficie aproximadamente, a excepción de la transparencia y profundidad que se midieron mediante disco de Secchi.

En cada estación de monitoreo se tomaron muestras de agua para posteriormente analizar en laboratorio: nitrato (mgN/L), nitrito (mgN/L), amonio (mgN/L), nitrógeno total (mgN/L), ortofosfato ( $\mu\text{gP}/\text{L}$ ), fósforo total ( $\mu\text{gP}/\text{L}$ ), demanda bioquímica de oxígeno ( $\text{mgO}_2/\text{L}$ ), clorofila *a* ( $\mu\text{g}/\text{L}$ ), sólidos suspendidos totales (mg/L) y materia orgánica (mg/L). Las muestras fueron colectadas por debajo de la superficie, en recipientes lavados previamente con ácido sulfúrico al 10%, y fueron guardadas en la heladera y en la oscuridad hasta su procesamiento en laboratorio.

Los resultados de los parámetros mencionados hasta ahora, se presentaron como gráficos de dispersión, donde se mostraron los datos puntuales de la variable por estación de muestreo y a lo largo del período de monitoreo. Para los casos en los cuales las variables tenían estándares de calidad contenidos dentro de la Normativa Nacional (Decreto 253/79) los mismos fueron señalados en los correspondientes gráficos.

La muestra de coliformes fecales se colectó por debajo de la superficie del agua, con un frasco estéril que se abre y se cierra debajo del agua y se trasladó en frío hasta el Laboratorio de Bromatología de la Intendencia Departamental de Rocha, donde fue procesada, mediante el método de membrana filtrante, siguiendo los procedimientos estandarizados de operación del Laboratorio Ambiental de DINAMA (5053 UY) (DINAMA 2009). Los resultados de estos análisis fueron presentados como tablas.

Para el monitoreo de peces se realizaron muestreos de desembarque de las especies capturadas por pescadores artesanales en las lagunas de Rocha y Castillos, en invierno y primavera. Las capturas artesanales en la Laguna de Rocha, durante el invierno fueron obtenidas con redes de enmalle de fondo de diferentes tamaños de luz de malla según la especie: 4 cm (pejerrey), 9 cm (corvina); y 16, 18 y 20 cm (lenguado). En primavera las capturas fueron obtenidas con redes de enmalle de fondo de 8 cm de luz de malla. Por otro lado, en la Laguna de Castillos las capturas artesanales en invierno fueron obtenidas con redes de enmalle de fondo de diferentes tamaños de luz de malla según la especie: 9 cm (corvina y lisa); y 16, 18 y 20 cm (lenguado). En primavera las capturas fueron obtenidas con redes de enmalle de fondo de 10 cm de luz de malla. Para cada individuo se registró: longitud total (Lt), estándar (Lst) y peso total (Pt), indicando para cada especie, por estación y por laguna, los estadísticos básicos (rango, media y desvío estándar). Para las mediciones se utilizó una precisión de 0,1 y 1,0 cm para la longitud y de 0,1 y 5 gr para el peso, dependiendo de las especies. Cuando fue posible se

determinó sexo y grado de madurez a nivel macroscópico utilizando una clave de estadíos de madurez modificada de Vazzoler (1996) y Macchi y Acha (1998) (Tabla 5).

Tabla 5. Clave de grados de madurez gonadal utilizada en los muestreos biológicos de desembarque modificada de Vazzoler (1996) y Macchi y Acha (1998).

ESCALA DE MADUREZ		MACHOS	HEMBRAS
<b>INMADURO (I)</b>	Testículos reducidos, filiformes, traslucidos, en posición dorsal (semejante a la ubicación de los ovarios)		Ovarios de tamaño reducido (1/3 cavidad celomática), traslucidos, sin señales de vascularización, ubicados sobre la pared dorsal. No se observan ovocitos a simple vista.
<b>MADURACION (II)</b>	Testículos se presentan desarrollados, con forma lobulada, blanquecinos, rompiendo a presión esperma viscoso o sin esperma.		Ovarios de color amarillo, cilíndricos y turgente, de 1/3-2/3 de la CC, algo vascularizados. A simple vista se observan ovocitos opacos pequeños y medios, aproximándose al poro genital, con el oviducto más corto
<b>MADURO I-F (III)</b>	Testículos hinchados o abultados, blancuzcos, de gran tamaño, se rompen fácilmente y sale un esperma fluido abundante menos viscoso que en el estado anterior		Ovarios ocupando casi la totalidad de la cavidad celomática. Se observan ovocitos hidratados, transparentes (MI). Oviductos ocupados por estos ovocitos (MF).
<b>POST-EVACUACIÓN O RECUPERACION (IV)</b>	Testículos flácidos con aspecto hemorrágico, amarillentos, con esperma residual.		Ovarios flácidos, con membranas distendidas, color amarillento con focos hemorrágicos, ovocitos vitelados residuales en estado de absorción
<b>REPOSO (V)</b>	Testículos de poco volumen, filiformes, amarillentos, sin esperma.		Ovarios de tamaño reducido ocupando 1/3 de la cavidad celomática (mayores que los inmaduros). De color grisáceo con la túnica albugínea engrosada.

A partir de desembarque también se colectaron muestras para el análisis de contaminación por metales pesados: cadmio (Cd), mercurio (Hg) y plomo (Pb). Las mismas consistieron en ejemplares enteros o porciones de los mismos (músculo de mejilla o cachete) elegidos al azar de ejemplares de tallas comerciales de corvina blanca (*Micropogonias furnieri*), pejerrey (*Odontesthes argentinensis*) y lenguado rojo (*Paralichthys orbignyanus*) en invierno (Tabla 6); y corvina blanca y lacha (*Brevoortia aurea*) en primavera (Tabla 7). Las piezas fueron acondicionadas en bolsas plásticas individuales cuando se trató de ejemplares enteros y bolsas únicas para el acumulado de músculos de mejilla. Las mismas se rotularon con la información de cada ejemplar entero (fecha, sitio de captura, especie, Lt, Pt y sexo), o del lote (fecha, sitio de captura y especie), se congelaron a -10°C y se trasladaron en frío en cajas isotérmicas hasta el laboratorio del Departamento de Industria Pesquera de DINARA (DIP) en Montevideo. En laboratorio, el contenido de mercurio se determinó mediante Espectrometría de Absorción Atómica por Vapor Frío (CV-AAS) (Hatch y Ott 1968, Méndez *et al.* 2001) y el cadmio y plomo mediante espectrofotometría de Absorción Atómica en Llama (F-AAS) (AOAC 2012).

Tabla 6. Muestras de peces colectadas en invierno, remitidas para análisis de metales pesados (Hg, Pb y Cd) para las lagunas de Rocha y Castillos.

Fecha	Laguna	Especie	Peso Total (gr)	Tipo de muestra
04/08/2017	Rocha	<i>Micropogonias furnieri</i>	1602	3 ejemplares enteros
04/08/2017	Rocha	<i>Odontesthes argentinensis</i>	285	5 ejemplares enteros
04/08/2017	Rocha	<i>Paralichthys orbinyanus</i>	72	Pool de 5 ejemplares enteros (14 gr c/u)
10/08/2017	Castillos	<i>Micropogonias furnieri</i>	720	2 ejemplares enteros
10/08/2017	Castillos	<i>Paralichthys orbinyanus</i>	95	Pool de 15 ejemplares enteros (6 gr c/u)

Tabla 7. Muestras de peces colectadas en primavera, remitidas para análisis de metales pesados (Hg, Pb y Cd) para las lagunas de Rocha y Castillos.

Fecha	Laguna	Especie	Peso Total (gr)	Tipo de muestra
12/12/2017	Rocha	<i>Micropogonias furnieri</i>	857.54	5 ejemplares enteros
12/12/2017	Rocha	<i>Brevoortia aurea</i>	893.77	5 ejemplares enteros
13/12/2017	Castillos	<i>Micropogonias furnieri</i>	2730	5 ejemplares enteros

### 2.1.2 Parámetros Físico-químicos y biológicos en sedimento

Las muestras de sedimento para nitrógeno total (mg/Kg), fósforo total (mg/Kg), materia orgánica (mg/g peso seco) y clorofila *a* (mg/Kg) se colectaron con dos dispositivos (draga y corer), en función de las características del sedimento y del muestreo (oleaje y temperatura). En todos los casos se colectó la fracción superficial del sedimento; 1 cm de profundidad para nutrientes y 0.5 cm de profundidad para clorofila *a*. Las muestras se almacenaron en bolsas de nylon y se transportaron en heladera y a la oscuridad, hasta llegar al laboratorio donde fueron almacenadas en freezer (-20° C) hasta su posterior análisis.

La muestra de sedimento para el análisis de agroquímicos, metales y la comunidad bentónica, fueron colectadas con draga Ekman y almacenadas en bolsas de nylon hasta su llegada al laboratorio. En el mismo, la muestra para agroquímicos y metales fue homogeneizada y subdividida en 5 recipientes de al menos 100 g cada uno y las mismas fueron preservadas en heladera y oscuridad hasta su envío al LATU, que realizó el posterior análisis. Este procedimiento se realizó siguiendo el Compendio de Metodologías Analíticas de Referencia y Preservación de Parámetros Ambientales (MVOTMA-DINAMA, 2016). Los resultados se presentaron como gráficos de dispersión, donde se mostraron los datos puntuales de la variable por estación de muestreo y a lo largo del período de monitoreo.

Las muestras de bentos fueron pesadas para tener una referencia del volumen de sedimento obtenido. Luego cada muestra fue tamizada con un tamiz de 0.5 mm. El zoobentos fue clasificado al menor nivel taxonómico posible y se contabilizó su abundancia. Las muestras procesadas fueron almacenadas en frascos plásticos herméticos con alcohol 95° en las instalaciones de PROBIDES (Ruta 9 Km 295. Rocha) para su eventual consulta, reidentificación y/o reanálisis. Las abundancias relativas de las clases taxonómicas identificadas en cada estación del año, fueron representadas como gráficos de barras en cada una de las lagunas.

## **2.2 Monitoreo de arroyos**

En la cuenca de la Laguna de Rocha se monitorearon 4 tributarios (Figura 4, Tabla 3): el arroyo Las Conchas (en 1 punto), el arroyo La Palma (en 4 puntos), el arroyo Rocha (en 2 puntos) y un tributario sin nombre donde confluyen 3 afluentes (en 1 punto). En la cuenca de la Laguna de Castillos se monitorearon 6 tributarios (figura 5, Tabla 4) Arroyo Valizas, Cañada de los Olivera, Arroyo Castillos, Arroyo Sarandí del Consejo, Arroyo Chafalote y Arroyo Don Carlos.

### **2.2.1 Parámetros Físico-químicos y biológicos**

Las variables registradas in situ fueron las siguientes: temperatura (°C), pH, oxígeno disuelto (mg/L), % de saturación de oxígeno (%), conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), salinidad (UPS) y turbidez (NTU). Se tomaron muestras de agua para posteriormente analizar en laboratorio: nitrato ( $\text{NO}_3$ ), nitrito ( $\text{NO}_2$ ), amonio ( $\text{NH}_4$ ), nitrógeno total (NT), fosfato ( $\text{PO}_4$ ), fósforo total (PT),  $\text{DBO}_5$ , clorofila  $a$  ( $\text{Clo } a$ ) y coliformes termotolerantes. Las muestras fueron colectadas por debajo de la superficie en recipientes lavados previamente con ácido sulfúrico al 10% y fueron guardadas en la heladera y en la oscuridad hasta su procesamiento en laboratorio.

### **2.2.2 Parámetros Físico-químicos y agroquímicos en sedimento (Aº La Palma)**

Se tomaron muestras estacionales para la determinación de NT, PT y atrazina en dos de los puntos de monitoreo situados el embalse del arroyo la Palma (R4 y R6).

### 3 Resultados

#### 3.1 Cuenca de la Laguna de Rocha

##### 3.1.1 Calidad del agua: Laguna de Rocha

La **temperatura** del agua de la Laguna de Rocha presentó valores entre 13.3°C y 23.9°C, registrándose los mínimos en inviernos y los máximos en verano y primavera. El promedio anual fue de 18.8°C. El **pH** mantuvo un rango de variación de entre 6.6 y 8.3, encontrándose todos los valores dentro del estándar indicado en el Decreto 253/79 (Figura 6).

La **conductividad** presentó un promedio anual para la zona norte de 16889  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , el mínimo (198.0  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) fue registrado en el punto norte (R1), mientras que el máximo (30800  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) se registró en el punto central de la laguna (R3). Esto se debe a que el punto central (R3), está ubicado justo en el canal de ingreso del agua, por lo cual es esperable que sea el punto con mayor conductividad (Figura 6).

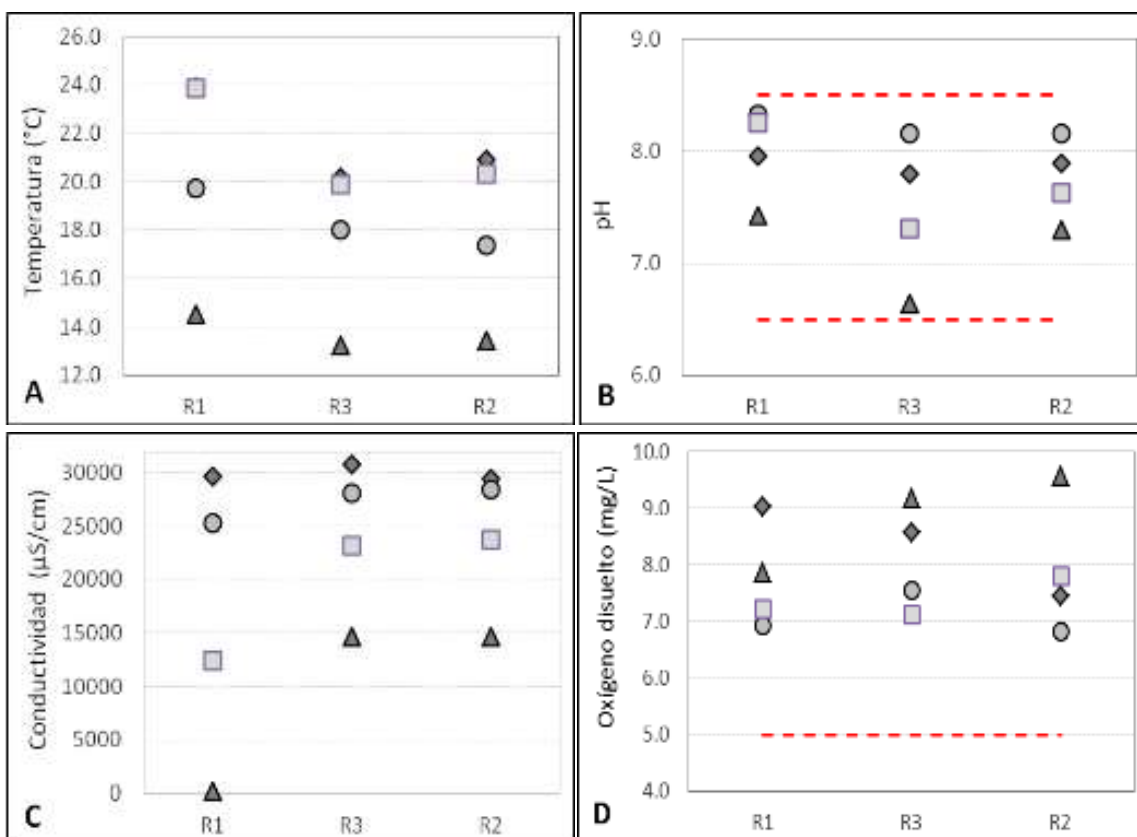


Figura 6. Variación espacial y estacional de la temperatura (A), el pH (B), la conductividad (C) y el oxígeno disuelto (D) de la Laguna de Rocha. Círculo=otoño, triángulo= invierno, cuadrado=primavera, rombo=verano.

Las concentraciones de **oxígeno disuelto** cumplieron con el estándar de la normativa nacional ( $\geq 5.0$  mg/L) (Figura 6). El mínimo registrado fue de 6.8 mg/L (en otoño) y el máximo fue de 9.6 mg/L (en invierno), presentando a su vez un porcentaje de  **saturación de oxígeno** para toda la laguna del 94% (promedio anual).

La **materia orgánica** presentó fluctuaciones entre 1.7 mg/L y 43.0 mg/L, con un promedio anual y para toda la laguna de 10.8 mg/L. Los valores de R2 y R3 fueron similares durante los monitoreos (Figura 7).

Por otro lado, la concentración de **sólidos suspendidos totales** presentó un rango de variación de entre 8.2 mg/L y 205.7 mg/L. El valor máximo se observó en verano en la estación R1 (Figura 7).

Los valores de **turbidez** fluctuaron entre 0 y 132 NTU. En verano, los puntos de monitoreo R1, R3 y R2 presentaron valores que incumplieron con el máximo admitido según el estándar del decreto (50 NTU). En invierno, incumplieron los valores registrados en R1 y R3, mientras que en primavera y otoño todos los registros fueron aceptables según la normativa (Figura 7).

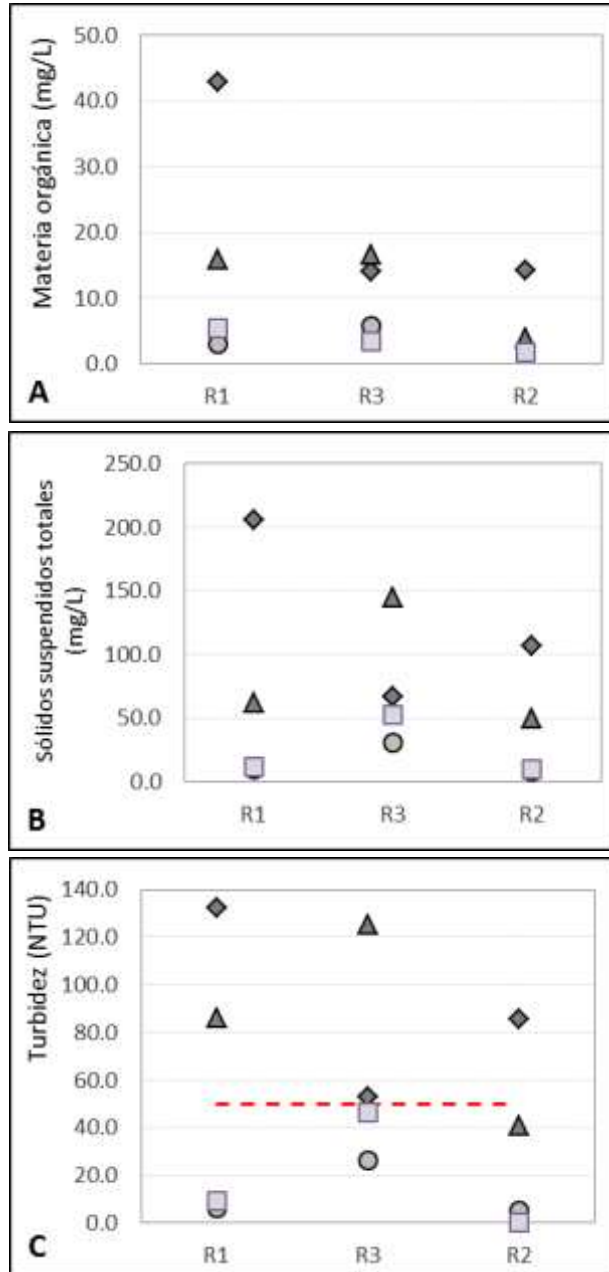


Figura 7. Variación espacial y estacional de la materia orgánica (A), sólidos suspendidos (B) y la turbidez (C) de la Laguna de Rocha. Círculo=otoño, triángulo= invierno, cuadrado=primavera, rombo= verano.



Los valores de **clorofila a** variaron entre 1.0 µg/L y 12.0 µg/L, con un promedio anual y para toda la laguna de 4.2 µg/L. Los valores más elevados se registraron en verano en el punto norte. El promedio anual de esta variable (4.2 µg/L), en conjunto con el máximo registrado (12.0 µg/L) indican un estado mesotrófico de la laguna, según los criterios de la OCDE (1982) (Figura 8).

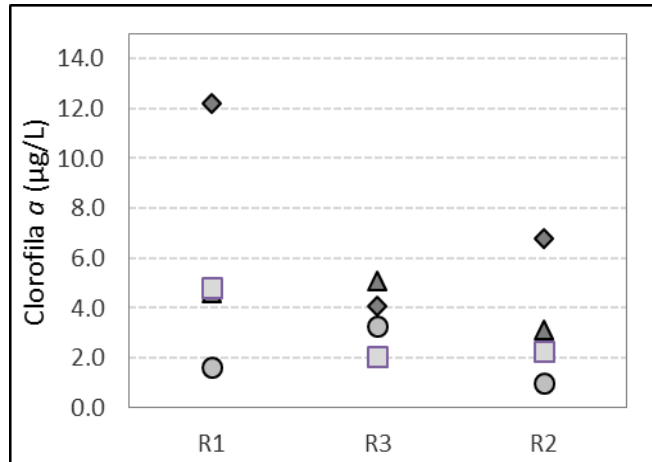


Figura 8. Variación espacial y estacional de la clorofila a de la Laguna de Rocha. Círculo=otoño, triángulo= invierno, cuadrado=primavera, rombo =verano.

El **amonio** (NH<sub>4</sub>) presentó un rango de variación entre 0.003 µg N/L y 0.137 µg N/L. Los valores de **nitrito** (NO<sub>2</sub>) variaron entre 1.0 µg N /L y 9.0 µg N /L, con un promedio anual de 2.9 µg N/L . El **nitrato** fluctuó entre 0.01 mg N/L y 0.13 mg N/L, siendo el invierno la estación del año donde se registraron los mayores valores de concentración en los tres puntos de monitoreo, aumentando hacia la estación sur (zona con mayor influencia marina). La concentración de **nitrógeno total** (NT) varió entre 0.08 mg N/L y 1.28 mg N/L. Los valores más altos de este nutriente se observaron en verano e invierno, en la estación R1 (Figura 9).

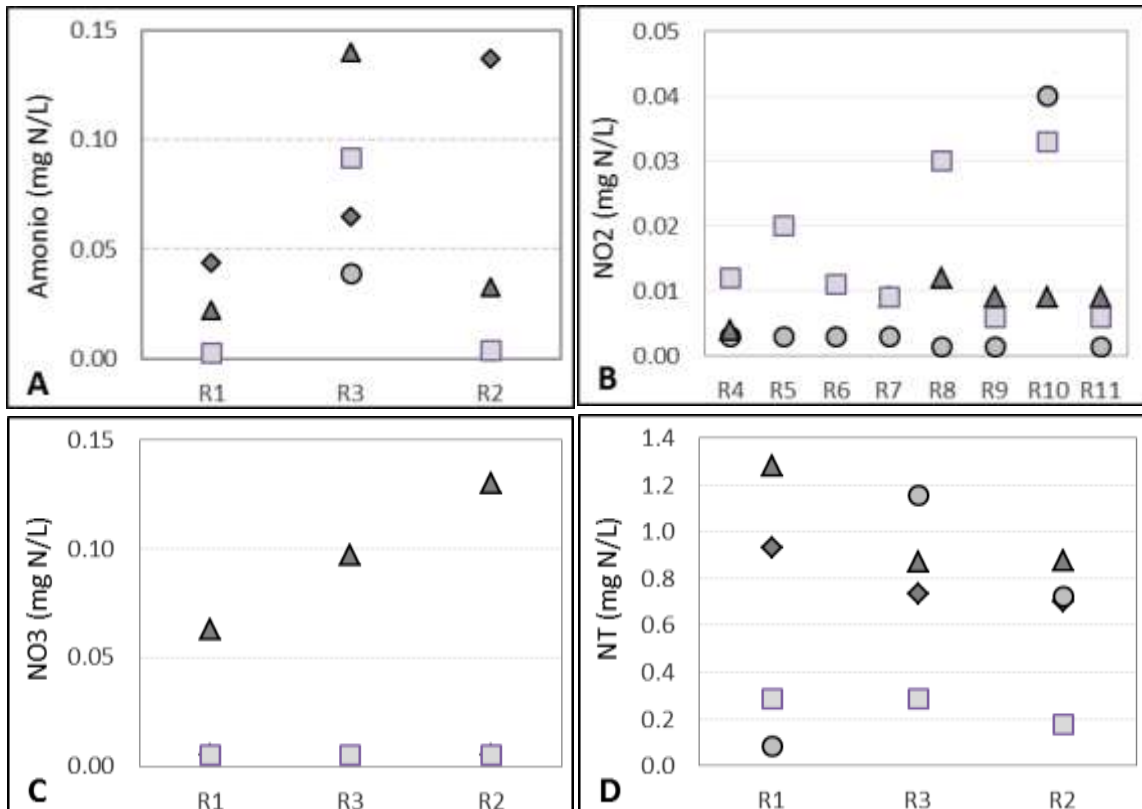


Figura 9. Variación espacial y estacional de la concentración de amonio (A), nitrito (B), nitrate (C) y del nitrógeno total (D) de la Laguna de Rocha. Círculo=otoño, triángulo= invierno, cuadrado=primavera, rombo= verano. Tener en cuenta que el estándar del nitrate (máximo de 10,0 mg N/L) no se indica en "C" debido a que queda fuera de escala.

Los valores de concentración de **fosfato** (PO<sub>4</sub>) variaron entre 10.8 µg P/L y 64.9 µg P/L, con un promedio anual para toda la laguna de 38.1 µg P/L (Figura 10). El **fósforo total** (PT) varió entre 45.8 µg P/L y 166.8 µg P/L. Tanto el fosfato como el fósforo total mostraron cierta tendencia a disminuir su concentración desde el norte (R1) hacia el sur de la laguna (R2). Todos los valores superaron el estándar admitido por la normativa vigente ( $\leq 25$  µg P/L) (Figura 10).

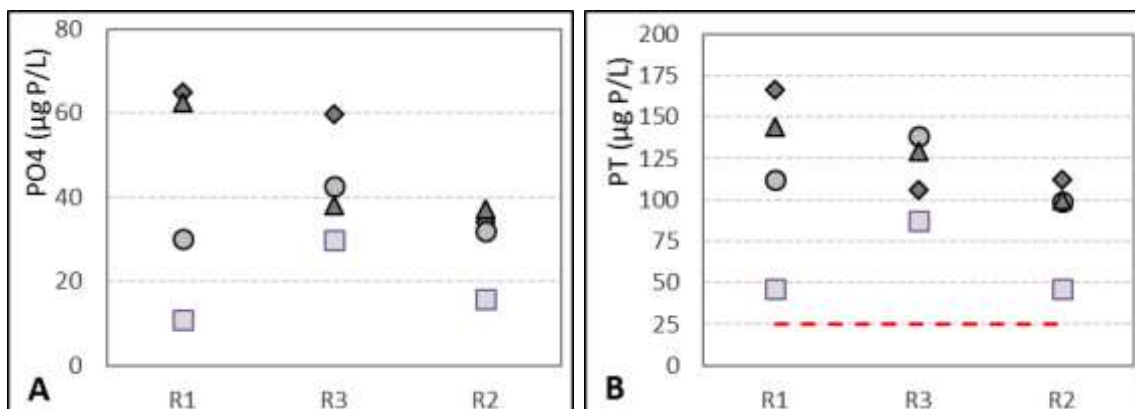


Figura 10. Variación espacial y estacional del fosfato (A) y del fósforo total (B) de la Laguna de Rocha. Círculo=otoño, triángulo= invierno, cuadrado=primavera, rombo= verano. La línea entrecortada indica el estándar de fosforo total según el Decreto 253/79.

Los **coliformes termotolerantes** presentaron valores de concentración de entre <5.0 y 2400 UFC/100ml (Tabla 8). Todos los datos cumplieron con el estándar para muestras puntuales señalado en el Decreto 253/79 ( $\leq 2000$  UFC/100ml), a excepción de la muestra del punto R1 tomada en invierno.

Tabla 8. Coliformes termotolerantes (UFC/100ml) en La Laguna de Rocha, para las cuatro estaciones del año.

Estación	R1	R3	R2
Verano	5	<5	<5
Otoño	5	<5	<5
Invierno	2400	30	20
Primavera	5	<5	<5

### 3.1.2 Calidad de sedimentos: Laguna de Rocha

La concentración de **materia orgánica** en sedimento varió entre 2.4 mg/g y 66.0 mg/g peso seco, valores correspondientes a otoño y verano respectivamente (Figura 11). La estación R2 presentó los menores valores de concentración durante todo el período. A su vez, la laguna presentó un promedio anual de 31.0 mg/g peso seco de esta variable.

La biomasa fitoplanctónica estimada como la concentración de **clorofila a** en sedimento presentó un rango de valores entre 4.3 mg/Kg y 72.3 mg/Kg. Los valores más elevados (44.7 mg/Kg y 72.3 mg/Kg) fueron registrados en R1 y R2, durante el verano (Figura 11).

La concentración de **fósforo total** en el sedimento presentó un rango de variación entre 14.8 mg/Kg (R3) y 214.9 mg/Kg (R1), correspondientes a otoño y verano respectivamente. Los valores de concentración

del **nitrógeno total** fluctuaron entre los 8.6 mg/Kg (en R2) y los 654.0 mg/Kg (en R1), con un promedio de 195.0 mg/Kg para toda la laguna. Los valores más altos de este nutriente fueron registrados en otoño en el punto de monitoreo R1 (punto norte de la laguna (Figura 12).

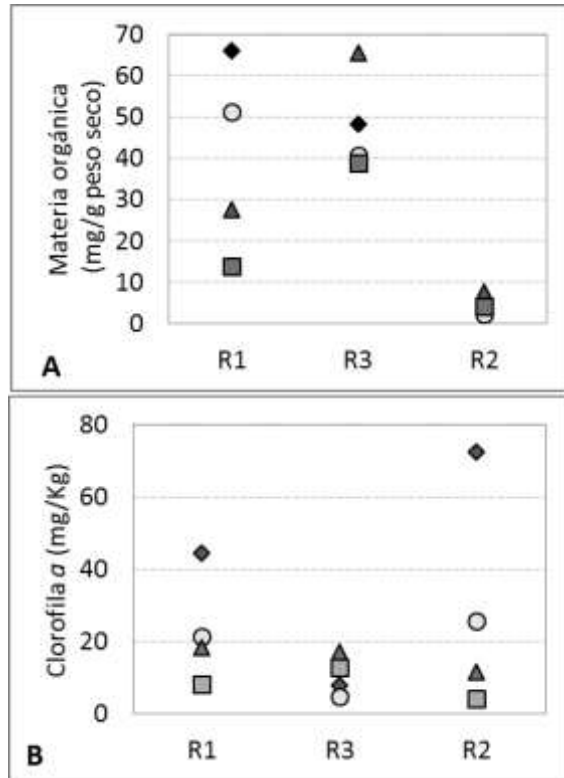


Figura 11. Variación espacial y estacional de la materia orgánica (A) y de la clorofila a (B), determinada en el sedimento de la Laguna de Rocha. Círculo=otoño, triángulo= invierno, cuadrado=primavera y rombo=verano.

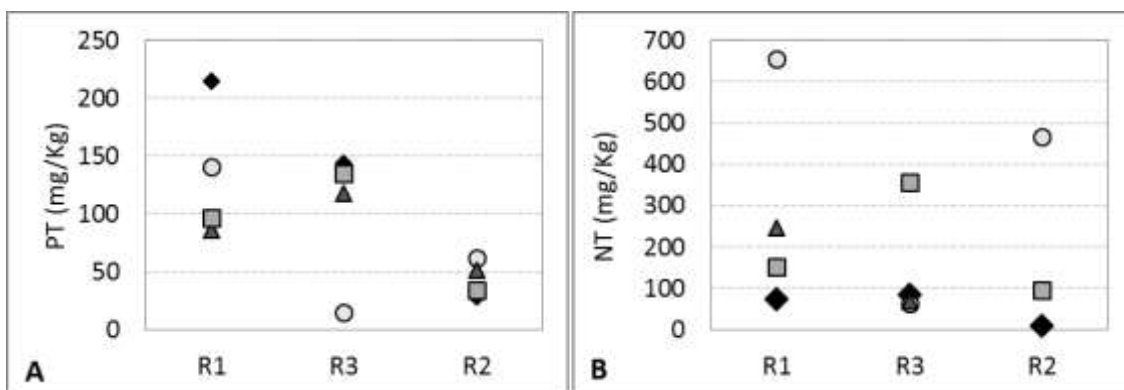


Figura 12. Variación espacial y estacional de la concentración de fosforo total (A) y nitrógeno total (B) del sedimento de la Laguna de Rocha. Círculo=otoño, triángulo= invierno, cuadrado=primavera, rombo= verano.

Todos los agroquímicos analizados (Tabla 9), a excepción de los clorpirifos, presentaron valores de concentración por debajo de los límites analíticos. El valor de clorpirifos no pudo ser evaluado ya que no se cuenta con normativa nacional, y tampoco se encontró normativa internacional que definiera límites admisibles.

Tabla 9. Agroquímicos y metales determinados en el sedimento de la Laguna de Rocha.

Estación de monitoreo	R1		
	Resultado	LD	LC
Ar mg/Kg	<LD	5	10
Cd mg/Kg	<LD	1	2.5
Cu mg/Kg	<LC	2	5
CrVI mg/Kg	<LD	0.1	0.28
Hg mg/Kg	<LD	0.1	0.3
Pb mg/Kg	<LD	8	15
Glifosato µg/Kg	<LC	0.4	1
p,p'DDD ng/g	<LD	0.1	N/A
p,p'DDE ng/g	<LD	0.1	N/A
p,p'DDT µg/Kg	<LD	0.1	N/A
EndosulfanAlfa ng/g	<LD	0.1	N/A
EndosulfanBeta ng/g	<LD	0.1	N/A
Endosulfansulfato ng/g	<LD	0.1	N/A
Cipermetrina ng/g	<LD	0.1	N/A
Clorpirifos ng/g	0.2	0.1	N/A
Malathion µg/Kg	<LD	0.1	N/A

### 3.1.3 Parámetros biológicos: Laguna de Rocha

#### Comunidad Bentónica

En la Laguna de Rocha se identificaron 22 taxa, de los cuales 11 fueron clasificados a nivel de especies, uno a nivel de género, tres a nivel de familia, seis a nivel de suborden y uno a nivel de clase (Tabla 10). La clase más abundante, independientemente de la estación del año, fueron los Gastropoda, seguidos de Polychaeta y Bivalvia (Figura 13).

La especie dominante de la comunidad bentónica fue *Heleobia aff. australis*. Los individuos de esta especie representaron un 83.7%, un 92.7% y un 92.3 % de la abundancia total, para otoño, invierno y primavera, respectivamente (Anexo 3).

Tabla 10. Taxa de la comunidad bentónica registrados en la Laguna de Rocha en otoño, invierno y primavera.

Phylum	Clase	Suborden	Familia	Genero	Especie
Mollusca	Gastropoda		Cochliopidae	<i>Heleobia</i>	<i>Heleobia</i> aff. <i>australis</i>
		Bivalvia	Erodonidae	<i>Erodona</i>	<i>Erodona mactroides</i>
		Pharidae	<i>Tagelus</i>	<i>Tagelus</i> aff. <i>plebeius</i>	
		Mactridae	<i>Mactra</i>	<i>Mactra isabelleana</i>	
		Mytilidae	<i>Mytella</i>	<i>Mytella charruana</i>	
Annelida	Polychaeta		Capitellidae	<i>Heteromastus</i>	<i>Heteromastus</i> cf. <i>similis</i>
			Nephtyidae	<i>Nephtys</i>	<i>Nephtys fluviatilis</i>
			Nereididae	<i>Laeonereis</i>	<i>Laeonereis pandoensis</i>
			Sabellidae	Indeterminado	
Arthropoda	Hirudinea		Indeterminada		
	Ostracoda		Cypridae	<i>Cyprideis</i>	Indeterminada
	Malacostraca			Indeterminado	
				<i>Cassinidea</i>	<i>Cassinidea fluminensis</i>
			Varunidae	<i>Cyrtograpsus</i>	<i>Cyrtograpsus altimanus</i>
Briozoa	Gymnolaemata	Gammaridea	Indeterminada		Del sp.1 al sp. 6
			Tanaididae	<i>Sinelobus</i>	<i>Sinelobus stanfordi</i>
			Membraniporidae	Indeterminado	

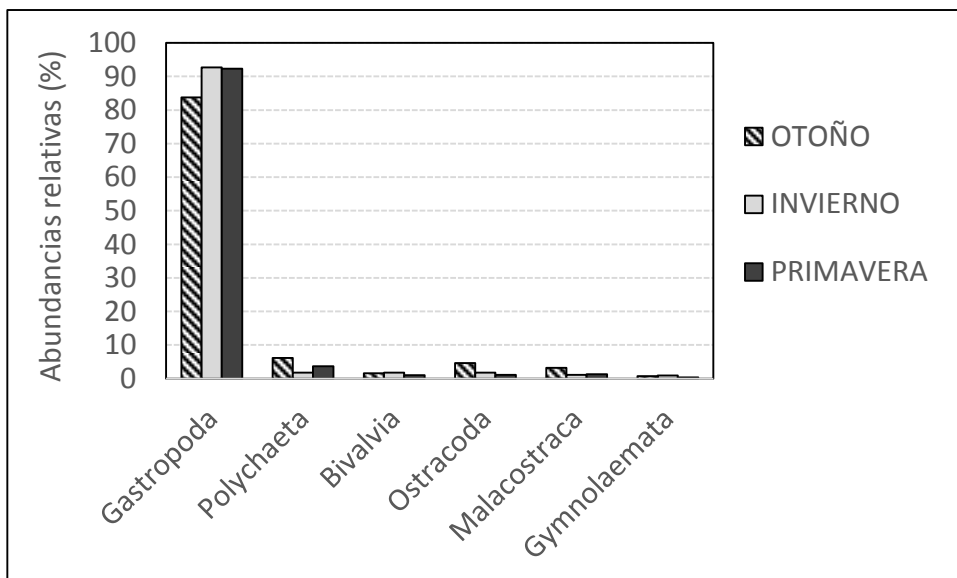


Figura 13. Abundancias relativas de las clases taxonómicas identificadas en la Laguna de Rocha, considerando las tres estaciones del año.

## Peces de importancia comercial

Los valores de las variables ambientales medidas durante los muestreos de invierno y primavera en la Laguna de Rocha frente al poblado de los pescadores (Barra de Rocha) están detallados en la Tabla 11. Los valores de los parámetros fisicoquímicos del agua se encontraron dentro de los rangos informados para el sitio R2.

Tabla 11. Variables abióticas medidas durante los muestreos de desembarque realizados en la Laguna de Rocha en invierno y primavera.

Estación del año	Estación de monitoreo	Barra	Temp (°C)	Sal (UPS)	STD (g/l)	Cond (mS)	O2 (mg/l)	pH
Invierno	Barra de Rocha	abierta	10	8.6	9.58	10.75	8.38	8.7
								2
Primavera	Barra de Rocha	abierta	19.23	18.7	19.51	26.73	7.15	8.7

Las especies de peces objetivo de la pesca artesanal registradas en los muestreos biológicos de desembarque fueron *Micropogonias furnieri* (corvina blanca), *Odontesthes argentiniensis* (pejerrey) y *Paralichthys orbignyanus* (lenguado) en invierno; y corvina blanca y *Brevoortia aurea* (lacha) en primavera. Adicionalmente se registraron otras especies, tanto en invierno como en primavera, pero las mismas fueron de captura incidental (*Pogonias cromis* (corvina negra), *Pomatomus saltatrix* (anchoa), *Trachinotus marginatus* (pampanito) y *Mugil liza* (lisa)) (Tabla 12).

Tabla 12. Estadísticos básicos de la talla y del peso de los individuos de las especies muestreadas en la Laguna de Rocha en invierno y primavera. Min: mínimo, máx: máximo, LT: longitud total y DS: desvío estándar.

Estación	Especie (N)	LT		Peso	
		Min-máx (cm)	media±DS (cm)	Min-máx (g)	media±DS (g)
Invierno	<i>Micropogonias furnieri</i> (64)	25.0 - 46.0	31.9±3.6	165 - 1080	360.3±148.3
	<i>Odontesthes argentiniensis</i> (188)	16.5 - 24.5	19.5±1.7	35.9 - 103.6	49.5±12.2
	<i>Paralichthys orbignyanus</i> (70)	30.0 - 70.0	48.9±8.5		
	<i>Pogonias cromis</i> (1)	24.0 - ND		189.9-ND	
<b>Total=324</b>					
Primavera	<i>Brevoortia aurea</i> (120)	22.0 - 35.0	25.5±2.1	117.0 - 505.0	185.5±63.9
	<i>Micropogonias furnieri</i> (43)	27.0 - 44.0	30.4±2.9	178.0 - 900.0	291.9±115.0
	<i>Mugil liza</i> (2)	34.0 - 38.0	36.0±2.9	370.0 - 560.0	465.0±134.4
	<i>Odontesthes argentiniensis</i> (1)	33.0 - 33.0		330.0 - 330.0	
	<i>Paralichthys orbignyanus</i> (1)	27.0 - 27.0		360.0 - 360.0	
	<i>Pomatomus saltatrix</i> (2)	32.0 - 37.0	34.5±3.5	300.0 - 300.0	430.0±183.9
	<i>Trachinotus marginatus</i> (1)	24.0 - 24.0		200.0 - 200.0	
<b>Total=170</b>					

En invierno y primavera los rangos de tallas de la corvina blanca fueron similares (Figura 14 y 15, Tabla 12), presentando en invierno un valor medio de 32.0 cm (n = 64), y en primavera una media de 30.4 cm (n = 43). Asimismo, las tallas en las cuales quedaron retenidos el 50 % de los ejemplares (LT<sub>50%</sub>) fueron similares, siendo de 32 cm en invierno y de 30 cm en primavera.

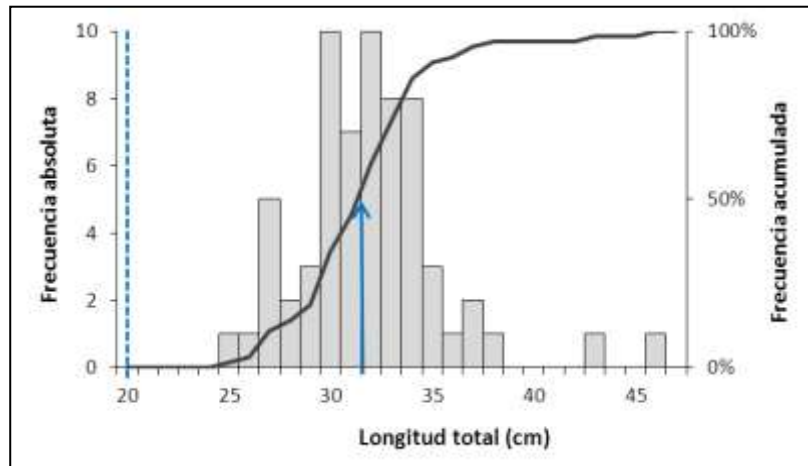


Figura 14. Frecuencia absoluta de tallas (barras) y acumulada (línea gris) de los individuos de *Micropogonias furnieri* muestreados en invierno en la Laguna de Rocha. La línea azul con guiones indica la talla de madurez sexual estimada para hembras (20.4 cm Lt) y la flecha azul la talla a la cual quedaron retenidos el 50 % de los ejemplares (32.0 cm Lt).

Del total de ejemplares de corvina blanca analizados en primavera, 34 fueron machos (rango = 27.0-35.0 cm; media = 30.0 cm de Lt) y 9 hembras (rango = 27.0-44.0 cm; media = 31.8 cm de Lt). En ambos sexos los ejemplares se encontraron en maduración (1%) o maduros (99 %). En ambas estaciones del año las LT<sub>50%</sub> de corvina blanca estuvieron por encima de la talla de madurez sexual (LTM<sub>50%</sub>) estimada para las hembras (20.4 cm de Lt) por Vizziano *et al.* (2002) (Figura 14 y 15).

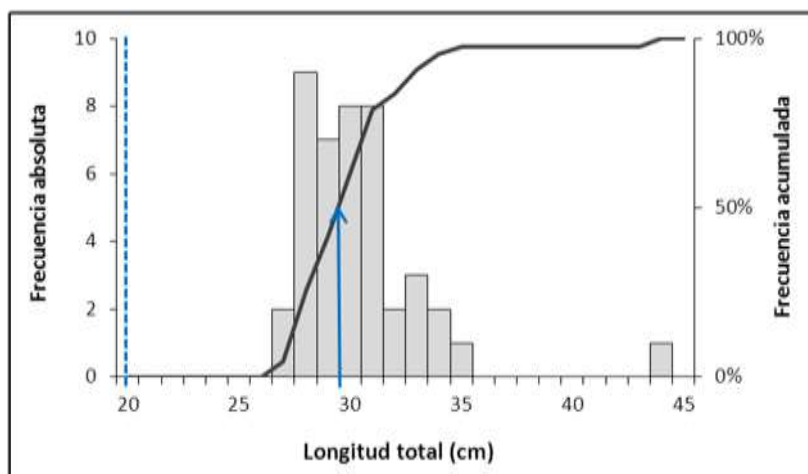


Figura 15. Frecuencia absoluta de tallas (barras) y acumulada (línea gris) de los individuos de *Micropogonias furnieri* muestreados en primavera en la Laguna de Rocha. La línea azul con guiones indica la talla de madurez sexual estimada para hembras (20.4 cm Lt) y la flecha azul la talla a la cual quedaron retenidos el 50 % de los ejemplares (30.0 cm Lt).

En el monitoreo de invierno el pejerrey presentó una talla media y una LT50% de 19.5 cm (n = 188) (Figura 16, Tabla 12). De los 188 ejemplares analizados se registró el sexo en 66 individuos, de los cuales 22 fueron machos (rango = 17.5-24.0 cm; media = 19.7 cm de Lt) y 44 hembras (rango = 16.5-22.5 cm; media = 19.1 cm de Lt). En machos se encontraron individuos en maduración (n = 4, rango = 18.0-22.5 cm de Lt), maduros (n = 13, rango = 17.5-24.0 cm de Lt) y en post-evacuación o recuperación (n = 2, rango = 18.0-21.5 cm de Lt). En las hembras únicamente se encontraron individuos en maduración (n = 30; rango = 17.0-22.5 cm de Lt) y maduros (n = 12, rango = 16.5-20.0 cm de Lt). La LT<sub>50%</sub> estuvo por encima de la LTM<sub>50%</sub> estimada para las hembras de esta especie (16.1 cm de Lt) por Moresco y Bemvenuti (2006) (Figura 16).

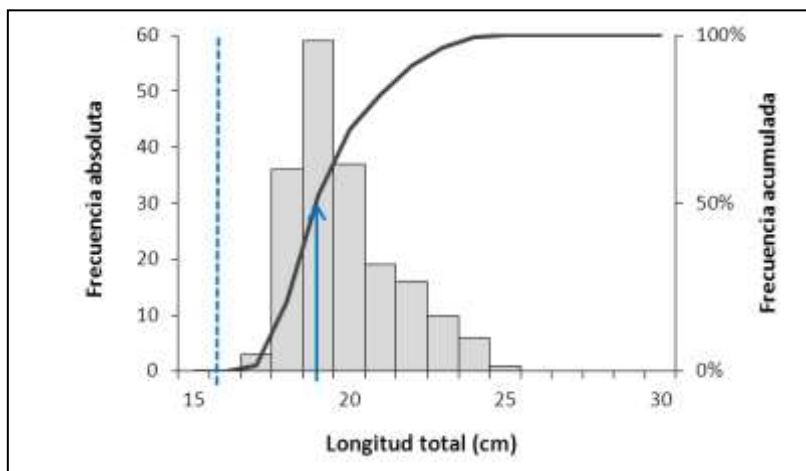


Figura 16. Frecuencia absoluta de tallas (barras) y acumulada (línea gris) de los individuos de *Odontesthes argentinensis* muestreados en invierno en la Laguna de Rocha. La línea azul con guiones indica la talla de madurez sexual estimada para hembras (16.1 cm Lt) y la flecha azul la talla a la cual quedaron retenidos el 50 % de los ejemplares (19.5 cm Lt).

En el monitoreo de invierno el lenguado rojo presentó un rango de tallas comprendido entre 30 y 70 cm y un valor medio de 49 cm de Lt (n = 70) (Figura 17, Tabla 12). La LT50% (50.5 cm de Lt) se encontró por encima de la LTM50% establecida para las hembras (38.5 cm de Lt) por Mellito *et al.* (1995) (Figura 17).



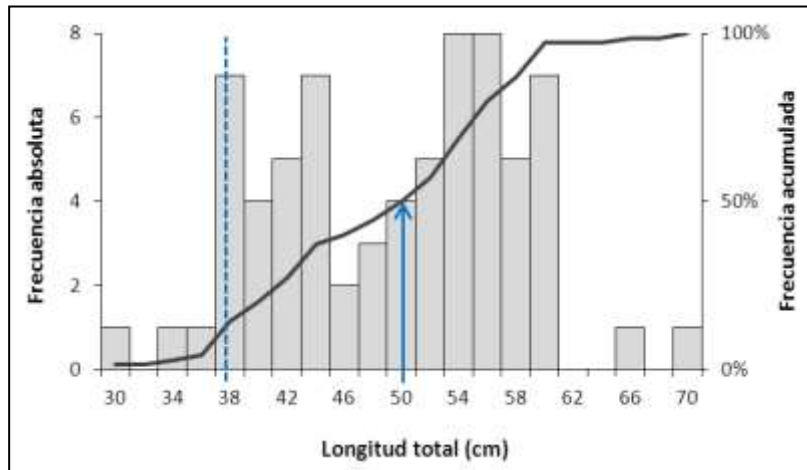


Figura 17. Frecuencia absoluta de tallas (barras) y acumulada (línea gris) de los individuos de *Paralichthys orbignyanus* capturados en el muestreo de invierno en la Laguna de Rocha. La línea azul con guiones indica la talla de madurez sexual estimada para hembras (38.5 cm Lt) y la flecha azul la talla a la cual quedaron retenidos el 50 % de los ejemplares (50.5 cm Lt).

La lacha solo fue capturada en primavera, registrando una talla media de 25.5 cm (n=120) y una LT50% de 25.0 cm de Lt (Figura 18, Tabla 12). Fueron sexados 73 individuos, de los cuales 39 fueron machos (rango: 24.0-35.0 cm; media: 25.9 cm de Lt) y 34 hembras (rango: 22.0-33.0 cm; media: 26.5 cm de Lt). Dentro de los machos se encontraron individuos maduros (espermiantes) (n=37, rango=24.0-30.0 cm de Lt) y en post-evacuación (n=2, rango=29.0-35.0 cm de Lt). Las hembras se encontraban en maduración (n=1, 26.0 cm de Lt), maduras (desovantes) (n=29, rango=22.0-33.0 cm de Lt) y en reposo (n=4, rango=25.0-26.0 cm de Lt). La  $LT_{50\%}$  estuvo por encima de la  $LTM_{50\%}$  estimada para las hembras de esta especie (20.5 cm Lt) por Rodríguez (2016) (Figura 18).

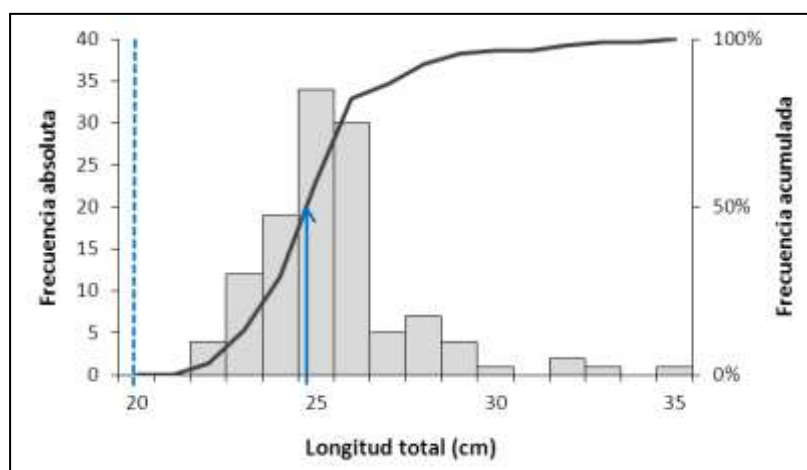


Figura 18. Frecuencia absoluta de tallas (barras) y acumulada (línea gris) de los individuos de *Brevoortia aurea* muestreados en primavera en la Laguna de Rocha. La línea azul con guiones indica la talla de madurez sexual estimada para hembras (20.5 cm Lt) y la flecha azul la talla a la cual quedaron retenidos el 50 % de los ejemplares (25.0 cm Lt).

En la Tabla 13 se presentan los valores de los parámetros de las relaciones largo-peso estimadas para las diferentes especies muestreadas en la Laguna de Rocha en invierno y primavera.

Tabla 13. Parámetros estimados para la relación largo total (cm)-peso total (g) de las especies muestreadas en la Laguna de Rocha en invierno y primavera. Tamaño de muestra (n), intercepto (a), pendiente (b), límites de los intervalos de confianza del 95% de a y b ( $\pm$  IC95%), coeficiente de determinación ( $r^2$ ), valor del estadístico de Fischer (F) y su correspondiente valor de probabilidad (p-valor).

	Especie	n	Parámetros			$r^2$	F	p-valor	
			a	IC <sub>95%</sub> (a)	b				IC <sub>95%</sub> (b)
Invierno	<i>Micropogonias furnieri</i>	64	0,0072	0,0035-0,0147	3,1125	2,9049-3,3201	0,93	898,2	2,2x10 <sup>-16</sup>
	<i>Odonthestes argentiniensis</i>	187	0,0379	0,0254-0,0566	2,4078	2,2731-2,5424	0,87	1244	2,2x10 <sup>-16</sup>
Primavera	<i>Micropogonias furnieri</i>	43	0,0046	0,0019-0,0116	3,2263	2,9575-3,4951	0,93	587,5	2,2x10 <sup>-16</sup>
	<i>Brevoortia aurea</i>	117	0,008	0,0039-0,0164	3,0945	2,8719-3,3171	0,87	758,2	2,2x10 <sup>-16</sup>

Por último, del análisis de metales pesados en músculo de peces (Tabla 14) se desprende que solo el mercurio (Hg) presentó valores detectables.

Tabla 14. Análisis de metales pesados en músculo de especies de peces de talla comercial de la Laguna de Rocha, capturados en invierno. Límites de detección: Mercurio (Hg)= 0.035 mg/kg, Cadmio (Cd)=0.0066 mg/kg y Plomo (Pb)= 0.028 mg/kg. ND=no detectable.

Especie	Muestra	Hg (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)
<i>Micropogonias furnieri</i>	N°1	0.13±0.024	ND	ND
<i>Micropogonias furnieri</i>	N°2	0.22±0.041	ND	ND
<i>Micropogonias furnieri</i>	N°2	0.14±0.026	ND	ND
<i>Odonthestes sp.</i>	N°1	0.085±0.016	ND	ND
<i>Odonthestes sp.</i>	N°2	0.076±0.014	ND	ND
<i>Odonthestes sp.</i>	N°3	0.071±0.013	ND	ND
<i>Odonthestes sp.</i>	N°4	0.11±0.020	ND	ND
<i>Odonthestes sp.</i>	N°5	0.096±0.018	ND	ND
<i>Paralichthys orbignyanus</i>	Mejillas. Pool de 5 individuos	0.14±0.027	ND	ND

### 3.1.4 Calidad de agua: Arroyos

La **temperatura** mínima (14.4°C) se registró en el Arroyo Rocha (R10) en invierno, mientras que la máxima (24.5°C) se registró en el Arroyo La Palma (R6), en primavera. Los valores de **pH** se mantuvieron dentro del estándar contenido en la normativa (6.5 a 8.5). El máximo de **conductividad** (14850  $\mu$ s/cm) se registró en otoño, en el Arroyo La Palma, a la altura del puente sobre ruta 15 (R7). Este valor fue varios órdenes de magnitud superior al resto de los valores registrados. El mínimo de esta variable (118.0  $\mu$ s/cm) se registró en R11, en primavera (Figura 19).

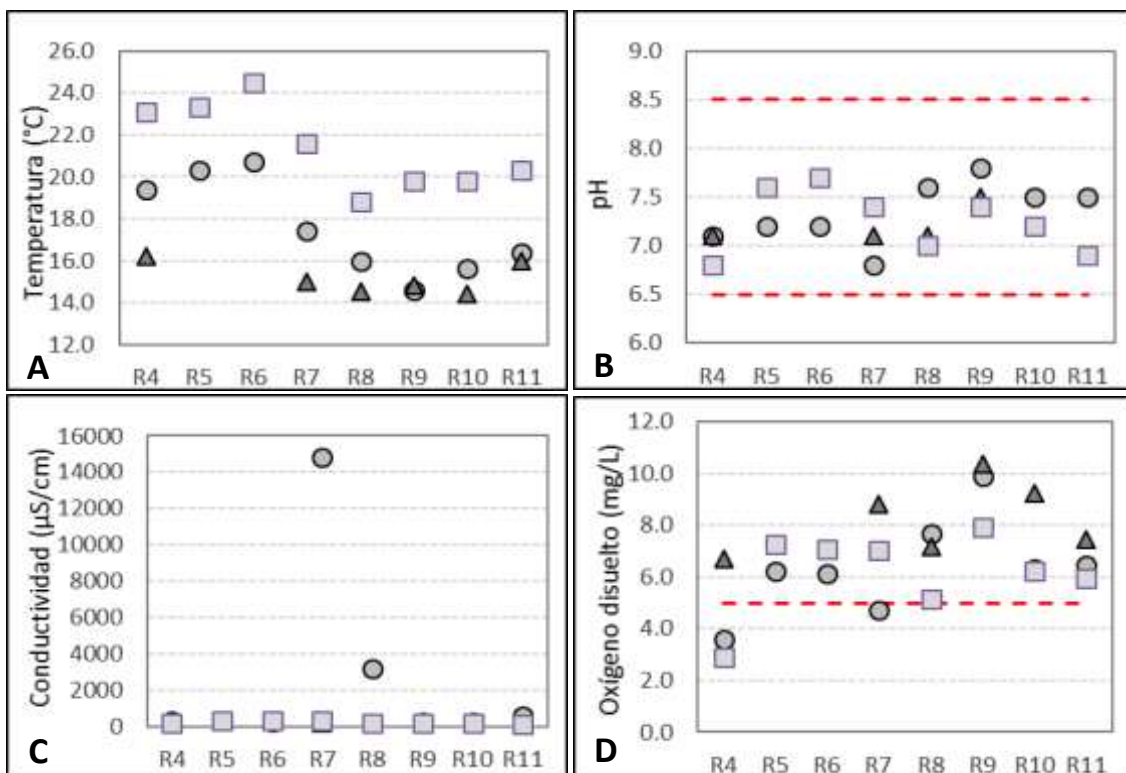


Figura 19. Variación espacial y estacional de la temperatura (A), el pH (B), la conductividad (C) y el oxígeno disuelto (D) en los principales tributarios de la Laguna de Rocha. Círculo=otoño, triángulo= invierno, cuadrado=primavera y rombo=verano.

En general los valores de **oxígeno disuelto** cumplieron con el estándar de la normativa ( $\geq 5.0$  mg/L), sin embargo hubo tres registros que incumplieron. Estos tres registros pertenecieron al Arroyo la Palma, dos de ellos ocurrieron en el embalse de OSE (R4) y el tercero ocurrió en la zona del puente bajo ruta 15 (R7) (Figura 19).

La **turbidez** presentó valores entre 4.7 NTU (Arroyo Rocha; R9) y 131.0 NTU (Arroyo La Palma; R6). Los mínimos de cada estación de monitoreo se registraron generalmente en otoño, en los sitios desde el R7 al R11, mientras que los máximos ocurrieron principalmente en invierno. De los ocho sitios de monitoreo hubo cinco que presentaron al menos un exceso en relación a la normativa ( $< 50.0$  NTU) (Figura 20).

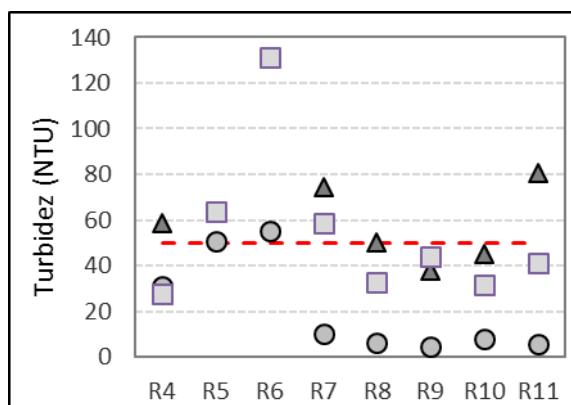


Figura 20. Variación espacial y estacional de la turbidez en los principales tributarios de la Laguna de Rocha. Círculo=otoño, triángulo= invierno, cuadrado=primavera y rombo=verano.

La **clorofila a** fluctuó entre 0.41  $\mu\text{g/L}$  y 10.19  $\mu\text{g/L}$ . Consistentemente, los máximos de concentración de todos los puntos de monitoreo ocurrieron en primavera (Figura 21).

En cuanto a los nutrientes nitrogenados, el **amonio** presentó un rango de concentración de entre 0,01 mg N/L y 0,52 mg N/L, este último tuvo lugar en el arroyo La Palma (R6), en primavera. Los valores de **nitrito** variaron entre 0.002 mg N/L (R8, R9 y R11) y 0.04 mg N/L (R10). El máximo se registró en el Arroyo Rocha (R10) durante el otoño (Figura 22).

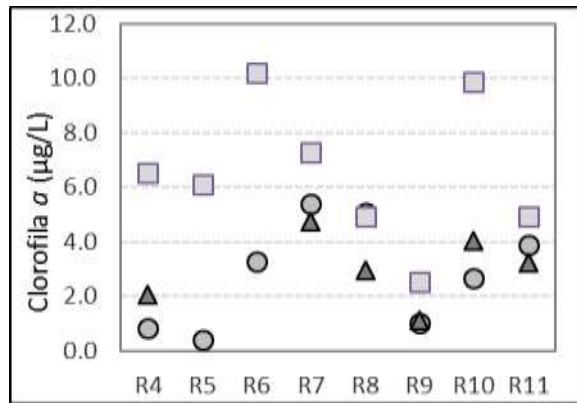


Figura 21. Variación espacial y estacional de la Clorofila a de los principales tributarios de la Laguna de Rocha. Círculo=otoño, triángulo= invierno y cuadrado=primavera.

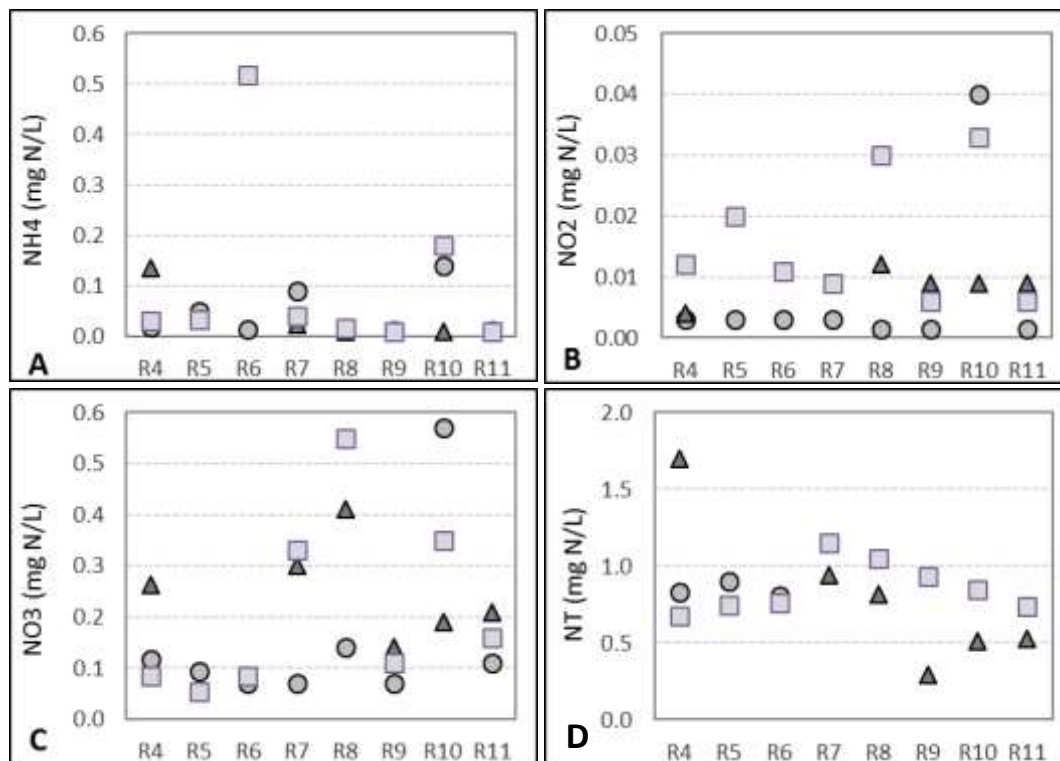


Figura 22. Variación espacial y estacional del nitrito (A), amonio (B), nitrato (C) y del nitrógeno total (D) en los principales tributarios de la Laguna de Rocha. Círculo=otoño, triángulo= invierno, cuadrado=primavera, rombo=verano. Tener en cuenta que el estándar del nitrato ( $\leq 10,0$  mg N/L) no se indica en "C" debido a que queda fuera de escala.

El **nitrato** fluctuó entre 0.07 mg N/L y 0.57 mg N/L. El máximo, al igual que para el nitrito, se registró en el Arroyo Rocha, en otoño. Para esta variable, ningún valor incumplió con el estándar del decreto ( $\leq 10,0$  mg de  $\text{NO}_3$ ). Por último el **nitrógeno total** presentó valores entre 0.29 mg N/L (R9) y 1.70 mg N/L (R4). Para estas últimas dos variables, los máximos, a diferencia del resto, se registraron en el Arroyo La Palma (Figura 22).

Los valores de **fosfato** se encontraron entre 10.0 µg P/L (R11) y 580.0 µg P/L, mientras que los de **fósforo total** se encontraron entre 20.0 µg P/L y 510.0 µg P/L. Los máximos para estas variables fueron registrados en el Arroyo Las Conchas (R8) durante el otoño. Todos los registros de fósforo total incumplieron con el estándar del decreto vigente ( $\leq 25$  µg P/L) (Figura 23).

Los valores puntuales de coliformes termotolerantes variaron entre <5 y 1300 UFC/100ml (Tabla 15). Ninguno superó el estándar admitido por la normativa ( $\leq 200$ UFC/100ml).

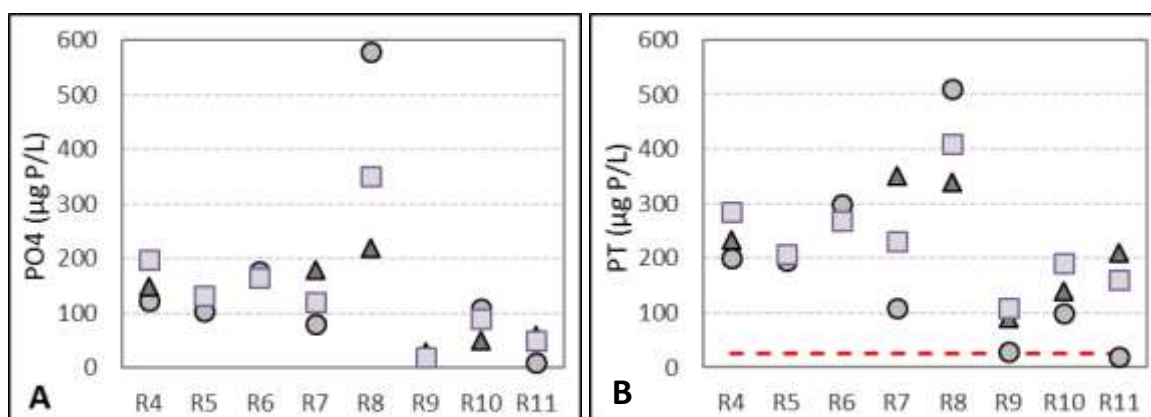


Figura 23. Variación espacial y estacional del fosfato (A) y del fósforo total (B) en los principales tributarios de la Laguna de Rocha. Círculo=otoño, triángulo= invierno, cuadrado=primavera, rombo= verano. La línea entrecortada indica el estándar de fosforo total según el Decreto 253/79.

Tabla 15. Coliformes termotolerantes de los principales tributarios de La Laguna de Rocha.

Estación	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11
Otoño	<5	<5	5	120	210	200	160	210
Invierno	100			1300	1200	130	280	900
Primavera				230	1100	500	730	500

### 3.1.4.1 Toma OSE (Arroyo La Palma): parámetros fisicoquímicos y agroquímicos en sedimento

La concentración de nutrientes determinados en el sedimento del arroyo La Palma presentó un rango de variación de entre 50 mg/Kg y 169 mg/Kg para el **fósforo total** y de entre 91 mg/Kg y 488 mg/Kg para el **nitrógeno total**. La **clorofila a** presentó un máximo de 7.7 mg/Kg, registrado en el embalse del arroyo La Palma. En cuanto a la atrazina, todos los valores determinados se encontraron por debajo del límite de detección analítico (Tabla 16).

Tabla 16. Parámetros fisicoquímicos y agroquímicos en sedimento del Arroyo La Palma.

Nombre Estación	Fecha Muestreo	Clorofila $\alpha$ (mg/Kg)	MO (mg/g peso seco)	PT (mg/Kg)	NT (mg/Kg)	Atrazina	
						( $\mu$ g/Kg)	LD
R4sed	10/08/2017					<LD	0.8
R4sed	09/11/2017	7.7	33.126	100	189.1	<LD	0.1
R6sed	18/12/2017	4.293	7.891	50.046	91.068		
R4sed	18/12/2017	6.984	62.077	169.148	488.631		
R4sed	19/12/2017					<LD	0.1
R6sed	19/12/2017					<LD	0.1

## 3.2 Cuenca de la Laguna Castillos

### 3.2.1 Calidad del agua: Laguna de Castillos

La **temperatura** del agua de la Laguna de Castillos varió estacionalmente entre 13.2°C y 22.8°C (Figura 24). El **pH** se encontró dentro del rango de variación de 7.2 y 9.0, excediendo levemente y en dos ocasiones (LC1 en verano y LC3 en otoño) el estándar de la normativa ambiental nacional (Figura 24). La **conductividad** presentó un gradiente espacial bien definido, disminuyendo sus valores desde el sur (LC1) hacia el norte de la laguna (LC4). El valor máximo registrado fue de 16400  $\mu$ S/cm mientras que el mínimo fue de 420  $\mu$ S/cm (Figura 24). La distribución de esta variable fue la esperable teniendo en cuenta que la influencia del agua marina disminuye desde el sur hacia el norte de la laguna. A su vez, se observa que los máximos de cada sitio de muestreo fueron registrados siempre en otoño, mientras que los mínimos fueron registrados siempre en primavera (Figura 24).

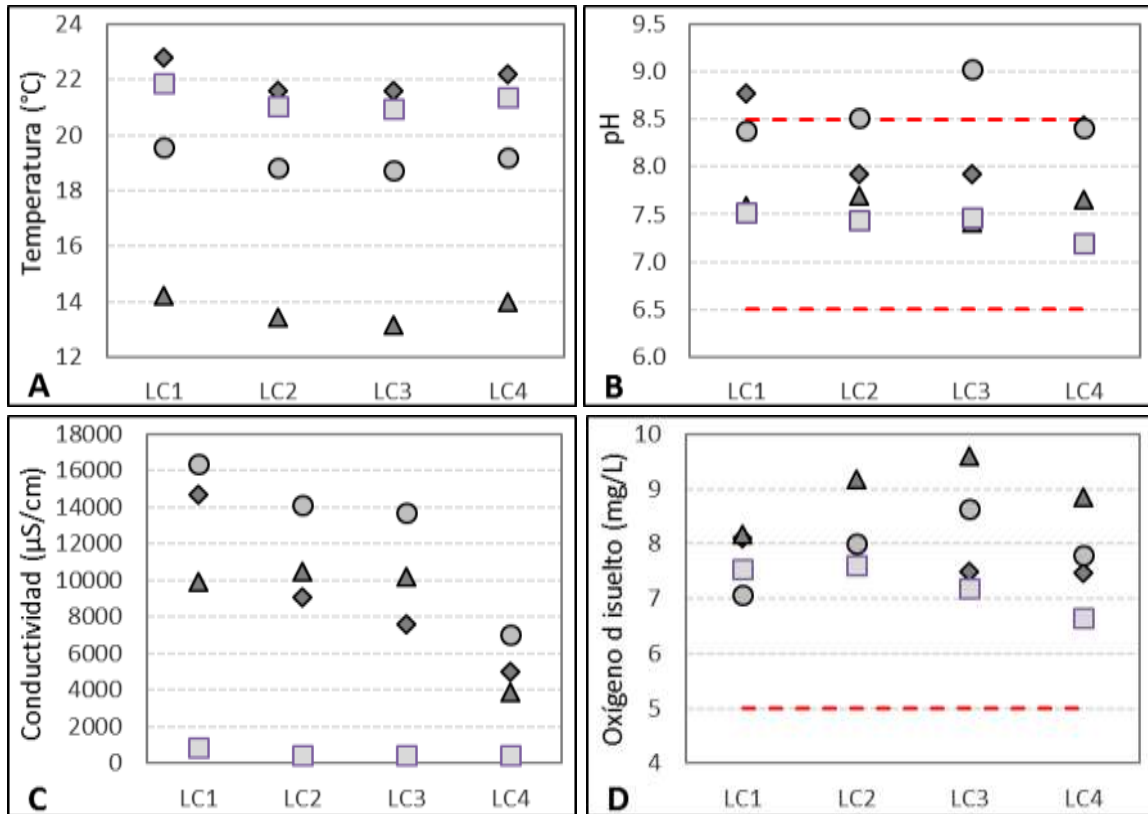


Figura 24. Variación espacial y estacional de la temperatura (A), el pH (B), la conductividad (C) y el oxígeno disuelto (D) de la Laguna de Castillos. Círculo=otoño, triángulo= invierno, cuadrado=primavera y rombo= verano.

Los valores de **oxígeno disuelto** cumplieron con el estándar de calidad (mínimo de 5.0 mg/L). El mínimo registrado fue de 6.6 mg/L (en primavera) y el máximo fue de 9.6 mg/L (en invierno), mientras que el promedio anual para toda la laguna fue de 7.9 mg/L (Figura 24).

Los **sólidos suspendidos totales (SST)** presentaron un amplio rango de variación de entre 2.0 mg/L y 151.4 mg/L. A excepción de la primavera, donde hay una disminución de los valores desde LC1 a LC4, en el resto de las estaciones del año no hay un gradiente espacial definido. El bolsón del Chafalote (LC4) se diferenció marcadamente del resto de los sitios, mostrando siempre valores más bajos para esta variable (Figura 25).

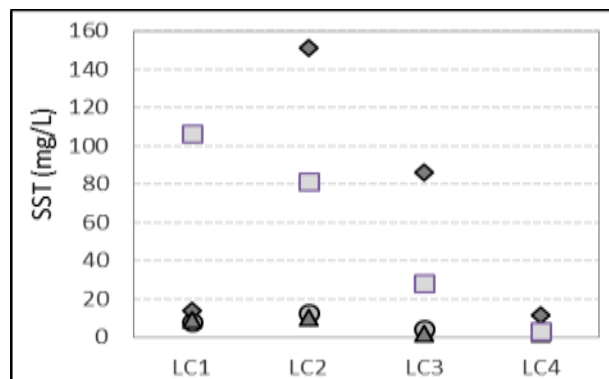


Figura 25. Variación espacial y estacional de los sólidos suspendidos totales de la Laguna de Castillos. Círculo=otoño, triángulo= invierno, rombo= verano, cuadrado=primavera.

La concentración de **materia orgánica (MO)** presentó fluctuaciones entre 0.0 y 15.6 mg/L. Los valores más elevados se registraron en verano y primavera (Figura 26).

La **turbidez** presentó valores entre 0 y 191 NTU. Hubo cinco excesos en relación al estándar ( $\leq 50$  NTU). Tres de los valores que incumplieron ocurrieron en primavera y dos fueron registrados en verano. El máximo se registró en LC1 (Figura 26).

La biomasa fitoplanctónica estimada a través de la **clorofila  $\alpha$**  presentó un rango de concentración entre 1.2  $\mu\text{g/L}$  y 11.0  $\mu\text{g/L}$ , y un promedio anual de 3.7  $\mu\text{g/L}$ . Los valores más elevados generalmente se registraron en primavera. Al igual que para la Laguna de Rocha, los valores sugeridos por la OCDE (1982) indican que al menos durante el período de estudio, la laguna fue mesotrófica (Figura 26).

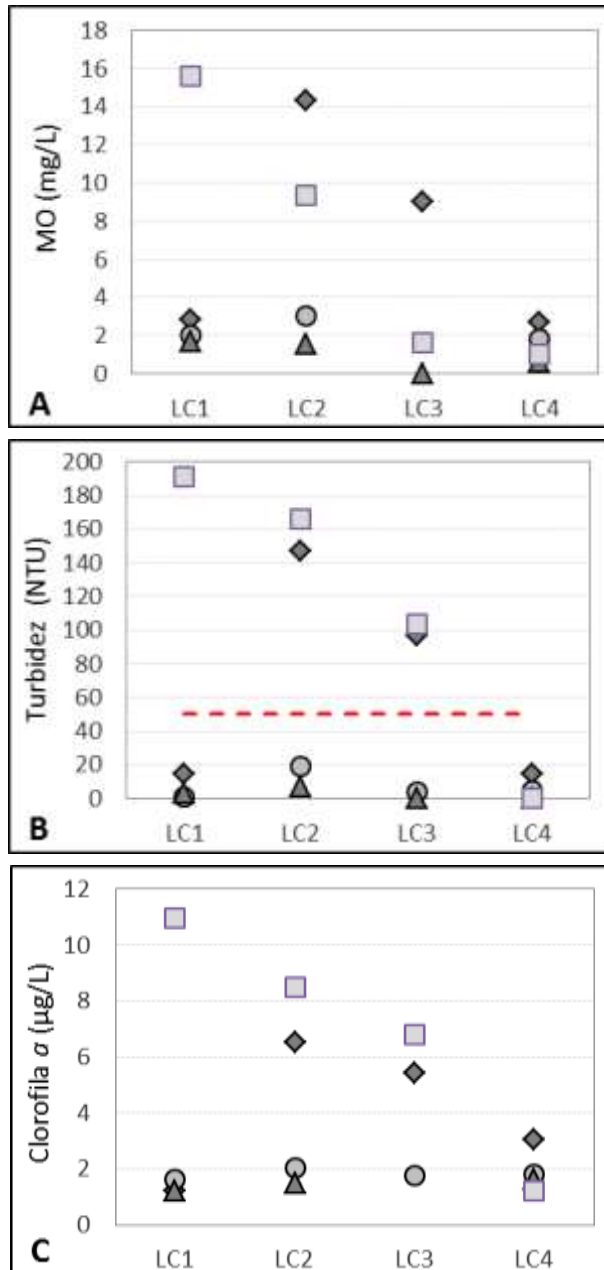


Figura 26. Variación espacial y estacional de la materia orgánica (A), la turbidez (B) y la clorofila  $\alpha$  (C) de la Laguna de Castillos. Círculo=otoño, triángulo= invierno, rombo= verano, cuadrado=primavera.



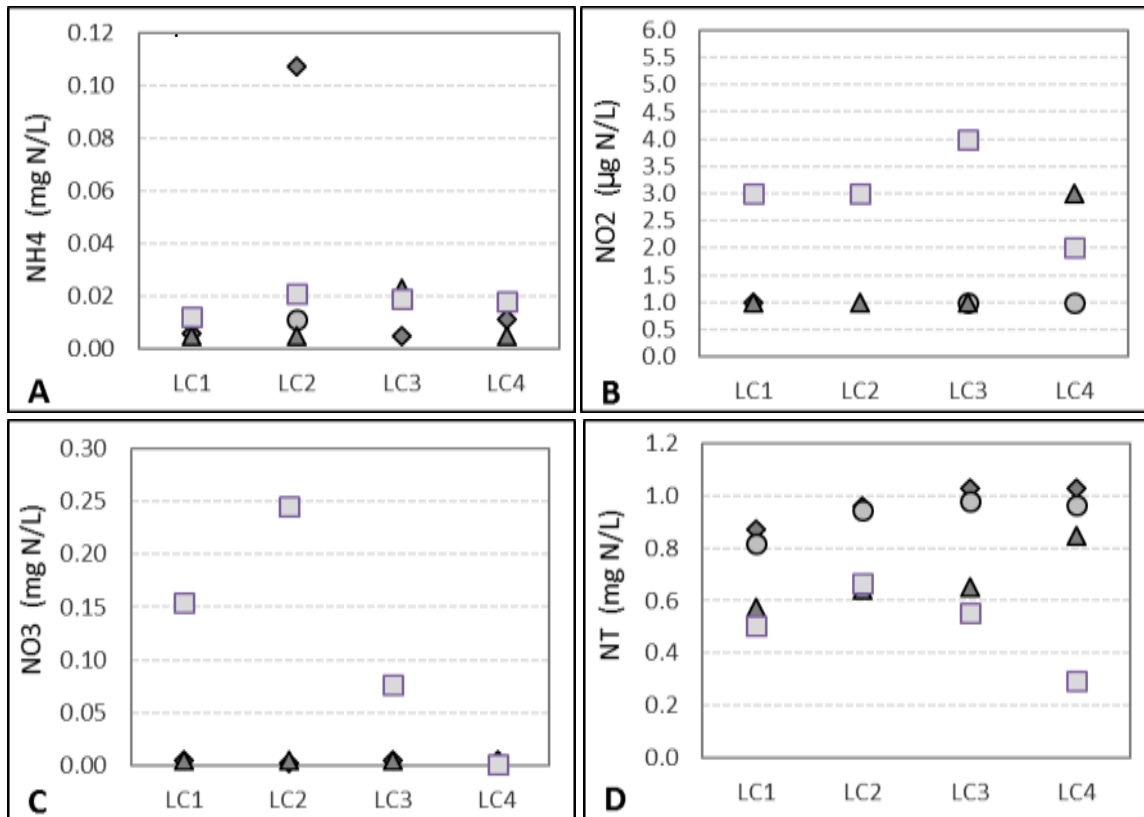


Figura 27. Variación espacial de la concentración de nitrito (A), amonio (B), nitrato (C) y del nitrógeno total (D) de la Laguna de Castillos. Círculo=otoño, triángulo= invierno, cuadrado=primavera y rombo=verano. Tener en cuenta que el estándar del nitrato (máximo de 10,0 mg N/L) no se indica en "C" debido a que queda fuera de escala.

El **amonio (NH<sub>4</sub>)** presentó un rango de variación entre 0.005 mg N/L y 0.11 mg N/L, registrándose este máximo durante el verano, en el punto central de la laguna (LC2). La concentración de **nitrito (NO<sub>2</sub>)** varió entre 1.0 µg N/L y 4.0 µg N/L. Los valores más elevados generalmente fueron registrados en primavera, observándose el máximo hacia el norte de la laguna (C3). Los valores de **nitrato (NO<sub>3</sub>)** cumplieron con la normativa nacional (≤10.0 mg N/L), variando entre 0.001 mg N/L y 0.245 mg N/L. El máximo fue registrado en primavera, en LC2 (punto central de la laguna). El **nitrógeno total** presentó un rango de concentración de entre 0.293 mg N/L y 1.029 mg N/L, mostrando una tendencia al aumento desde el sur (LC1) hacia el norte de la laguna (LC3) y hacia el Bolsón del Chafalote (C4), donde se registró el máximo valor (Figura 27).

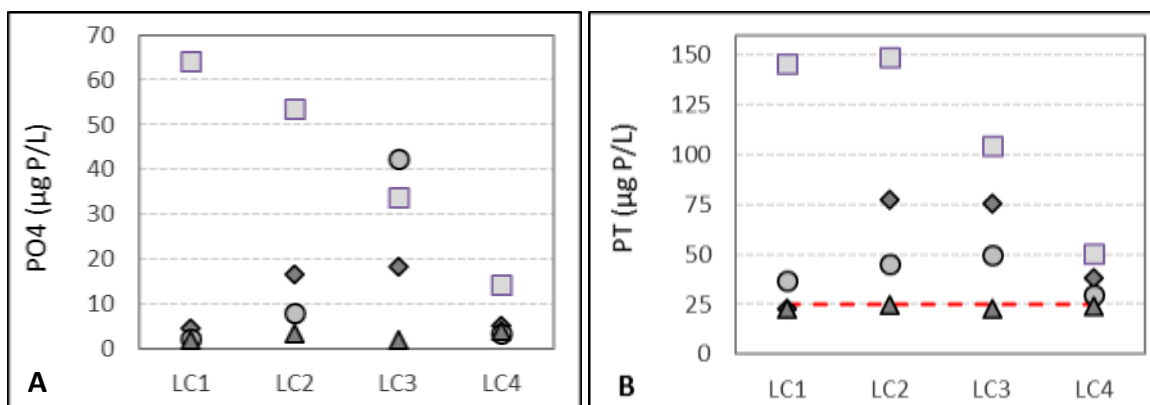


Figura 28. Variación espacial del fosfato (A) y del fósforo total (B) de la Laguna de Castillos. Círculo=otoño, triángulo= invierno, cuadrado=primavera y rombo=verano. La línea entrecortada indica el estándar de fósforo total según el Decreto 253/79.

Los valores de **fosfato (PO<sub>4</sub>)** variaron entre 2.0 µg P/L y 64.2 µg P/L. El **fósforo total (PT)** varió entre 22.0 µg P/L y 149.0 µg P/L. A excepción de los valores registrados en invierno, y a un valor obtenido en el punto sur de la laguna (en LC1) durante el verano, el resto de los valores incumplieron con el estándar de la normativa nacional ( $\leq 25.0$  µg/L) (Figura 28).

Los valores de los coliformes termotolerantes variaron entre <5 UFC/100ml y 70 UFC/100ml (Tabla 17). Todos los valores cumplieron con el estándar admitido para muestras puntuales ( $\leq 2000$  UFC/100ml).

Tabla 17. Coliformes termotolerantes (UFC/100ml) en la Laguna de Castillos, para las cuatro estaciones del año.

Estación	LC1	LC2	LC3	LC4
Verano	10	10	<5	20
Otoño	10	50	5	<5
Invierno	<10	10	20	70
Primavera	<10	10	<10	15

### 3.2.2 Calidad de los sedimentos: Laguna de Castillos

La concentración de **materia orgánica** en sedimento varió entre 15.0 y 74.0 mg/g peso seco. Ambos datos fueron registrados en el punto de monitoreo LC4 (Bolsón del Chafalote), en otoño y primavera respectivamente (Figura 29).

La concentración de **clorofila a** en sedimento presentó un rango de valores entre 2.4 mg/Kg y 70.4 mg/Kg. Independientemente de los sitios o estaciones del año, la mayoría de los valores se encontraron por debajo de los 12.0 mg/Kg. Sin embargo, hubo dos valores registrados en LC3 (punto norte de la laguna), en otoño e invierno, que son marcadamente más altos (Figura 30).

Los valores de concentración de **NT** en sedimento fluctuaron entre los 58.0 mg/Kg (en LC3) y los 767.6 mg/Kg (en LC1), con un promedio de 296.3 mg/Kg para toda la laguna. Los valores más altos de este nutriente fueron registrados en otoño. La concentración de **PT** presentó un rango de variación entre 27.6 mg/Kg (LC4) y 238.1 mg/Kg (LC3), en las estaciones de otoño y verano, respectivamente (Figura 31).

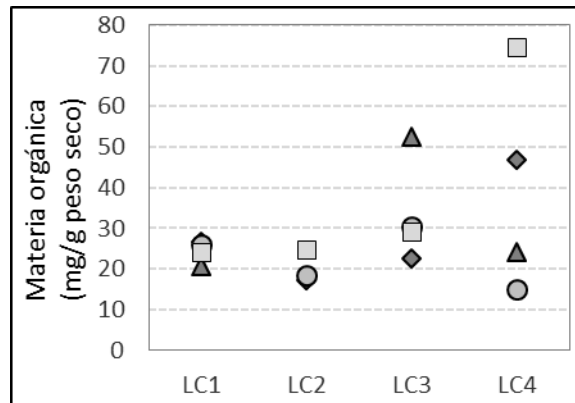


Figura 29. Variación espacial de la materia orgánica en sedimento de la Laguna de Castillos. Círculo=otoño, triángulo= invierno, cuadrado=primavera, rombo=verano.

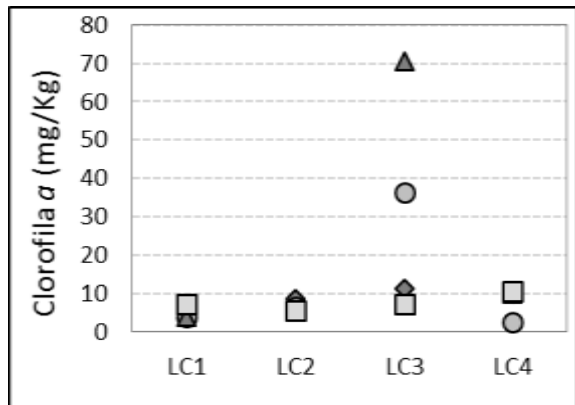


Figura 30. Variación espacial de la clorofila a en sedimento de la Laguna de Castillos. Círculo=otoño, triángulo= invierno, cuadrado=primavera, rombo=verano.

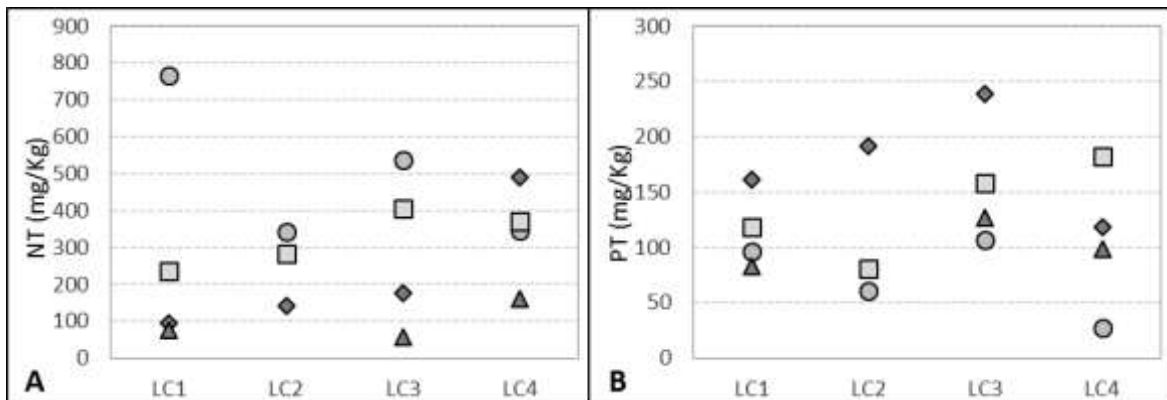


Figura 31. Variación espacial de la concentración de nitrógeno total (A) y de fósforo total (B) del sedimento de la Laguna de Castillos. Círculo=otoño, triángulo= invierno, cuadrado=primavera, rombo=verano.

Tabla 18. Agroquímicos y metales determinados en las estaciones de monitoreo de la Laguna de Castillos.

<b>Estación de monitoreo</b>	<b>LC1</b>	<b>LC4</b>	<b>LC2</b>	<b>LC3</b>	<b>LD</b>	<b>LC</b>
Ar mg/Kg	<LD	<LD	<LD	<LC	5	10
Cd mg/Kg	<LD	<LD	<LD	<LD	1	2.5
Cu mg/Kg	5,4	<LD	<LC	6,1	2	5
CrVI mg/Kg	<LD	<LD	<LD	<LD	0.05	0.28
Hg mg/Kg	<LD	<LD	<LD	<LD	0.1	0.25
Pb mg/Kg	<LD	<LD	<LD	<LD	8	15
Glifosato µg/Kg	<LC	<LC	<LC	<LC	0,40	1,00
p,p'DDD µg/Kg	<LD	<LD	<LD	<LD	0.1	N/A
p,p'DDE mg CaCO3/L	<LD	<LD	<LD	<LD	0.1	N/A
p,p'DDT µg/Kg	<LD	<LD	<LD	<LD	0.1	N/A
EndosulfanAlfa ng/g	<LD	<LD	<LD	<LD	0.1	N/A
EndosulfanBeta ng/g	<LD	<LD	<LD	<LD	0.1	N/A
Endosulfansulfato ng/g	<LD	<LD	<LD	<LD	0.1	N/A
Cipermetrina µg/Kg	<LD	<LD	<LD	<LD	0.1	N/A
Clorpirifos µg/Kg	<LD	<LD	<LD	<LD	0.1	N/A
Malation ng/g	<LD	<LD	<LD	<LD	0.1	N/A

### 3.2.3 Parámetros biológicos: Laguna de Castillos

#### Comunidad Bentónica

En la Laguna de Castillos se identificaron 13 taxa, de las cuales nueve fueron identificados a nivel de especie, uno a nivel de género y tres a nivel de familias (Tabla 19). La clase más abundante, a excepción de en otoño, fueron los Gastropoda, seguidos de los Polychaeta y Bivalvia. Otoño fue la única estación del año donde los Polychaeta fueron la clase más abundante, superando levemente a los Gastropoda (Figura 32).

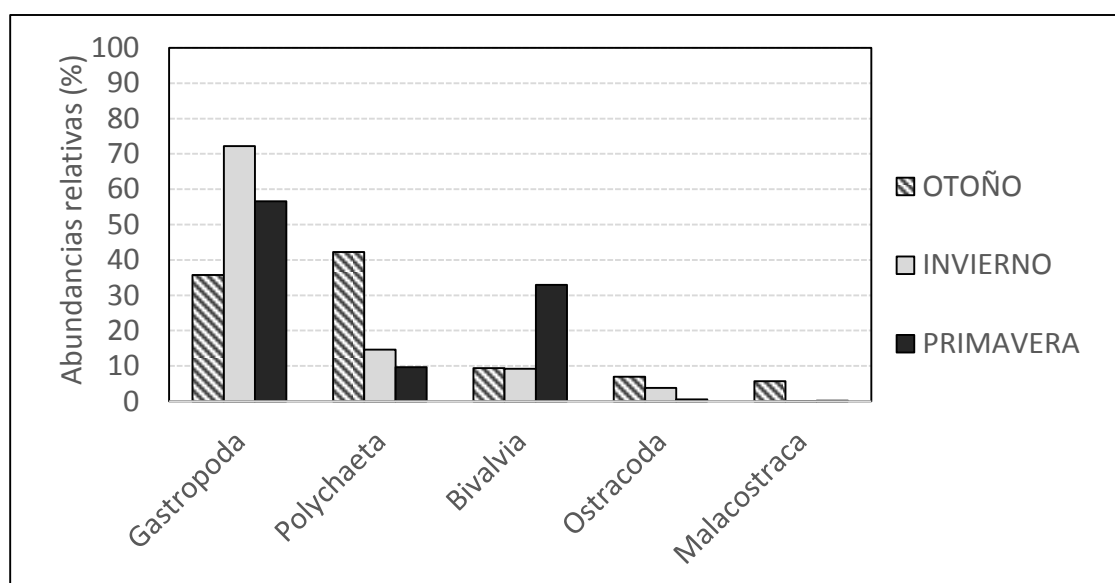


Figura 32. Abundancia relativa de la comunidad bentónica por clases taxonómicas y en función de la estación del año. Las clases con abundancias relativas menores a 0,09% no fueron graficadas.

La especie dominante de la comunidad fue *Heleobia aff. australis*. Los individuos de esta especie representaron un 29.2%, un 68.6% y un 49.4 % de la abundancia total, para otoño, invierno y primavera, respectivamente. Únicamente durante el otoño, *Heteromastus cf. similis* (Polychaeta) tuvo una abundancia similar a *Heleobia*, con un 26.3 % de abundancia total (Anexo 3). Es de destacar que los tres taxa registrados para Gastropoda se encuentran actualmente en estudio, pues podrían representar nuevas especies para la ciencia.

Tabla 19. Taxa de la comunidad bentónica registrados en la Laguna de Castillos en otoño, invierno y primavera.

Phylum	Clase	Familia	Genero	Especie		
Mollusca	Gastropoda	Cochliopidae	<i>Heleobia</i>	<i>Heleobia</i> aff. <i>australis</i> <i>Heleobia</i> aff. <i>robusta</i>		
		Pyramidellidae	Indeterminado			
	Bivalvia	Erodonidae	<i>Erodona</i>	<i>Erodona mactroides</i>		
		Pharidae	<i>Tagelus</i>	<i>Tagelus</i> aff. <i>plebeius</i>		
Annelida	Polychaeta	Capitellidae	<i>Heteromastus</i>	<i>Heteromastus</i> cf. <i>similis</i>		
		Nephtyidae	<i>Nephtys</i>	<i>Nephtys fluviatilis</i>		
		Nereididae	<i>Laonereis</i>	<i>Laonereis pandoensis</i>		
		Arthropoda	Ostracoda	Cyprididae	<i>Cyprideis</i>	Indeterminada
			Malacostraca	Munnidae	<i>Uromunna</i>	<i>Uromunna</i> cf. <i>peterseni</i>
		Panopeidae	Indeterminado			
		Tanaididae	<i>Sinelobus</i>	<i>Sinelobus stanfordi</i>		

### Peces de importancia comercial

Los valores de las variables ambientales registradas durante los muestreos de invierno y primavera se midieron en dos sitios, que correspondieron al puente del arroyo Valizas sobre la ruta 10 y a la barra del arroyo Valizas en el mar (Tabla 20).

Tabla 20. Variables abióticas medidas durante los muestreos de desembarque realizados en la Laguna de Castillos en invierno y primavera.

Estación	Punto	Barra	Temp (°C)	Sal	STD (g/l)	Cond (mS)	O2 (mg/l)	pH
Invierno	Puente Valizas	cerrada	15.7	6.2	7.1	8.9	8.1	8.2
	Barra Valizas	cerrada	17.1	6.9	7.9	10.2	9.7	8.6
Primavera	Puente Valizas	abierta	21.6	1	1286	1.84	7.2	8.7

Las especies capturadas por la pesca artesanal en la Laguna de Castillos en el muestreo de invierno fueron: *Micropogonias furnieri* (corvina blanca), *Paralichthys orbignyanus* (lenguado) y *Mugil liza* (lisa), mientras que en primavera fue la corvina blanca (Tabla 21).

Tabla 21. Estadísticos básicos de la talla y del peso de los individuos de las especies muestreadas en la Laguna de Castillos en invierno y primavera. Min: mínimo. máx: máximo. LT: longitud total. P: peso y DS: desvío estándar.

Estación	Especie (N)	LT		Peso	
		Min-máx (cm)	media±DS (cm)	Min-máx (g)	media±DS (g)
Invierno	<i>Micropogonias furnieri</i> (7)	29 - 42	33 ± 4.4	261 - 825.0	418.7 ± 193.6
Invierno	<i>Mugil liza</i> (1)	43 - ND		655 - ND	
Invierno	<i>Paralichthys orbignyanus</i> (28)	35 - 61	48.3 ± 6.0	500 - 2560	1316.1 ± 478
Primavera	<i>Micropogonias furnieri</i> (119)	27 - 44	35.6 ± 3.2	240 - 1125	556.2 ± 149.8

Los ejemplares de lenguado capturados en invierno tuvieron una talla media de 48.3 cm (n = 28) y la  $LT_{50\%}$  fue de 48.5 cm de Lt (Figura 33, Tabla 21). Del total de ejemplares muestreados, 8 fueron machos (rango = 35.0-50.0 cm; media = 44.0 cm de Lt) y 20 hembras (rango = 42.0-61.0 cm; media = 50.0 cm de Lt). Todos los ejemplares muestreados se encontraron en maduración gonadal. La  $LT_{50\%}$  estuvo por encima de la  $LTM_{50\%}$  estimada para las hembras (38.5 cm Lt) por Mellito *et al.* (1995) (Figura 33).

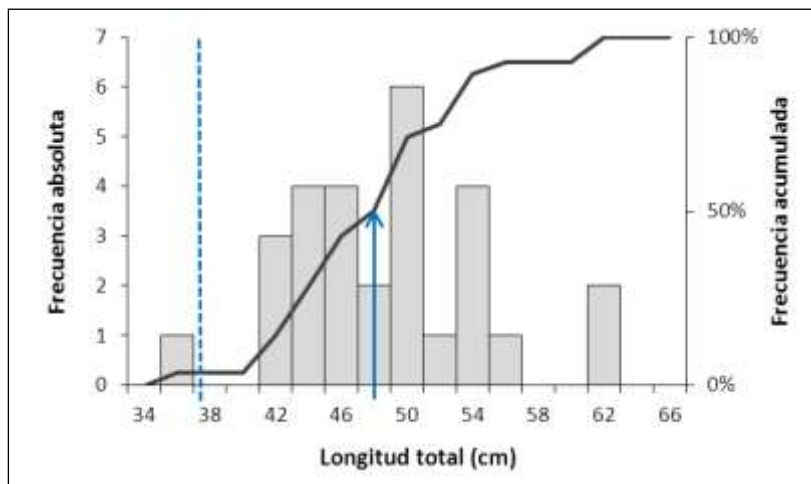


Figura 33. Frecuencia absoluta de tallas (barras) y acumulada (línea gris) de los individuos de *P. orbignyanus* muestreados en invierno en la Laguna de Castillos. La línea azul con guiones indica la talla de madurez sexual estimada para hembras (38.5 cm LT) y la flecha azul la talla a la cual quedaron retenidos el 50% de los ejemplares (48.5 cm LT).

Los ejemplares de corvina capturados en primavera presentaron una talla media de 35.6 cm (n = 119) y la LT<sub>50%</sub> fue similar (35.5 cm Lt) (Figura 34, Tabla 21). Del total de ejemplares analizados se registró el sexo en 118, de los cuales 66 fueron machos (rango = 27.0-41.0 cm; media = 34.9 cm de Lt) y 52 hembras (rango = 29.0-44.0 cm; media = 35.9 cm de Lt). Todos los ejemplares se encontraron en fases de maduración final (machos maduros espermiantes y hembras maduras desovantes). La LT<sub>50%</sub> estuvo por encima de la LTM<sub>50%</sub> estimada para las hembras (20.4 cm Lt) de esta especie por Vizziano *et al.* (2002) (Figura 34).

Por otro lado, los valores de los parámetros de las relaciones largo-peso estimados para las diferentes especies muestreadas en la Laguna de Castillos en invierno y primavera, se presentan en la Tabla 22. En cuanto al análisis de metales pesados, hubo resultados detectables para mercurio en corvina blanca y para plomo en lenguado (Tabla 23).

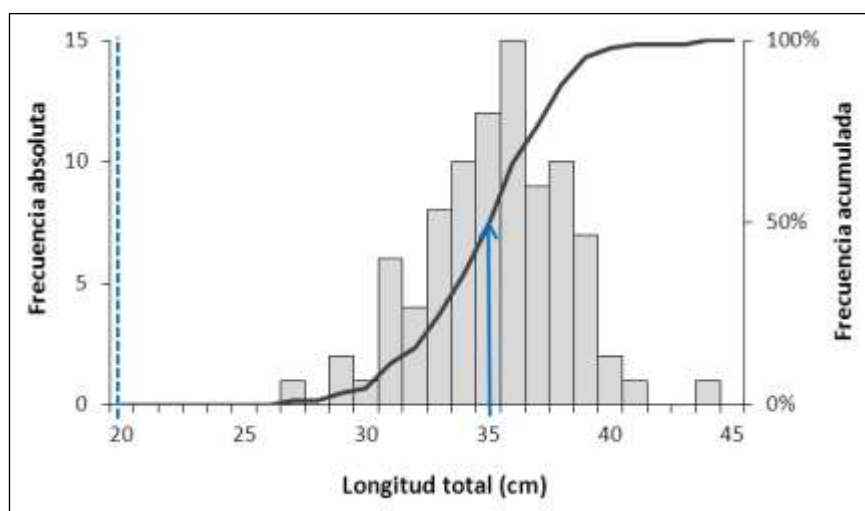


Figura 34. Frecuencia absoluta de tallas (barras) y acumulada (línea gris) de los individuos de *Micropogonias furnieri* muestreados en primavera en la Laguna de Castillos. La línea azul con guiones indica la talla de madurez sexual estimada para hembras (20.4 cm LT) y la flecha azul la talla a la cual quedaron retenidos el 50% de los ejemplares (35.5 cm Lt).

Tabla 22. Valores de los parámetros de las relaciones largo-peso estimadas para las diferentes especies muestreadas en la Laguna de Castillos en invierno y primavera.

	Especie	n	Parámetros			r <sup>2</sup>	F	p-valor	
			a	IC <sub>95%</sub> (a)	b				IC <sub>95%</sub> (b)
Invierno	<i>Paralichthys orbignyanus</i>	28	0,0229	0,0096-0,0550	2,8160	2,5899-3,0421	0,96	655,6	2,2x10 <sup>-16</sup>
Primavera	<i>Micropogonias furnieri</i>	85	0,0254	0,0120-0,0536	2,7924	2,5827-3,0021	0,89	701,4	2,2x10 <sup>-16</sup>



Tabla 23. Análisis de metales pesados en músculo de especies de peces de talla comercial de la Laguna de Castillos, capturadas en invierno. Límites de detección: Mercurio (Hg)= 0.035 mg/kg, Cadmio (Cd)=0.0066 mg/kg y Plomo (Pb)= 0.028 mg/kg. ND=no detectable.

Especie	Muestra	Hg (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)
<i>Micropogonias furnieri</i>	N°1	ND	ND	ND
<i>Micropogonias furnieri</i>	N°7	< 0.070	ND	ND
<i>Paralichthys orbignyanus</i>	Mejillas. Pool de 15 individuos	0.081±0.015	ND	< 0.056

### 3.2.4 Calidad del Agua: Arroyos

La **temperatura** mínima (13.1°C) se registró en el Arroyo Castillos (C7) en otoño, mientras que la máxima (22.7°C) se registró en el Arroyo Valizas (C5), en verano. Los valores de **pH** se mantuvieron dentro del rango estándar del Decreto 253/79 (6.5 a 8.5), a excepción de un valor en C5 (8.6) que excedió marginalmente el límite superior (Figura 35).

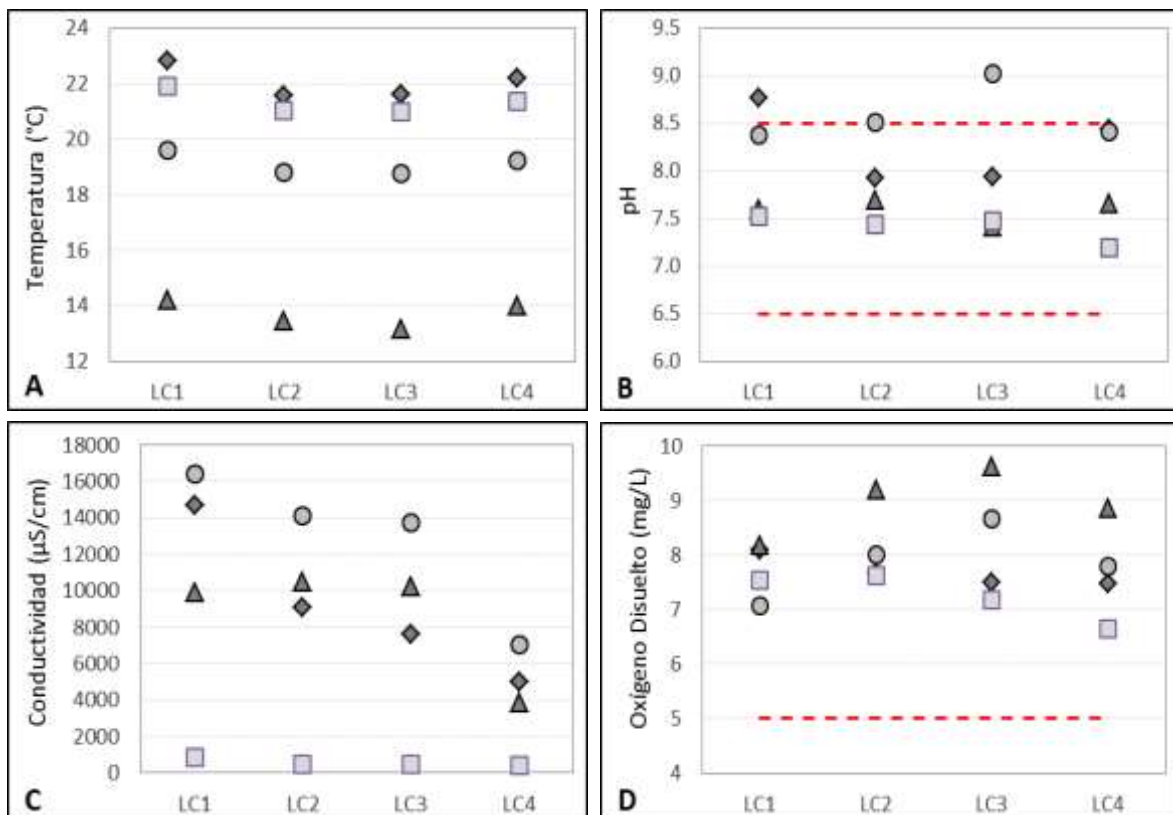


Figura 35. Variación espacial y estacional de la temperatura (A), el pH (B), la conductividad (C) y del oxígeno disuelto (D) en los principales tributarios de la Laguna de Castillos. Círculo=otoño, triángulo= invierno, cuadrado=primavera, rombo=verano. Las líneas entrecortadas indican los estándares del Decreto 253/79

El máximo de **conductividad** (34000  $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) se registró en otoño en el Arroyo Valizas. Generalmente este sitio de monitoreo tuvo registros de conductividad varios órdenes superiores al resto. El mínimo de esta variable (72.5  $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) se registró en el Arroyo Chafalote (C9), en primavera (Figura 35). Los valores de concentración de **oxígeno disuelto**, en su mayoría cumplieron con el estándar de la normativa nacional ( $\geq 5$  mg/L). Sin embargo, se observaron cuatro registros que incumplieron con la misma. Dos de los mismos pertenecieron al Arroyo Castillos (C7), uno a la Cañada de los Olivera (C6), y el último al Arroyo Don Carlos (C10) (Figura 35). Los cuatro valores indicaron concentraciones de oxígeno disuelto muy bajas, variando entre 1.0 y 2.0 mg/L (Figura 35).

La **turbidez** presentó valores entre 19.5 NTU y 194.0 NTU. El máximo registro tuvo lugar en LC5 durante la primavera y fue varios órdenes de magnitud superior al resto de los valores. Para las demás estaciones y épocas del año los valores de turbidez son similares entre sí (Figura 36).

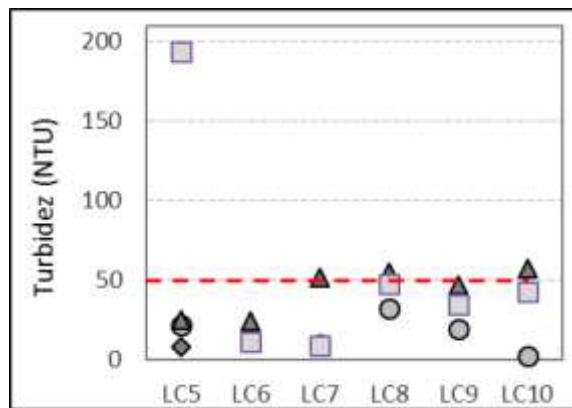


Figura 36. Variación espacial de la turbidez en los principales tributarios de la Laguna de Castillos. Círculo=otoño, triángulo= invierno y cuadrado=primavera.

La biomasa fitoplanctónica estimada como la concentración de **clorofila  $\alpha$**  fluctuó entre 0.9  $\mu\text{g}/\text{L}$  y 11.9  $\mu\text{g}/\text{L}$ . Este último valor se registró en el Arroyo Valizas (LC5) durante la primavera. Asimismo este sitio también presentó el máximo valor de clorofila  $\alpha$  en el invierno, mientras que en otoño presentó un valor intermedio en relación al resto de las estaciones (Figura 37).

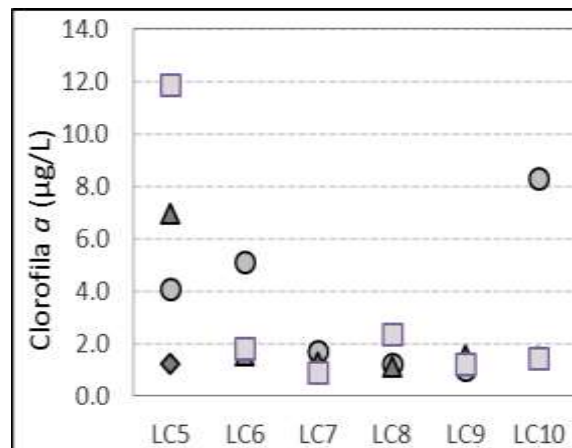


Figura 37. Variación espacial de la clorofila  $\alpha$  de los principales tributarios de la Laguna de Castillos. Círculo=otoño, triángulo= invierno y cuadrado=primavera.

Los máximos de **nitrito** (0.21 mg N/L), **nitrato** (2.92 mg N/L) y **amonio** (2.61 mg N/L) se registraron siempre en la Cañada de los Olivera (C6) durante el otoño. En este sitio, los valores fueron particularmente más elevados que los obtenidos para cada uno de los compuestos nitrogenados mencionados (Figura 38)

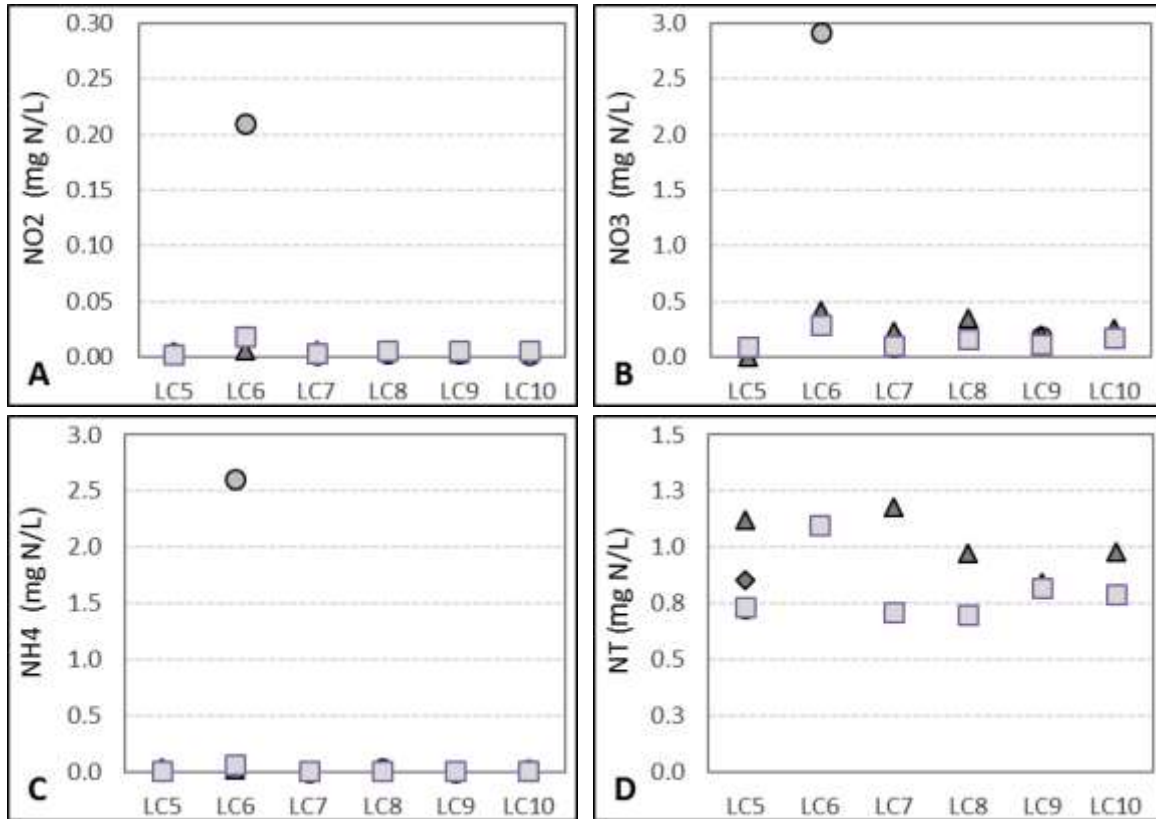


Figura 38. Variación espacial del nitrito (A), nitrato (B), amonio (C) y del nitrógeno total (D) en los principales tributarios de la Laguna de Castillos. Círculo=otoño, triángulo= invierno, cuadrado=primavera, rombo=verano. El estándar de nitrato ( $\leq 10.0$  mg N/L) no fue señalado en el gráfico "B" debido a que queda fuera de escala.

Para el nitrato, ningún valor incumplió con el estándar del Decreto 253/79 ( $\leq 10.0$  mg de NO<sub>3</sub>). Por último, el máximo de **nitrógeno total** (1.18 mg N/L) se registró en el Arroyo Castillos (C7) durante el invierno. Cabe aclarar que para el muestreo de otoño faltan todos los datos de nitrógeno total, lo que explicaría la ausencia de valores más elevados de esta variable (Figura 38).

Los mínimos, tanto de **fosfato** como de fósforo total (3.7  $\mu$ g P/L y 37.4  $\mu$ g P/L, respectivamente) se registraron en el Arroyo Valizas (C5), mientras que los máximos (1050.0  $\mu$ g P/L y 460.0  $\mu$ g P/L para fosfato y fósforo total, respectivamente) se ubicaron en la Cañada de los Olivera (C6) (Figura 39). El hecho de que el máximo de fosfato sea mayor que el máximo de **fósforo total**, sería explicado porque no hay datos de fósforo total para toda la campaña de otoño, mientras que si hay datos de fosfato.

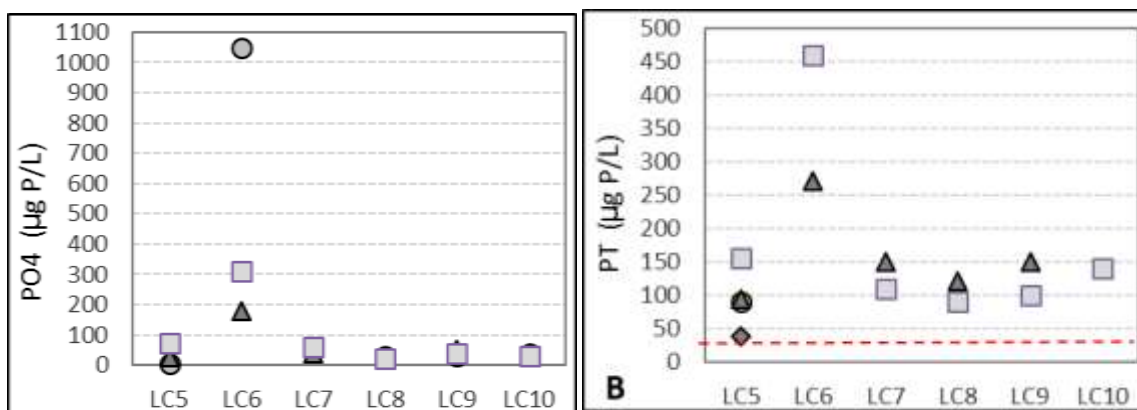


Figura 39. Variación espacial del fosfato (A) y del fósforo total (B) en los principales tributarios de la Laguna de Castillos. Círculo=otoño, triángulo= invierno, cuadrado=primavera, rombos= verano. En la figura B, a línea entrecortada indica el estándar ( $\leq 25.0 \mu\text{g/L}$ ) del Decreto 253/79.

Los **coliformes termotolerantes** se encontraron todos por debajo del límite para muestras puntuales del Decreto 253/79 ( $\leq 2000$  UFC/100ml), a excepción del valor de primavera de la Cañada de los Olivera (3100 UFC/100ml). Si bien este valor incumple, el resto de los valores en ese tributario son varios órdenes más bajos (Tabla 24).

Tabla 24. Coliformes termotolerantes (UFC/100ml) de los principales tributarios de la Laguna de Castillos, en las cuatro estaciones del año.

Estación	LC5	LC6	LC7	LC8	LC9	LC10
Verano	25	-	-	-	-	-
Otoño	500	800	24	450	1200	23
Invierno	600	180	1300	420	1600	1000
Primavera	40	3100	40	620	1300	650

### 3.2.4.1 Fitoplancton Arroyo Valizas

En los muestreos correspondientes a las cuatro estaciones no se registraron floraciones de cianobacterias aunque si se hallaron presentes especies potencialmente tóxicas (e.g *Dolichospermum planctonicum*, *Dolichospermum cf viguieri*). Se registró un total de 28 taxas distribuidos en 6 clases: Cyanophyceae (2), Bacillariophyceae (18), Dinophyceae (2), Euglenophyceae (2), Zygnematophyceae (3) y Synurophyceae (1).

Las dominancia de las clases registradas, varió en función de si se tomó en cuenta la abundancia (Figura 40) o el biovolumen (Figura 41) de las mismas. En este sentido, las diatomeas (Bacillariophyceae) fueron las que presentaron el mayor número de especies y dominaron en términos de abundancia la mayoría del año (otoño, invierno y primavera). Sin embargo, al considerar el

biovolumen, se observa que si bien hubo una dominancia de diatomeas (bacillariophyceae) durante la primera mitad del año (verano y otoño), luego hubo una codominancia de diatomeas y zygnetataceas en invierno, así como una codominancia de zygnetataceas, dinoflagelados y diatomeas en primavera.

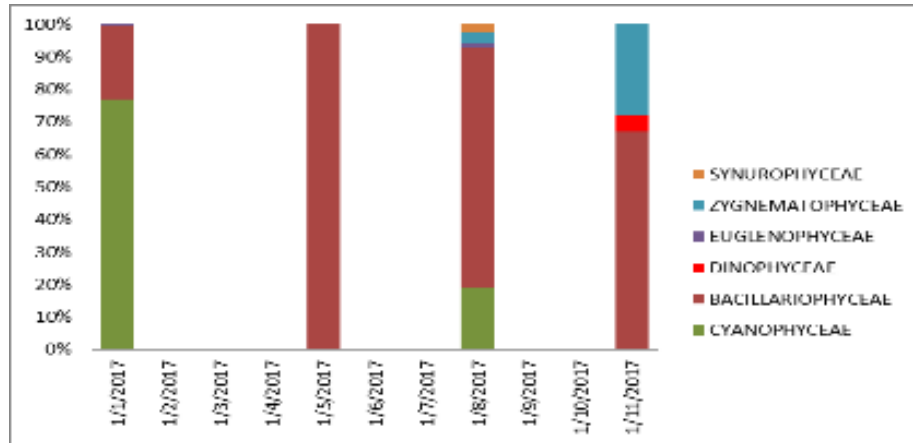


Figura 40. Variación temporal de la abundancia relativa de las clases de fitoplancton.

La importancia de las cianobacterias (cyanophyceae), también cambia en función de si se considera su abundancia o su biovolumen, ya que en el verano dominaron en términos de abundancia, pero no en términos de biovolumen, donde pasaron a dominar las bacillariophyceae.

En otoño la dominancia de las diatomeas alcanzó casi el 100%, independientemente de la métrica considerada, registrándose floraciones de varias especies de diatomeas (e.g Skeletonema). También durante esta época del año se registraron diatomeas marinas potencialmente tóxicas del género Pseudonitzschia, productoras de ácido domoico (veneno amnésico de moluscos, ASP por sus siglas en inglés). Sin embargo, no se registró toxicidad debido a su presencia.

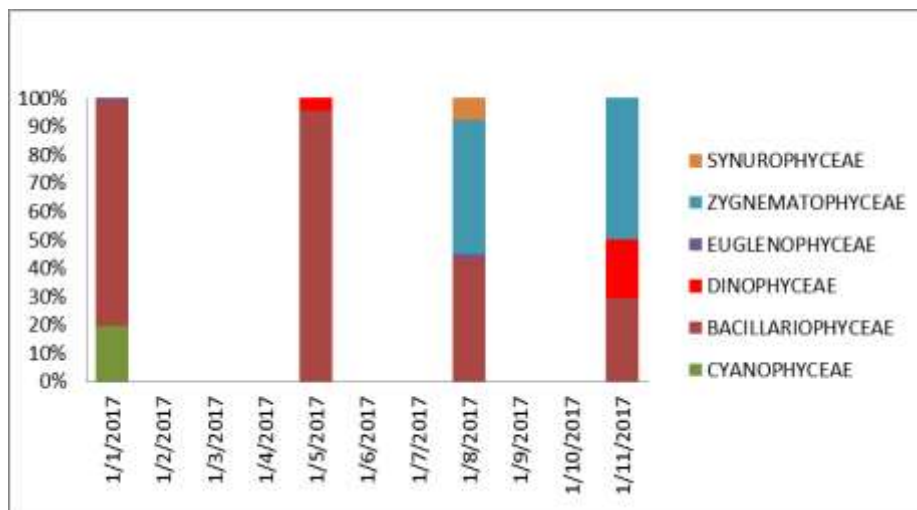


Figura 41. Variación temporal del biovolumen relativo de las distintas clases de fitoplancton.

## 4 Discusión

En la Laguna de Rocha, de las variables monitoreadas *in situ* (en agua) y contenidas dentro de la normativa nacional (Decreto 253/79), el pH y el oxígeno disuelto cumplieron con los estándares. Los valores de turbidez, en cambio, superaron en varias ocasiones el estándar admitido (máximo de 50 NTU). Sin embargo, debe tenerse en cuenta que las lagunas costeras son sistemas someros, en los que existe en forma habitual una resuspensión de los sólidos debido a la baja profundidad y gran extensión de su espejo de agua (Conde *et al.* 2002). Además, los valores registrados se encontraron dentro del rango histórico para cada uno de los sitios. Los sólidos suspendidos totales y la materia orgánica presentaron un patrón similar al de turbidez, y también presentaron valores dentro del rango histórico para cada uno de los sitios (Sección Limnología-CURE, datos sin publicar).

Los valores de conductividad fueron menores en el norte y aumentaron hacia el sur. Estas diferencias, fueron evidentes en los períodos en que la barra se encontraba abierta (invierno y primavera). En cambio, cuando la barra se encontró cerrada (verano y otoño) se observó mayor homogeneidad entre los sitios.

El promedio anual de clorofila *a* (4.2 µg/L) resultó similar a la media histórica del período 2002-2018 (4.4 µg/L). Sin embargo, si se compara con una media histórica más prolongada 1987-2018 (7.4 µg/L), el promedio anual del 2017 fue más bajo (Sección Limnología-CURE, datos sin publicar). En todos los casos la clorofila *a* fue mayor en la zona norte. Esta zona presenta mayor turbidez, baja profundidad y mayor carga de nutrientes, lo que en parte podría explicar los niveles más altos de clorofila *a* para este sitio. Según la OCDE (1982), y considerando los valores de clorofila *a* del 2017, la Laguna de Rocha se encontró en estado mesotrófico durante ese período de estudio.

En cuanto a los nutrientes nitrogenados, el nitrógeno total (NT) presentó valores más elevados en la zona norte durante el invierno, pero siempre dentro del rango de la media histórica para cada sitio (aprox. 0.6 - 0.7 mg N/L). El NH<sub>4</sub> y el NO<sub>3</sub> presentaron los valores más elevados en el centro y sur de la laguna, siendo estos valores mayores a la media histórica por sitio (Sección Limnología-CURE, datos sin publicar), pero dentro del rango.

Los nutrientes fosforados presentaron promedios anuales muy similares entre el norte y el centro de la laguna, pero mayores que en la zona sur. Esta distribución espacial es similar a la reflejada en los datos históricos, sin embargo los análisis estadísticos de la serie histórica desde la década del '80 al presente (Sección Limnología-CURE, datos sin publicar) no han encontrado diferencias significativas entre norte y sur en la concentración de nutrientes totales y disueltos. Por lo tanto, las diferencias observadas en este estudio pueden deberse a la alta variabilidad de los nutrientes en agua, típica de este tipo de sistemas. En cuanto al PT, por sitio se registraron valores algo superiores a la media histórica (81 µg P/L). Estos resultados van en línea con estudios que sugieren que esta laguna presenta

indicios de un aceleramiento del proceso de eutrofización antrópica (Pérez *et al.* 1999, Aubriot *et al.* 2005, Rodríguez-Gallego *et al.* 2010), mostrando un aumento en los últimos años de la concentración de PT asociado al aumento en las actividades agrícolas en su cuenca (Rodríguez-Gallego *et al.* 2010). En este sentido, diferentes indicadores de estado trófico muestran que las lagunas costeras son generalmente mesotróficas a eutróficas (Bonilla 1998, Conde *et al.* 1999). Por otra parte, la mayoría de los valores de PT superaron el estándar vigente (máximo de 25 µg P/L), y también el estándar de la propuesta de modificación del Decreto 253/79 (máximo de 70 µg P/L) (GESTA-AGUA 2014). Toda esta evidencia estaría indicando que es necesario implementar medidas para reducir los aportes de fósforo a la laguna.

Los coliformes termotolerantes en general presentaron valores bajos (<30 UFC/100ml), cumpliendo con el estándar para muestras puntuales (≤2000 UFC/100ml). Hubo un incumplimiento en el norte de la laguna (en invierno), donde se registraron 2400 UFC/100 ml. Este valor podría verse explicado por las altas precipitaciones ocurridas en los días previos al muestreo.

En cuanto al sedimento, la distribución espacial de la materia orgánica fue similar entre el norte y el centro de la laguna, pero mayor respecto al sur. Rodríguez-Gallego *et al.* (2010) reportaron resultados similares. El promedio anual de la clorofila *a* en sedimento fue mayor en el sur (debido a un valor elevado en el muestreo de verano), seguido del norte y con menores valores en el centro. Estos resultados no coinciden con la media histórica (Sección Limnología-CURE, datos sin publicar), que muestra mayores valores para el norte que para el centro y el sur.

El promedio anual del fósforo total en sedimento fue mayor en la zona norte y mostró una disminución gradual hacia el sur, siendo esta tendencia similar a la histórica. El promedio anual del NT también fue mayor en el norte respecto al centro y sur, coincidiendo con la distribución histórica (Rodríguez-Gallego *et al.*, 2010), pero presentando un valor menor al histórico.

Respecto a los agroquímicos y metales analizados en sedimento, a excepción de los clorpirifos, el resto de los parámetros presentaron valores por debajo de los límites analíticos. El parámetro clorpirifos no cuenta con normativa nacional, y tampoco se encontró normativa internacional que definiera límites admisibles en la matriz sedimento. Por lo tanto, debido a la ausencia de estándar para ésta matriz, el valor obtenido (0.2 ngr/gr) se evaluó en función del estándar para aguas contenido en la propuesta GESTA-AGUA 2014 (0.035 µg/L), donde se observa que la concentración de clorpirifos obtenida se encuentra muy por debajo de la misma.

Para la Laguna de Rocha no se registraron taxas bentónicas indicadores de deterioro de la calidad del agua, pese a que las abundancias de algunos grupos (Gasteropoda y Polichaeta) en algunos sitios podrían estar indicando un nivel trófico elevado. Sin embargo, se requiere un análisis más profundo de las abundancias históricas de estos organismos y su relación con ciertas variables ambientales, lo que no pudo ser culminado para este informe.

En cuanto a los tributarios de la Laguna de Rocha, en general los valores de los parámetros contenidos dentro de la normativa cumplieron con los estándares de calidad de la misma, a excepción de la estación R4 del arroyo La Palma, que presentó valores de hipoxia. Este tributario presentó a su vez los valores más altos de turbidez, incumpliendo nuevamente con la normativa vigente en varias ocasiones (máx. 50 NTU). Este sistema ya cuenta con episodios de elevados valores de turbidez (OSE 2017), presentando a su vez altos valores de nutrientes. Debido a que este sistema se utiliza para extraer agua para potabilizar se está estudiando específicamente entre varias instituciones. Es por este motivo que fue el único tributario donde se analizaron nutrientes y atrazina en sedimento. Las concentraciones determinadas de NT y PT, fueron similares a las determinadas en la Laguna de Rocha, no registrándose atrazina en sedimento.

El arroyo Rocha presentó un evidente efecto de la ciudad, aumentando la concentración de los nutrientes tanto para nitrógeno como para fósforo luego de pasar por la ciudad de Rocha. El arroyo Las Conchas al igual que el arroyo La Palma, son los tributarios más comprometidos en relación a la concentración de nutrientes, lo cual se relaciona directamente con el uso de estas subcuencas, siendo éstas las zonas más agrícolas de la cuenca de la Laguna de Rocha (Rodríguez-Gallego 2010). A excepción de un solo registro (en R11), todos los valores de PT de los tributarios superaron el estándar fijado en la normativa vigente (máx. 25 µg P/L), así como los propuestos en la modificación del decreto (máx.70 µgP/L) (GESTA-AGUA 2014).

En la Laguna de Castillos, el oxígeno disuelto presentó valores aceptables según los estándares, mientras que el pH presentó dos valores que se encontraron por fuera del rango admitido por la normativa nacional. Debido a que esos valores solo superaron levemente el máximo admitido, no se considera que estén indicando la existencia de un problema, pero serán considerados como antecedentes en próximas evaluaciones. En cuanto a la turbidez, los valores superaron los estándares de calidad ambiental de la normativa en varias ocasiones, pero tal como fue mencionado anteriormente, esto se relacionaría con las características y naturaleza de este tipo de lagunas. Los valores de distribución espacial de la turbidez, de los sólidos suspendidos totales y de la materia orgánica, fueron similares a los reportados en estudios anteriores (Rodríguez-Gallego *et al.* 2017). Asimismo, el gradiente espacial de conductividad coincide con los datos históricos (Sección Limnología-CURE, datos sin publicar), aunque la media anual por sitio fue mayor a la media histórica por sitio.

Si bien la distribución espacial de la clorofila *a* coincide con la distribución espacial histórica, los valores actuales fueron algo menores que los registros históricos de esta variable. Según la OCDE (1982), la Laguna de Castillos presentó un estado mesotrófico durante el período de estudio.

En cuanto al NT, los datos históricos indican que los mayores promedios se registraron en El Chafalote, lo cual en parte coincide con los resultados actuales. Sin embargo, los valores actuales fueron menores que los históricos de este sitio. Para los nutrientes fosforados, (PO<sub>4</sub> y PT), la distribución espacial del



2017 coincide con los datos históricos (Rodríguez-Gallego *et al.* 2017), aunque con valores algo menores. Los valores de PO<sub>4</sub> promedio fueron mayores en el norte, seguidos del centro y el sur, siendo menor en El Chafalote. El PT presentó un valor medio más alto en el centro, seguido del norte y el sur, siendo menor en El Chafalote.

En la matriz sedimento, la mayor concentración de materia orgánica (promedio anual) ocurrió en El Chafalote, seguido de la estación norte. Esto no coincide con los datos históricos, donde la mayor concentración se registró en el centro. De todas formas, los valores actuales se mantienen dentro del rango histórico por sitio (Sección Limnología-CURE, datos sin publicar). Por otro lado, la clorofila *a* fue mayor para la zona norte (promedio anual), lo que coincide con lo observado en los datos históricos (Rodríguez-Gallego *et al.* 2017), sin embargo, la media actual, fue mayor que la media histórica. En relación a los nutrientes, el PT fue mayor en el norte, con un valor similar al promedio histórico para ese sitio. Los otros sitios mostraron valores menores a la media histórica. El NT presentó el mayor valor en El Chafalote, siendo similar al promedio histórico para ese sitio, seguido del norte y sur. Los datos históricos por zona muestran un gradiente de reducción del NT y del PT desde El Chafalote hacia el sur. Esta distribución no fue tan evidente en los datos actuales.

Por último, en cuanto a los agroquímicos y metales analizados en sedimento, únicamente el cobre presentó valores cuantificables, lo que ocurrió en las estaciones sur (LC1) y norte (LC3). Sin embargo, este parámetro no pudo ser evaluado ya que no se cuenta con normativa nacional para esta matriz. Las Guías Canadienses (CEQG) (dentro de la sección para la protección de la vida acuática), sugieren Directrices provisionales sobre calidad de sedimentos, en la cuales indican para ecosistemas marino/salobres un valor de 18.7 mg/kg de peso seco. En este sentido, los valores determinados (LC1: 5.4 mg/kg y LC3: 6.1 mg/kg), estarían por debajo del estándar planteado por esta normativa internacional.

Al igual que para la Laguna de Rocha no hubo registros de organismos bentónicos indicadores de deterioro de la calidad del agua, aunque las abundancias de algunos grupos (Gastropoda y Polychaeta) en algunos sitios podría sugerir un nivel trófico elevado. Sin embargo, sería necesario realizar un análisis más exhaustivo de las abundancias históricas de estos organismos y su relación con ciertas variables ambientales, lo cual escapa del objetivo de este primer informe de las lagunas costeras.

Los tributarios de la Laguna de Castillos en general presentaron valores de cumplimiento de los estándares de aptitud. De todas formas, hubo incumplimientos para pH, turbidez, oxígeno disuelto, fósforo total y coliformes termotolerantes. En el caso del pH, únicamente un valor incumplió, superando solo marginalmente el límite superior del rango admitido, por lo cual no es de esperar que esto refleje un problema en la calidad del agua. Para el oxígeno disuelto, hubo cuatro incumplimientos, dos en el arroyo Castillos, uno en la Cañada de los Olivera y uno en el arroyo Don Carlos. Si bien el resto de los valores obtenidos en el año fueron aceptables, estos cuatro valores de incumplimiento reflejaron una situación de hipoxia, que incluso fue cercana a la anoxia en estos

sistemas. La turbidez solo superó el estándar en un registro del arroyo Valizas, sin embargo, este sistema, al igual que las lagunas, puede tener situaciones normales de resuspensión de sedimento, que no necesariamente indican un problema de la calidad del agua. Para el caso de los coliformes termotolerantes hubo un incumplimiento en Cañada de los Olivera, pero el resto de los valores fueron aceptables, encontrándose muy por debajo del máximo admitido para muestras puntuales. Esto sugeriría que ese valor puntualmente alto estuvo asociado a algún evento particular y no a una situación constante de ese sitio. Por último, todos los valores de fósforo total excedieron el estándar de la normativa, reflejando las altas cargas de este nutriente que se estarían dirigiendo a la Laguna de Castillos a través de todos los tributarios estudiados.

La Cañada de los Olivera resultó ser el tributario con mayores concentraciones de nitrógeno y fosforo, lo que indicaría, que este tributario sería el principal aportador de nutrientes a la Laguna de Castillos y es a ella a donde deberían dirigirse los esfuerzos para reducir las cargas de nutrientes.

Por último, se evaluaron en conjunto los resultados de pesca artesanal para ambas lagunas. Las especies de peces registradas en los muestreos de desembarque de la pesca artesanal (invierno: corvina blanca, pejerrey y lenguado; primavera: corvina blanca y lacha) son las habitualmente capturadas en estas lagunas (Santana y Fabiano 1999, Fabiano y Santana 2006, DINARA datos no publicados). No se registraron especies exóticas invasoras, a pesar de que cuya presencia está reportada en estos ambientes (Fabiano *et al.* 2011 y 2013). Dado el tamaño de luz (distancia entre nudos opuestos) de las mallas empleadas en la pesca, se registraron además otras especies de captura incidental retenidas para comercialización y consumo humano.

La sobreexplotación produce cambios en la estructura de tallas de las poblaciones de peces y en particular en las  $LTM_{50\%}$  (Gangl y Pereira 2003, Lappalainen *et al.* 2016). Las  $LTM_{50\%}$  son evaluadas en relación con la  $LT_{50\%}$ , como un indicador de la gravedad de la presión de pesca sobre un stock (ICES 2012). En este caso, las  $LT_{50\%}$  de todas las especies capturadas estuvieron por encima de sus respectivas  $LTM_{50\%}$ , estimadas por estudios previos en esta laguna (Mellito *et al.* 1995, Santana y Fabiano 1999, Vizziano *et al.* 2002, Moresco y Bemvenuti 2006). En este sentido, la estructura de tallas observada para las diferentes especies capturadas en los monitoreos de invierno y primavera 2017, no indicaría situaciones de alerta. El empleo de este indicador, u otros indicadores a explorar, para evaluar las presiones y estado de las poblaciones de los peces capturados requiere de series de datos más extensas. Los resultados que se presentan por tanto son preliminares y acotados a los muestreos realizados en el marco del presente Programa de Monitoreo. Es necesario mantener los monitoreos y aumentar su periodicidad para utilizar este indicador como una herramienta válida.

En cuanto a las relaciones largo-peso, el conocimiento de cómo cambia el peso de los peces en función de la longitud es una herramienta fundamental en la ciencia pesquera que permite deducir cambios bioenergéticos y permite conocer aspectos de la dinámica poblacional, entre ellos el factor de condición de las especies (Jellyman *et al.* 2013). En la estimación del factor de condición se asume que

los peces con mayor peso pueden ser indicadores de condiciones ambientales favorables (condiciones del hábitat buenas o ideales, amplia disponibilidad de presas, etc.), mientras que los peces delgados pueden indicar condiciones ambientales desfavorables. Por lo tanto, poder monitorear la salud de los peces mediante este indicador puede ser útil para hacer recomendaciones con respecto al bienestar de las poblaciones de peces en un sitio (Blackwell *et al.* 2000). Los valores de los parámetros de las relaciones largo-peso estimadas para las diferentes especies en estos monitoreos son similares a los establecidos por Rodríguez *et al.* (2017) para La Laguna de Rocha, y las diferencias encontradas pueden deberse al número y tallas de los ejemplares muestreados. La continuidad de este programa permitirá trabajar con mayor número de datos y estandarizar las relaciones largo-peso de las distintas especies. Los valores de los parámetros de las relaciones largo-peso así obtenidos, podrán ser utilizados para la estimación de factores de condición y la determinación para cada especie del estado de salud y bienestar de las poblaciones frente a variaciones en el ambiente (Froese 2006).

La determinación de metales pesados (Hg, Cd y Pb) en las porciones de mayor relevancia para el consumo humano (músculo) es uno de los análisis requeridos para asegurar la inocuidad de un producto pesquero. Los registros obtenidos de esos tres metales pesados, son los primeros para ictiofauna de esta región. Los valores de mercurio registrados, son bastante uniformes y se hallan muy por debajo del valor máximo tolerable de acuerdo a normativas internacionales vigentes según Reglamento UE 1881/2006 y según Decreto 14-013 MERCOSUR, para productos pesqueros para consumo humano (0,5 mg/Kg y 1 mg/Kg) respectivamente. El plomo y el cadmio no fueron detectados en esta laguna.

## 5 Conclusiones

En primer lugar es necesario destacar que a nivel nacional, no existen antecedentes de un programa de monitoreo de estas características, donde se abarca coordinadamente el estudio de las distintas matrices de los ecosistemas junto con un enfoque a nivel de cuenca. El abordaje interinstitucional, ha resultado un pilar fundamental para poder implementar este tipo de monitoreo, por lo que se espera poder continuar y fortalecer este programa de monitoreo, lo que permitirá seguir generando valiosa información para una adecuada gestión y preservación de estos ecosistemas.

En general se pudieron cumplir los objetivos planteados en el programa de monitoreo. En relación al estado ambiental de las lagunas, los resultados indican que ambas se encuentran con buena calidad del agua y sedimentos, dado que no se registraron agroquímicos ni metales pesados. Sin embargo, cabe destacar que para éstas dos últimas variables se cuenta con pocos resultados debido a que el número de monitoreos realizados aún es bajo. Por otro lado, las concentraciones de nutrientes fueron elevadas y ambas lagunas fueron clasificadas como mesotróficas en función de sus concentraciones de

clorofila *a*. Estos resultados, junto con los indicios de un aceleramiento del proceso de eutrofización antrópica antes mencionado, sugieren que estos ecosistemas pueden volverse rápidamente eutróficos frente a un aumento en su carga de nutrientes.

La comunidad fitoplanctónica e íctica de las mismas aún no pudo ser evaluada, pero se espera poder incorporar esas comunidades en las próximas etapas de este programa. Por otro lado las especies de peces registradas en la captura artesanal, fueron representativas de la pesca artesanal de estas lagunas. Respecto a las comunidades bentónicas, si bien no se encontraron taxas indicadores de deterioro ambiental, es necesario realizar análisis más profundos, con información histórica de estas comunidades para obtener conclusiones más robustas.

De la evaluación del cumplimiento de la normativa ambiental nacional (Decreto 253/79), se desprende que en general los parámetros cumplieron con los estándares (a excepción del fósforo total y de datos puntuales de algunas variables medidas *in situ*). Sin embargo, para la siguiente etapa de este programa se buscarán valores de referencia específicos para ecosistemas estuarinos, lo que permitirá realizar una mejor evaluación de la calidad ambiental de estas lagunas.

De la información obtenida de los tributarios, se lograron identificar algunos de los más comprometidos por sus elevadas cargas de nutrientes, estos son el arroyo Las Conchas y La Palma (tributarios de la Laguna de Rocha) y la Cañada de los Olivera (tributario de la Laguna de Castillos). Sin embargo, es necesario continuar monitoreando estos sistemas, de forma de poder realizar un mejor diagnóstico, así como implementar acciones enfocadas a una mejor gestión, como por ejemplo la reducción de los niveles de nutrientes, entre otros.

## 6 Bibliografía

- AOAC (2012). Official Methods of Analysis of AOAC international. 19th edition. AOAC 54 International, Gaithersburg, Maryland, USA.
- Arocena R., D. Conde, D. Fabián, J. Gorga, J. Clemente (1996). Calidad de agua en la Laguna de Rocha: rol de sus principales afluentes. PROBIDES.
- Arocena, R. Ed (2016). Principios y métodos de limnología: ejemplos de Uruguay. Montevideo, DIRAC, 328p.
- Aubriot, L., Conde, D., Bonilla, S., Hein, V. y Brito, A., 2005. Vulnerabilidad de una laguna costera reserva de biosfera: indicios recientes de eutrofización. En: Vila, I. y Pizarro, J., ed. *Taller Internacional de Eutrofización y Embalses* CYTED VXIIB. Santiago de Chile: Patagonia Impresores. pp. 65-87.
- Bendschneider, K. y R.J. Robinson (1952). A new spectrophotometric method for determination of nitrite in the sea water. *Journal Marine Research*, 11: 87-96.
- Blackwell, B., Seamans, T., Helon, D. & Dolbeer, R. 2000. Early loss of Herring Gull glutches after egg-oiling. *Wildlife Society Bulletin* 28(1):70-75.
- Bonilla S. 1998. Estructura y dinámica de la comunidad epifítica algal en un sistema somero mixohalino. Tesis de Maestría, PEDECIBA/Biología-Ecología (Montevideo). 70pp (Inédita).
- Bonilla S. y Conde D. (2000). El fitoplancton como descriptor sensible de cambios ambientales en las lagunas costeras de la Reserva Bañados del Este. PROBIDES/GEF Documentos de Trabajo 31. Pp 63-73. Rocha
- Bonilla, S., Conde, D., Aubriot, L., Rodríguez-Gallego, L., Piccini, C., Meerhoff, E., Rodríguez-Graña, L., Cllari, D., Gómez, P., Machado, I., Britos, A., 2006. Procesos estructurados de las comunidades biológicas en lagunas costeras de Uruguay. In: Menafrá, R., Rodríguez-Gallego, L., Scarabino, F., Conde, D. (Eds.), Bases para el manejo y conservación de la costa uruguaya. Vida silvestre Uruguay, Montevideo. 667 pp.
- Canadian Environmental Quality Guidelines, 1999. Canadian Council of Ministers of the Environment. <http://cegg-rcqe.ccme.ca/en/index.html#void>.
- Conde D., Sommaruga R. & Aubriot L. 1998. Underwater UV radiation field in a brackish coastal lagoon associated to extreme DOC gradients I: Optical aspects XXVII Internat Congress of Limnology (S I L) (Dublin) 09- 15/08/98
- Conde D., S. Bonilla, L. Aubriot, R. De León & W. Pintos. 1999. Comparison of the areal amount of chlorophyll a of planktonic and attached microalgae in a shallow coastal lagoon. *Hydrobiologia* 408-409: 285–291.
- Conde, D., Aubriot, L., Bonilla, S., Sommaruga, R. (2002). Marine intrusions in a coastal lagoon enhances the effects of UV radiation on the phytoplankton photosynthetic rate. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 240, 57–70.
- MVOTMA-DINAMA. 2017. Manual de procedimientos analíticos para muestras ambientales. División Laboratorio Ambiental, 3era edición.
- Fabiano G. & O. Santana. 2006. Las pesquerías en las lagunas costeras salobres de Uruguay. In: Menafrá R., L. Rodríguez-Gallego, F. Scarabino & D. Conde (Eds). Bases para la Conservación y el Manejo de la Costa Uruguaya. Vida Silvestre Uruguay, Montevideo.
- Froese R. (2006). Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology*, 22: 241-253.
- Fabiano G, O Santana, S Silveira, A Martínez y M Zarucki (2011). Registros de Carpa común (*Cyprinus carpio*) en la Laguna de Rocha (Uruguay). 7mas Jornadas Técnicas Veterinarias, II Jornadas de Investigaciones Acuáticas y Pesqueras. Facultad de Veterinaria. Uruguay.
- Fabiano G, O Santana, S Silveira y L Ares (2013). Plan de acción para la gestión de una especie acuática invasora en una área protegida: *Cyprinus carpio* en la Laguna de Rocha (Uruguay). 7º Encuentro Nacional de Turismo en Espacios Rurales y Naturales – VI Congreso Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Setiembre de 2013. Uruguay.
- Froese R. 2006. Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology* 22: 241-253.

- Gangl, R. y Pereira, D., (2003). Biological performance indicators for evaluating exploitation of Minnesota's large-lake walleye fisheries. *N. Am. J. Fish. Manage.* 23, 1303–1311, <http://dx.doi.org/10.1577/M01-229AM>.
- GESTA-AGUA (2014). Propuesta de modificación del Decreto 253/79 “Normas reglamentarias para prevenir la contaminación ambiental mediante el control de las aguas”.
- Hatch, W. R. y Ott, W. L. (1968). Determination of sub-microgram quantities of mercury by atomic absorption spectrophotometry. *Anal. Chem.* 40: 2085-2087.
- Hopkinson C. S. & J Vallino. 1995. The Relationships Among Man's Activities in Watersheds and Estuaries: A Model of Runoff Effects on Patterns of Estuarine Community Metabolism. *Estuaries*: no. 4. 18: 598-621pp.
- ICES MSFD D3 REPORT (2012). Marine Strategy Framework Directive - Descriptor 3+ (2012). ICES CM 2012/ACOM:62. (2012a) 172 pps.
- Instituto Nacional de Estadística. «Resultados Censo 2011-Departamento de Rocha». <http://www.ine.gub.uy/censos2011/resultadosfinales/rocha.html>. Consultado 13/06/2018.
- Jellyman, P. G., Booker, D. J., Crow, S. K., Bonnett, M. L., & Jellyman, D. J. (2013). Does one size fit all? An evaluation of length–weight relationships for New Zealand's freshwater fish species. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 47(4), 450-468.
- Kjerfve B. (1994). *Coastal Lagoons Processes*. Elsevier Oceanography Series (60), Elsevier Science Publishers, Amsterdam.
- Knoppers B. 1994. Aquatic primary production in coastal lagoons. In: Kjerfve B. (Ed). *Coastal Lagoons Processes*. Elsevier Oceanography Series (60), Elsevier Science Publishers, Amsterdam.
- Koroleff, F. (1970). Direct determination of ammonia in natural water as indophenol-blue. *International Conference in the Exploration of the Sea. C.M 1969/C9. ICES. Information on techniques and methods for sea water analysis. Interlaboratory Reports*, 3: 19–22.
- Lappalainen, A., Saks, L., Šuštar, M., Heikinheimo, O., Jürgens, K., Kokkonen, E., & Vetemaa, M. (2016). Length at maturity as a potential indicator of fishing pressure effects on coastal pikeperch (*Sander lucioperca*) stocks in the northern Baltic Sea. *Fisheries Research*, 174, 47-57.
- Lorenzen, C.J. (1967) Determination of chlorophyll and pheopigments: Spectrophotometric equations. *Limnol. Oceanogr.* 12: 343-346
- Macchi G.J. & E.M. Acha (1998). Aspectos reproductivos de las principales especies de peces muestreadas durante la campaña costera H-13/94. *INIDEP Inf. Téc.* 21:67–89.
- Mackereth, J.F.H., Heron, J. & J.F. Talling (1989) *Water analysis*. Sci. Publ. 36 Freshwater Biological Association. Ferry House: 121 p.
- MAP (1975). Dirección de Suelos y Fertilizantes Carta Geológica del Uruguay 1:1000000
- Mellito da Silveira M.P., Brahm Cousin J.C. y Haimovici M. (1995). Estrutura ovárica e testicular do linguado *Paralichthys orbignyanus* (Valenciennes, 1839). *Atlántica, Río Grande, Brasil*, 17: 135–152.
- Mendez, E., Giudice, H., Pereira, A., Inocente, G. & Medina, D. 2001. Total mercury content-fish weight relationship in swordfish (*Xiphias gladius*) caught in the Southwest Atlantic Ocean. *Journal of food composition and analysis*, 14: 453-460.
- Ministerio de Salud Pública-Ministerio de Relaciones Exteriores-Ministerio de Economía y Finanzas-Ministerio de Industria, Energía y Minería 2013. Decreto 14/013 Actualización Reglamento Bromatológico Nacional (5ª Edición). Alimentos-Límites máximos de contaminantes inorgánicos. 11 pp.
- Moresco A. & M. A. Bemvenuti (2006). Reproductive biology of silverside *Odontesthes argentinensis* (Valenciennes) (Atherinopsidae) of coastal sea region of the south of Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 23(4): 1168-1174.
- MVOTMA-DINAMA (2016). Compendio de Metodologías Analíticas de Referencia y Preservación de Parámetros Ambientales.
- Murphy, J. & J.P. Riley (1962) A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta*, 27: 31-36.
- Müller, R. & O. Widemann (1955) Die Bestimmung des Nitrat-Ions in Wasser. *Von Wasser*, 22: 24.
- Müllin, J.B. & Riley, J.P. (1955). The spectrophotometric determination of silicate-silicon in natural waters with special reference to sea water. *Analytica Chimica Acta*, 12: 162–170.
- Nin M., A. Soutullo, L. Rodríguez-Gallego, E. Di Minin Nin (2015). Ecosystem services-based land planning for environmental impact avoidance. *Ecosystem Services*, 17: 172–184.

- 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. 1982.
- OSE 2017. Informe de situación: tomas de agua para potabilización en el departamento de Rocha, sistemas de La Paloma y Aguas Dulces. Documento de trabajo interno OSE – MVOTMA.
- Perez, M. C., S. Bonilla, L. De Leon, J. Smarda & J. Komarek (1999). A bloom of *Nodularia baltica-spumigena* group (Cyanobacteria) in a shallow coastal lagoon of Uruguay, South America. *Algological Studies*, 93: 91-101.
- F. Quintans, L. Rodríguez-Gallego & D. Conde (2011). Propuesta de plan de monitoreo de la cuenca de la Laguna de Rocha. Documento de trabajo interno FCIEN – MVOTMA.
- Rivas M., L. Rodríguez-Gallego, M. Nin, D. Lanza, A. Bresso, J.L. Sciandro, J. Aldabe, C. Fagúndez, C. Prigioni, J. Hernández, G. Fabiano & M. Loureiro (2010). Diagnóstico del área prioritaria Laguna de Castillos y Palmar de Laguna Negra. Unpublished report, Montevideo.
- Rodríguez C. (2016). Ciclo gonadal y potencial reproductivo de la lacha (*Brevoortia aurea*) en la Laguna de Rocha. Tesis de Maestría PEDECIBA, Biología opción Zoología, Universidad de la Republica, Montevideo, Uruguay. 83p.
- Rodríguez-Gallego L., E. Meerhoff, L. Poersch, L. Aubriot, C. Fagetti (2008). Establishing limits to aquaculture in a protected coastal lagoon: Impact of *Farfantepenaeus paulensis* pens on water quality, sediment and benthic biota. *Aquaculture*, (277): 30–38.
- Rodríguez-Gallego, L. (2010). Eutrofización de las lagunas costeras de Uruguay: impacto y optimización de los usos del suelo (Eutrophication of coastal lagoons of Uruguay: impact and optimization of land use). Tesis de doctorado. PEDECIBA, Montevideo.
- Rodríguez-Gallego L., Meerhoff E., Clemente JM, Conde D. (2010). Can ephemeral proliferations of submerged macrophytes influence zoobenthos and water quality in coastal lagoons? *Hydrobiologia* 646: 253–269.
- Rodríguez-Gallego, L., Achkar, M., Conde, D. (2012). Land suitability assessment in the catchment area off our South western Atlantic Coastal Lagoons: multicriteria and optimization modeling. *Environ. Manag.* 50(1), 140–152. <http://dx.doi.org/10.1007/s00267-012-9843-4>.
- Rodríguez-Gallego, L., Masciadri, S., Nin, M. (2012b). Modern vegetation and pollen relationships in four south western Atlantic Coastal Lagoons. *Estuaries Coasts* 35 (3), 785. <http://dx.doi.org/10.1007/s12237-012-9476-0>
- 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.
- Santana O. & Fabiano G. 1999. Medidas y mecanismos de administración de los recursos de las lagunas costeras del litoral atlántico del Uruguay (Lagunas José Ignacio, Garzón, de Rocha y de Castillos). En: Rey, Amestoy y Arena (Eds.). INAPE-PNUD URU 92/003, Montevideo. 165p.
- Valderrama, J.C. (1981). The simultaneous analysis of total N and P in natural waters. *Marine Chemistry*, 10:, 109–122.
- Vitancurt J., Conde D., Rodríguez-Gallego, L. (2010). Eutrofización de las lagunas costeras de Uruguay: impacto y optimización de los usos del suelo (Eutrophication of coastal lagoons of Uruguay: impact and optimization of land use). Tesis de doctorado. PEDECIBA, Montevideo.
- Vizziano D., Forni F., Saona G. & Norbis W. (2002). Reproduction of *Micropogonias furnieri* in a shallow temperate coastal lagoon in the southern Atlantic. *J. Fish Biol.*, 61(A): 196–206.
- Vazzoler A.E.A. de M. (1996). Biología da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática. Maringá, EDUEM/SBI/CnPq/Nupelia. 169p.

## 7 Anexos

### Anexo 1

Tabla 1. Responsabilidades de tareas de campo y laboratorio de cada institución para la matriz agua

MATRÍZ AGUA						
Lugar de Monitoreo	Institución responsable monitoreo en campo	Puntos	Institución responsable análisis	Variables a analizar por institución	Frecuencia	Observaciones
Tributarios	OSE	<b>Tributarios de Laguna de Rocha:</b> R4 R5 R6	CURE	NO3, NO2, NH4, NT, PO4, PT, Clorofila-a	Otoño, invierno, primavera y verano	<sup>1</sup> la estrategia de monitoreo es diferente para el <b>Punto C5</b> : - CURE: realizará la extracción de muestras y el análisis de nutrientes y clorofila-a. - IDR se encargará del análisis de coliformes termotolerantes - OSE se encargará del análisis de DBO <sub>5</sub> . - DINARA realizará el análisis cualitativo de la comunidad fitoplanctónica semanalmente.
			OSE	Fisicoquímicos <i>in situ</i> (pH, O <sub>2</sub> , % saturación, conductividad, salinidad, turbidez, temperatura), DBO <sub>5</sub> , coliformes		
		<b>Tributarios:</b> <b>Laguna de Rocha:</b> R7 R8 R9 R10 R11 <b>Laguna de Castillos:</b> C5 <sup>1</sup> C6 C7 C8 C9 C10	OSE	NO3, NO2, NH4, NT, PO4, PT, Clorofila-a Fisicoquímicos <i>in situ</i> (pH, O <sub>2</sub> , % saturación, conductividad, salinidad, turbidez, temperatura), DBO <sub>5</sub> , coliformes		
Lagunas Rocha, Castillos y Garzón	CURE	<b>Laguna de Rocha:</b> R1 R2 R3 <b>Laguna de Castillos:</b> C1 C2 C3 C4 <b>Laguna Garzón:</b> G1 G2 G3	IDR	Coliformes termotolerantes	Otoño, invierno, primavera y verano	<sup>2</sup> El CURE colecta las muestras y se las facilita a la IDR
			CURE	NO3, NO2, NH4, NT, PO4, PT, DBO <sub>5</sub> <sup>2</sup> , Clorofila-a, SST, MO, Fisicoquímicos <i>in situ</i> (pH, O <sub>2</sub> , % saturación, conductividad, salinidad, turbidez, temperatura)	<sup>3</sup> Otoño, invierno, primavera y verano	<sup>3</sup> Muestras de DBO <sub>5</sub> las colecta CURE y las analiza OSE
		DINARA	<b>Laguna de Rocha:</b> R1 R2 R3 <b>Laguna de Castillos:</b> C1 C2 C3 C4	DINARA	Comunidad Fitoplanctónica (cuantitativa y cualitativa),	Otoño, invierno, primavera y verano
	Cianotoxinas				En caso de floración	
	DINARA	<b>Laguna de Rocha:</b> R3 <b>Laguna de Castillos:</b> C2	DINARA	Comunidad de peces	Anual (a definir por DINARA)	Adicionalmente se realizará monitoreos de desembarques de especies de importancia comercial en forma estacional.



Tabla 2. Responsabilidades de tareas de campo y laboratorio de cada institución para la matriz sedimento.

MUESTREO MATRIZ: SEDIMENTO						
Lugar de Monitoreo	Institución responsable monitoreo	Puntos	Institución responsable análisis	VARIABLES a analizar por institución	Frecuencia	Observaciones
Lagunas Rocha, Castillos y Garzón	CURE	<b>Laguna de Rocha:</b> R1 R2 R3 <b>Laguna de Castillos:</b> C1 C2 C3 C4 <b>Laguna Garzón:</b> G1 G2 G3	CURE	NT, PT, MO, Clorofila- <i>a</i>	Otoño, invierno, primavera y verano	Se realizará a partir de 2017
				Análisis de las comunidades bentónicas	Otoño, invierno, primavera y verano	
			DINAMA	Cadmio, Cromo Total, Cobre, Mercurio, Plomo, Arsénico endosulfan alfa, endosulfan beta y endosulfan sulfato clorpirifos, cipermetrina, malatión, glifosato/AMPA heptacloro, heptacloroepoxido, metoxychlor, aldrin, dieldrin, endrin, op DDD, op DDE, pp DDE, op DDT, pp DDD, pp DDT, atrazina, PCB indicadores, PAHs, fipronil, 2,4-D	Bianual (primavera y verano)	CURE colecta las muestras y se las facilita a DINAMA
					Anual (verano)	CURE colecta las muestras y se las facilita a DINAMA
	OSE	<b>Arroyos Laguna de Rocha:</b> <sup>2</sup> R7 <sup>2</sup> R5 R4 R6	DINAMA	<sup>1</sup> atrazina	<sup>3</sup> Otoño, invierno, primavera y verano	<sup>1</sup> OSE colecta las muestras para la determinación de Atrazina y se las facilita a CURE quien envía a DINAMA. <sup>2</sup> no se realizará determinación de atrazina. <sup>3</sup> La frecuencia de monitoreo podrá cambiar en función de los resultados obtenidos el primer año.
			CURE	NT, PT		
	DINARA	<b>Laguna de Rocha:</b> R1 R2 R3 <b>Laguna de Castillos:</b> C1 C2 C3	DINARA	Camarón y Sirí	Primavera y verano	Adicionalmente se realizarán monitoreos de desembarques de especies de importancia comercial

Tabla 3. Responsabilidades de tareas campo y laboratorio de cada institución para la matriz tejidos.

MUESTREO MATRIZ: TEJIDOS						
Lugar de Monitoreo	Institución responsable Monitoreo	Puntos	Institución responsable análisis	Variables a analizar por institución	Frecuencia	Observaciones
Lagunas Rocha, Castillos	DINARA	<b>Laguna de Rocha:</b>	No se ha podido definir hasta el momento	Endosulfan, clorpirifos, cipermetrina, malatión, DDT, glifosato/AMPA  Arsénico, Cromo VI, Cobre  Compuestos orgánicos	Anual	Se esperará a aumentar capacidades institucionales en el tema y al avance del Proyecto Plaguicidas (DINAMA) para ver cómo abordarlo
		R1				
		R2				
		R3				
		<b>Laguna de Castillos:</b>				
		C1				
		C2				
C3	DINARA	Cadmio, Mercurio, Plomo	Anual (a definir por DINARA)	Peces de importancia comercial, camarones y sirí		
C4						

## Anexo 2

Tabla 1. Equipos de campo utilizados e institución responsable

Equipos	Marca	Modelo	Institución
Conductímetro	Thermo Scientific	Orion Star 222	OSE
Electrodo	Thermo Scientific	8157 BNUMD	OSE
Oxímetro	YSI	Pro OBD	OSE
Turbidímetro	Hach	2100Q	OSE
Multiparámetro	Horiba	U-52	CURE
Fluorómetro de campo	Turner	AquaFluo	CURE
Anemómetro	Weather Hawk	Windmate	CURE
Corer	Kayac 4.5 cm diámetro		CURE
Draga	Ekman		CURE
Flujómetro	OceanTest-	MF 315	CURE

Tabla 2. Metodologías analíticas empleadas e institución responsable

Metodologías	Matriz	Referencia	Institución
Nitrito	Agua	DINAMA, 4086UY.	OSE
DBO5	Agua	DINAMA, 2008UY	OSE
Coliformes termotolerantes	Agua	DINAMA, 5053UY y 5055UY.	OSE
Nitrato	Agua	Rodier, 1981 (Salicilato de Sodio)	OSE
Amonio	Agua	DINAMA, 4080UY.	OSE
Clorofila <i>a</i>	Agua	OSE: ME.QC.60	OSE
Fósforo total	Agua	Valderrama, 1981	OSE
Nitrógeno total	Agua	Valderrama, 1981	OSE
Fósforo total	Agua	Murphy & Riley, 1962 ;Valderrama, 1981	CURE
Nitrógeno total (agua dulce)	Agua	Müller & Widemann (1955); Valderrama, 1981	CURE
Nitrógeno total (agua salada o salobre)	Agua	Valderrama, 1981; Mackereth et al.,1989	CURE
Nitrato (agua dulce)	Agua	Müller & Widemann, 1955	CURE
Nitrato (agua salada o salobre)	Agua	Cadmio granulado según Mackereth et al., 1989	CURE
Nitrito	Agua	Bendschneider y Robinson (1952)	CURE
Amonio	Agua	Koroleff (1970)	CURE
Fósforo reactivo soluble	Agua	Murphy & Riley (1962)	CURE
Sílice reactivo	Agua	Müllin & Riley (1955)	CURE
Sólidos en suspensión	Agua	Arocena, 2016	CURE
Materia orgánica	Agua	Arocena, 2016	CURE
Clorofila <i>a</i>	Agua	Jespersen & Christoffersen,1987	CURE
Fósforo total	Sedimento	Murphy & Riley, 1962 ;Valderrama, 1981	CURE
Nitrógeno total	Sedimento	Müller & Widemann, 1955,;Valderrama, 1981	CURE
Materia orgánica	Sedimento	Arocena, 2016	CURE
Clorofila <i>a</i>	Sedimento	Lorenzen,1967; Arocena 2016	CURE

### Anexo 3

Tabla 1. Abundancias relativas (%) de los taxa identificados al menor nivel taxonómico posible, para cada estación del año, en la Laguna de Rocha.

TAXA	OTOÑO Ab. Rel. (%)	INVIERNO Ab. Rel. (%)	PRIMAVERA Ab. Rel. (%)
<i>Heleobia aff. australis</i>	83.7	92.7	92.3
<i>Cyprideis sp.</i>	4.6	1.8	1.1
<i>Erodona mactroides</i>	0.9	1.3	0.7
<i>Heteromastus cf. similis</i>	4.0	1.0	2.4
Membraniporidae indet.	0.7	0.9	0.3
<i>Nephtys fluviatilis</i>	2.0	0.7	1.3
Sphaeromatidae indet.	2.1	0.4	1
Gammaridea sp.2	0.5	0.3	≤0.1
<i>Tagelus aff. plebeius</i>	0.6	0.3	0.3
<i>Mactra isabelleana</i>	0.1	0.2	0
<i>Cassidinidea fluminensis</i>	≤0.1	0.2	0
Gammaridea sp.1	0	0.2	0
<i>Sinelobus stanfordi</i>	0	≤0.1	0
<i>Amphibalanus improvisus</i>	0.5	≤0.1	0.2
Gammaridea sp.3	0	≤0.1	0
Gammaridea sp.4	0	≤0.1	0
Gammaridea sp.5	0	≤0.1	0
Gammaridea sp.6	≤0.1	0	0
<i>Laeonereis pandoensis</i>	≤0.1	≤0.1	0
Sabellidae indet.	≤0.1	0	0
<i>Mytella charruana</i>	0	0	≤0.1
Hirudinea indet.	0	0	0
<i>Cyrtograpsus altimanus</i>	0	0	0

Tabla 2. Abundancias relativas (%) de los taxa identificados al menor nivel taxonómico posible, para cada estación del año, en la Laguna de Castillos.

TAXA	OTOÑO Ab. Rel. (%)	INVIERNO Ab. Rel. (%)	PRIMAVERA Ab. Rel. (%)
<i>Heleobia aff. Australis</i>	29.2	68.6	49.4
<i>Heteromastus cf. Similis</i>	26.3	5.1	4.9
<i>Nephtys fluviatilis</i>	14.2	9.5	4.7
<i>Erodona mactroides</i>	9.4	9.2	32.9
<i>Cyprideis sp.</i>	7.0	3.8	0.6
<i>Heleobia aff. Robusta</i>	5.9	3.0	7.2
<i>Uromunna cf. Peterseni</i>	5.5	≤0.1	0
<i>Laeonereis pandoensis</i>	1.6	≤0.1	0
Pyramidellidae indet.	0.9	≤0.1	≤0.1
<i>Synelobus stanfordi</i>	≤0.1	0	0.1
Panopeidae indet.	≤0.1	≤0.1	≤0.1
<i>Tagelus aff. Plebeius</i>	≤0.1	≤0.1	0
Bouganvillidae indet.	0	0	≤0.1